

Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου
«Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική
διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες»



16 & 17 Απριλίου 2016 Θεσσαλονίκη

Οργάνωση

Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Α.Π.Θ., Τμήμα
Φυσικής του Α.Π.Θ., Πανελλήνια Ένωση Υπευθύνων
Εργαστηριακών Κέντρων Φυσικών Επιστημών ΠΑΝΕ.Κ.Φ.Ε.)

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ

Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες

Με την ευγενική χορηγία της Επιτροπής Ερευνών του Α.Π.Θ. και της ΠΑΝ.Ε.Κ.Φ.Ε.

Συνέδριο με σύστημα κριτών

Όλες οι εργασίες του συνεδρίου κρίθηκαν με διπλά τυφλή κρίση από δύο κριτές οι οποίοι ήταν μέλη της Επιστημονικής Επιτροπής του συνεδρίου

Πρακτικά Συνεδρίου

ISBN: 978-960-93-8075-1

Επιμέλεια έκδοσης: Θεόδωρος Πιερράτος, Παναγιώτης Κουμαράς, Χαρίτων Πολάτογλου

Πλήρης Βιβλιογραφική Αναφορά

Πιερράτος, Θ., Κουμαράς, Π. και Πολάτογλου, Χ. (2016). Πρακτικά Πανελλήνιου Συνεδρίου - “Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες”, σελ. κκ – λλ. <http://physcool.web.auth.gr/synedrio2016/>, ημερομηνία πρόσβασης ηη/μμ/εε.

Οργανωτική Επιτροπή

Αρτέμη Σταματία, Υποψήφια Διδάκτορας Τμήματος Φυσικής Α.Π.Θ.

Γαργαουράκης Βασίλης, Υπεύθυνος 2ου Ε.Κ.Φ.Ε. Ηρακλείου

Γκιγκούδη Αναστασία, Υπεύθυνη Ε.Κ.Φ.Ε. Τούμπας

Ευαγγελινός Δημήτρης, Τμήμα Φυσικής Α.Π.Θ.

Καρούτης Θανάσης, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Νεάπολης

Κουλούντζος Βασίλης, Υποψήφιος Διδάκτορας Π.Τ.Δ.Ε. Α.Π.Θ.

Κουμαράς Παναγιώτης, Καθηγητής Π.Τ.Δ.Ε. Α.Π.Θ.

Μαΐδου Ανθούλα, Υποψήφια Διδάκτορας, Π.Τ.Δ.Ε. Παν. Ιωαννίνων

Μουρούζης Παναγιώτης, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Κέρκυρας

Πιερράτος Θεόδωρος, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Ευόσμου

Πολάτογλου Χαρίτων, Καθηγητής Τμήματος Φυσικής Α.Π.Θ.

Πριμεράκης Γιώργος, Υποψήφιος Διδάκτορας Π.Τ.Δ.Ε. Α.Π.Θ.

Τριανταφύλλου Δημήτρης, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Αχαρνών

Τσακίρη Μαρία, Υπεύθυνη Ε.Κ.Φ.Ε. Κέντρου

Τσακμάκη Παρασκευή, Υποψήφια Διδάκτορας Π.Τ.Δ.Ε. Α.Π.Θ.

Γραμματεία

Ομάδα Physics Partizani

Επιστημονική Επιτροπή

Αυγολούπης Σταύρος, Καθηγητής στο Π.Τ.Δ.Ε. του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

Βαλαδάκης Ανδρέας, Δρ. Φυσικής, Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης

Βελέντζας Αθανάσιος, Δρ. Διδακτικής της Φυσικής, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Αμπελοκήπων

Δέδες Χρήστος, Δρ. Διδακτικής της Φυσικής, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Δυτ. Αττικής

Δημητρίου Αναστασία, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Τ.Ε.Ε.Π.Η. Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης

Δημόπουλος Κωνσταντίνος, Καθηγητής στο Τμ. Κοινωνικής και Εκπαιδευτικής Πολιτικής Παν. Πελοποννήσου

Δομουχτσίδου Γαρυφαλλιά, Δρ. Βιολογίας, Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης

Ηλιάδου Κυριακή, Δρ. Χημείας, Υπεύθυνη Ε.Κ.Φ.Ε. Λέσβου

Καλογιαννάκης Μιχάλης, Επίκουρος Καθηγητής στο Π.Τ.Π.Ε. του Πανεπιστημίου Κρήτης

Κανδεράκης Νίκος, Δρ. Ιστορίας της Φυσικής, π. Σχολικός Σύμβουλος Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης

Κολιόπουλος Δημήτρης, Καθηγητής στο Τ.Ε.Ε.Α.Π.Η. του Πανεπιστημίου Πατρών

Κουμαράς Παναγιώτης, Καθηγητής στο Π.Τ.Δ.Ε. του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

Κρητικός Γεώργιος, Δρ. Διδακτικής της Φυσικής, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Ρόδου

Κωνσταντινοπούλου Βασιλική, Δρ. Βιολογίας, Υπεύθυνη Ε.Κ.Φ.Ε. Χαλανδρίου

Κώτσης Κωνσταντίνος, Καθηγητής στο Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Μαυροματίδης Ηλίας, Δρ. Φυσικής, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Ν. Σμύρνης

Μαυρόπουλος Αβραάμ, Δρ. Επιστημών Αγωγής, Σχολικός Σύμβουλος ΠΕ04 - Φυσικών Ευβοίας-Βοιωτίας

Πιερράτος Θεόδωρος, Δρ. Διδακτικής της Φυσικής, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Ευόσμου

Πλακίτση Κατερίνα, Αν. Καθηγήτρια στο Π.Τ.Ν. του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Πολάτογλου Χαρίτων, Καθηγητής του Τμήματος Φυσικής Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης
Πράμας Χρήστος, Δρ. Διδακτικής της Φυσικής, Σχολικός Σύμβουλος Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης Σερρών
Ραβάνης Κωνσταντίνος, Καθηγητής στο Τ.Ε.Ε.Α.Π.Η. του Πανεπιστημίου Πατρών
Σέρογλου Φανή, Επίκουρη καθηγήτρια στο Π.Τ.Δ.Ε. Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης
Σκορδούλης Κωνσταντίνος, Καθηγητής Φυσικής και Επιστημολογίας Φ.Ε. στο ΠΤΔΕ του Ε.Κ.Π.Α.
Σκουμιός Μιγάλης, Επίκουρος Καθηγητής στο Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αιγαίου
Σολομωνίδου Χριστίνα, π. Καθηγήτρια στο Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
Σπανός Σεραφεΐμ, Δρ. Φυσικής, Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης
Σταυρίδου Ελένη, π. Καθηγήτρια στο Π.Τ.Δ.Ε. του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης
Τσαγλιώτης Νεκτάριος, Εκπαιδευτικός Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης
Τσαπαρλής Γεώργιος, Καθηγητής στο Τμήμα Χημείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
Φανουράκη Ελευθερία, Δρ. Βιολογίας, Υπεύθυνη 1ου Ε.Κ.Φ.Ε. Ηρακλείου
Φασουλόπουλος Γιώργος, Δρ. Διδακτικής της Φυσικής, Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης
Χαλκιά Κρυσταλία, Καθηγήτρια στο Π.Τ.Δ.Ε. του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών
Χαραλάμπους Μάριος, Δρ. Διδακτικής της Φυσικής, Εκπαιδευτικός Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης
Χατζηνικήτα Βασιλεία, Καθηγήτρια στη Σχ. Ανθρωπιστικών Σπουδών του Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου
Χρηστίδου Βασιλεία, Καθηγήτρια στο Π.Τ.Π.Ε. του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Πίνακας περιεχομένων

| | |
|--|----|
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΟΥ ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ “ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ” ... | 15 |
| ΣΥΝΕΔΡΙΑ Π1 | 17 |
| ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ 5E ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΟΥ ΌΓΚΟΥ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ | 19 |
| ΤΑ ΑΕΡΙΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ. ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΓΙΑ ΠΑΙΔΙΑ Γ΄ ΚΑΙ Δ΄ ΤΑΞΗΣ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ | 28 |
| ΠΡΟΤΑΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΟΥ «ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΗ» ΣΤΗ ΣΤ΄ ΤΑΞΗ: ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΣΤΗΝ ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ..... | 36 |
| ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΟΤΗΤΑ «ΕΝΕΡΓΕΙΑ» ΤΗΣ Ε΄ ΤΑΞΗΣ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΥΦΛΟΥΣ ΜΑΘΗΤΕΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΣΥΝΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΒΛΕΠΟΝΤΩΝ..... | 43 |
| ΣΥΝΕΔΡΙΑ Δ1 | 49 |
| ΕΠΑΝΕΞΕΤΑΖΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ GEOGEBRA: Ο ΑΡΧΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ..... | 50 |
| ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΚΙΝΗΤΩΝ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΑ ΚΑΙ ΣΕ ΑΤΟΜΑ ΜΕ ΟΠΤΙΚΕΣ ΑΝΑΠΗΡΙΕΣ | 59 |
| ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΠΕ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΜΕΓΕΘΩΝ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΤΙΚΗΣ ΕΞΙΣΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ | 67 |
| ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΠΛΗΣ ΑΡΜΟΝΙΚΗΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ WII REMOTE | 76 |
| ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΧΡΩΜΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΒΑΘΜΙΔΕΣ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ..... | 87 |
| ΣΥΝΕΔΡΙΑ Δ2 | 97 |

| | |
|--|-----|
| Η ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΣΤΗ ΣΧΟΛΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ..... | 98 |
| ΜΑΘΑΙΝΟΝΤΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΣΦΑΛΜΑ Η ΖΩΝΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ..... | 107 |
| Η ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ. ΤΟ ΔΕΚΑΘΛΟ ΦΥΣΙΚΗΣ..... | 115 |
| ΣΤΑ ΒΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗ: ΟΤΑΝ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΔΙΔΑΣΚΕΙ, ΚΙΝΗΤΟΠΟΙΕΙ ΚΑΙ ΕΝΤΥΠΩΣΙΑΖΕΙ | 125 |
| ΣΥΝΕΔΡΙΑ Π2 | 135 |
| ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΩΝ Ε΄ ΚΑΙ ΣΤ΄ ΤΑΞΕΩΝ ΤΟΥ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ | 136 |
| ΟΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΣΤΙΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟΥ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ Ε΄ ΤΑΞΗΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ | 147 |
| ΣΥΜΒΟΛΗ ΜΙΑΣ ΣΕΙΡΑΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΣΤΙΣ ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΝΑ ΑΞΙΟΛΟΓΟΥΝ ΤΑ ΑΠΟΔΕΙΚΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΡΑΠΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΩΝ..... | 157 |
| ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΖΟΝΤΑΣ ΜΙΑ ΡΟΥΜΠΡΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟ: ΜΙΑ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ | 167 |
| ΣΥΝΕΔΡΙΑ Δ3 | 177 |
| ΜΙΑ ΑΠΛΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΔΕΙΞΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗΝ ΕΞΙΣΩΣΗ BERNOULLI | 178 |
| ΘΕΩΡΗΜΑ ΤΟΥ TORRICELLI ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΒΟΛΗ..... | 186 |
| ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΤΟΥ BERNOULLI | 195 |
| ΠΕΙΡΑΜΑ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ: ΜΙΑ ΠΡΟΤΑΣΗ ΓΙΑ ΑΤΟΜΑ ΜΕ ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΑΝΑΠΗΡΙΑ..... | 204 |
| ΣΥΝΕΔΡΙΑ Δ4 | 215 |

| | |
|---|-----|
| ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ CHAIN REACTION: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΣΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ..... | 216 |
| ΣΥΝΕΔΡΙΑ Δ5 | 225 |
| ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΕΝΑ ΝΕΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΟΔΗΓΟ ΧΗΜΕΙΑΣ ΛΥΚΕΙΟΥ | 226 |
| ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΑΣ ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ ΣΤΟΝ «ΤΙΤΑΝΑ» | 234 |
| ΈΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΚΟΡΕΣΤΟΤΗΤΑΣ ΛΙΠΩΝ ΚΑΙ ΕΛΑΙΩΝ: ΜΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΣΤΗ ΧΗΜΕΙΑ ΤΗΣ Β΄ ΛΥΚΕΙΟΥ | 243 |
| ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ-ΑΡΑΙΩΣΗ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ: ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΚΑΙ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΣΤΗ ΧΗΜΕΙΑ ΤΗΣ Α' ΛΥΚΕΙΟΥ | 251 |
| ΣΥΝΟΨΙΖΟΝΤΑΣ ΤΑ ΠΟΛΛΑΠΛΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΤΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ «ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ» ΣΕ ΕΝΑ ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΜΑΘΗΜΑ, ΣΤΗ ΧΗΜΕΙΑ ΤΗΣ Α΄ ΛΥΚΕΙΟΥ | 259 |
| «ΟΙ ΜΑΘΗΤΕΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΟΥΝ»: ΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ..... | 264 |
| ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΠΟΣΤΕΡΣ | 275 |
| ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΤΗΝ Α΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ ΜΕΤΑ ΤΗ ΔΙΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ | 276 |
| ΣΥΝΕΔΡΙΑ Π3 | 287 |
| ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ: ΤΟΜΕΑΣ ΑΜΕΣΗΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΠΟΥ (ΠΟΛΛΑ Ε.Κ.Φ.Ε.) ΑΓΝΟΟΥΜΕ | 288 |
| ΕΠΙΣΚΕΨΕΙΣ ΜΑΘΗΤΩΝ ΔΗΜΟΤΙΚΩΝ ΣΧΟΛΕΙΩΝ ΣΤΟ Ε.Κ.Φ.Ε.: ΑΝΟΙΓΟΝΤΑΣ ΕΝΑ ΔΙΑΥΛΟ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ..... | 292 |
| Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ Ε.Κ.Φ.Ε. ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ: ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΟ ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟ | 295 |
| ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΔΡΑΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ Φ.Ε.: ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΟΥ 9ΟΥ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΡΕΘΥΜΝΟΥ | 297 |

| | |
|--|-----|
| ΣΥΝΕΔΡΙΑ Δ6 | 299 |
| ΟΙ ΣΤΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΤΗΣ Β/ΘΜΙΑΣ ΕΚΠ/ΣΗΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΙΑΣ ΜΙΚΡΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΣΕ ΓΥΜΝΑΣΙΑ ΚΑΙ ΛΥΚΕΙΑ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ... 300 | |
| ΟΙ ΠΡΟΣΔΟΚΙΕΣ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΑΠΟ ΤΑ Ε.Κ.Φ.Ε., ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΡΟΛΟΥ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ | 309 |
| ΠΟΣΟ «ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ» ΗΤΑΝ Η ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ-ΧΗΜΕΙΑΣ ΣΤΑ ΣΧΟΛΕΙΑ ΜΕΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 1836-1936..... | 319 |
| ΝΟΗΜΑΤΟΔΟΤΩΝΤΑΣ ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΙΖΟΝΤΑΣ ΜΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ “ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ” | 325 |
| ΣΥΝΕΔΡΙΑ Δ8 | 345 |
| ΑΙΤΙΟΤΗΤΑ: ΕΝΑ ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΟ ΣΧΗΜΑ ΤΩΝ ΙΔΕΩΝ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΟΥ ΦΑΙΝΕΤΑΙ ΝΑ ΤΟ ΠΑΡΑΒΙΑΖΟΥΝ..... | 346 |
| Η ΠΕΡΙΠΛΑΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΣΤΑ ΜΟΝΟΠΑΤΙΑ ΤΗΣ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΟΤΗΤΑΣ. ΈΝΑ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ, ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ, “ΦΙΛΙΚΟ” ΠΡΟΣ ΤΟΥΣ ΧΡΗΣΤΕΣ (ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ ΚΑΙ ΜΑΘΗΤΕΣ)..... | 355 |
| ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΤΗΣ ΜΟΝΟΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΘΕΩΡΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΩΝ: ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΟΓΚΟΥ | 362 |
| ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΒΑΣΕΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ..... | 372 |
| WORKSHOPS Α | 381 |
| ΒΙΩΜΑΤΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ: ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΑΠΟ ΑΠΟΣΤΑΣΗ | 382 |
| ΠΕΙΡΑΜΑ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΑΤΗΡΙΩΝ | 388 |
| ΦΘΙΝΟΥΣΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ | 392 |
| ΣΥΝΕΔΡΙΑ Π4 | 403 |

| | |
|---|-----|
| ΈΝΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΣΤΙΣ ΠΡΩΤΕΣ ΒΑΘΜΙΔΕΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΚΙΝΟΥΜΕΝΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ..... | 404 |
| Η ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΥ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΑ ΝΕΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΤΟΥ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ..... | 414 |
| ΕΞ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΣ ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΣΕ ΘΕΜΑΤΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ: ΟΙ ΖΩΝΤΑΝΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ..... | 424 |
| ΣΥΝΕΔΡΙΑ Δ9 | 433 |
| ΤΟ «ΕΚΚΡΕΜΕΣ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ» ΩΣ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΑΙΧΝΙΔΙΩΝ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ..... | 434 |
| CSI – PIRAEUS: Η ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ! ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΜΠΕΡΙΛΗΨΗ ΤΗΣ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΟΠΙΟ..... | 442 |
| ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΔΥΣΚΟΛΙΩΝ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΩΝ..... | 451 |
| Μ' ΕΝΑ «ΣΥΡΤΟ ΠΟΛΙΤΙΚΟ»..... | 461 |
| ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ..... | 471 |
| WORKSHOPS Β | 479 |
| ΠΡΟΤΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ..... | 480 |
| ΕΜΠΛΟΥΤΙΖΟΝΤΑΣ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΤΗΣ Α' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ ΜΕ ΑΠΛΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ..... | 490 |
| ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΛΥΚΕΙΟΥ ΜΕ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΑ ΥΛΙΚΑ | 498 |
| ΣΥΝΕΔΡΙΑ Π5 | 505 |
| Ο Όμιλος των Μικρών Πειραματιστών..... | 506 |
| Η ΦΥΣΙΚΗ, ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ, ΣΤΟΝ ΠΑΙΔΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ..... | 516 |

| | |
|--|-----|
| Η ΔΙΑΠΛΟΚΗ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΜΕ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΓΛΩΣΣΑΣ ΩΣ ΜΕΡΟΣ ΜΙΑΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΝΤΑΞΗΣ ΠΑΙΔΙΩΝ ΡΟΜΑ ΣΤΟ ΣΧΟΛΕΙΟ | 525 |
| ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΟΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΩΝ ΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ..... | 532 |
| ΟΙ ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥΣ ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ | 542 |
| ΣΥΝΕΔΡΙΑ Δ10 | 551 |
| ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΤΑΘΕΡΑΣ ΤΟΥ PLANCK ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΑΠΟ ΑΠΟΣΤΑΣΗ. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΕΥΡΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΡΑΞΗ..... | 552 |
| ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΣΤΑΘΕΡΑΣ ΤΟΥ PLANCK ΣΤΟ ΣΧΟΛΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ | 563 |
| ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΕΝΟΤΗΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΤΗ ΛΟΓΙΚΗ ΤΗΣ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΚΗΣ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ..... | 572 |
| ΜΙΑ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΚΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ: ΑΝΑΚΛΑΣΗ, ΦΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ – Ο ΣΕΛΗΝΙΑΚΟΣ ΑΝΑΚΛΑΣΤΗΡΑΣ | 579 |
| ΜΙΑ ΠΡΟΤΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΒΑΣΙΚΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ ΤΗΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΟ ΓΥΜΝΑΣΙΟ | 588 |
| Η ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΩΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ..... | 599 |
| ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ | 607 |

Εισαγωγή στα Πρακτικά του Πανελληνίου Συνεδρίου “Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες”

Κατά τις δεκαετίες του '60 και του '70 αναδύθηκε, αρχικά στην Αγγλία και στις ΗΠΑ για διάφορους λόγους, η ανάγκη «παραγωγής» επιστημόνων, από το χώρο των Φυσικών Επιστημών και Μηχανικών. Τότε η εργαστηριακή διδασκαλία των εν λόγω μαθημάτων, στη μορφή κυρίως της καθοδηγούμενης ανακάλυψης, προωθήθηκε και υποστηρίχθηκε ισχυρά καθώς θεωρήθηκε ότι μπορεί να δώσει λύση στα καταγεγραμμένα προβλήματα της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες. Σήμερα, μετά από δεκαετίες έρευνας στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, η καθοδηγούμενη ανακάλυψη και ο ρόλος του εργαστηρίου στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της διδασκαλίας έχουν τεθεί υπό αμφισβήτηση, εγείροντας διάφορα, ανοικτά ακόμη, ζητήματα που αφορούν κυρίως την παιδαγωγική του διαχείριση. Επιπλέον, διεθνώς δεν είναι πλέον κυρίαρχος στόχος η παραγωγή επιστημόνων αλλά η καλλιέργεια γνώσεων και ικανοτήτων για το σύνολο των μαθητών. Παράλληλα η εισχώρηση των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών ανοίγει νέες προοπτικές αλλά και θέτει επίσης διάφορους προβληματισμούς που σχετίζονται με τα διδακτικά οφέλη που κομίζουν ή δεν κομίζουν.

Στο διεθνές αυτό πλαίσιο προβληματισμού που έχει αναπτυχθεί, το Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Α.Π.Θ., το Τμήμα Φυσικής του Α.Π.Θ. και η Πανελλήνια Ένωση Υπευθύνων Εργαστηριακών Κέντρων Φυσικών Επιστημών (ΠΑΝ.Ε.Κ.Φ.Ε.), διοργάνωσαν Πανελλήνιο Συνέδριο, στις 16 και 17 Απριλίου 2016, στη Θεσσαλονίκη, με τίτλο:

Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες

Το συνέδριο εστιάστηκε στην παρουσίαση και συζήτηση ερευνητικών δεδομένων αλλά και προτάσεων που απαντούν σε διάφορα ερωτήματα που προέρχονται από την εμπειρία που έχει αποκτηθεί διεθνώς τόσο στην Πρωτοβάθμια όσο και στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση.

Ενδεικτικά ερωτήματα που τέθηκαν προκειμένου να απασχολήσουν τις εργασίες του Συνεδρίου ήταν τα εξής:

- Τι χαρακτηριστικά θα μπορούσαν να έχουν πειράματα και γενικότερα δραστηριότητες στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών ώστε να απευθύνονται σε όλα τα παιδιά, να προκαλούν το ενδιαφέρον τους και συγχρόνως να είναι υψηλού ακαδημαϊκού επιπέδου;
- Πώς θα μπορούσαν τα πειράματα αλλά και γενικότερα οι δραστηριότητες Φυσικών Επιστημών να υποστηριχθούν διδακτικά ώστε πέρα από γνώσεις περιεχομένου, να έχουν ως αντικείμενα α) τη διδασκαλία – εφαρμογή της μεθοδολογίας έρευνας β) την κατανόηση της Φύσης των Φυσικών Επιστημών και γ) τη διαμόρφωση θετικών στάσεων στους μαθητές για τις Φυσικές Επιστήμες;
- Πώς μπορούν πειράματα και δραστηριότητες να ενταχθούν στη διδασκαλία μας ώστε να συμβάλλουν στην προετοιμασία του μελλοντικού ενεργού πολίτη;

Ειδικότερα:

- Ποιος ο ρόλος του πειράματος στο Δημοτικό Σχολείο, ποιος στο Γυμνάσιο και ποιος στο Λύκειο; Είναι κατ' ανάγκη ο ίδιος ή μπορεί/επιβάλλεται να διαχωρίζεται;
- Πείραμα σε οργανωμένο εργαστήριο ή πείραμα στην τάξη; Πείραμα αυστηρά με τη χρήση επιστημονικών οργάνων ή πείραμα με τη χρήση καθημερινών υλικών; Πείραμα που αναδεικνύει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά ενός φαινομένου ή πείραμα που ακολουθείται από αυστηρά οργανωμένες μετρήσεις; Ποια τα πλεονεκτήματα των μεν και ποια των άλλων; Σε ποιες περιπτώσεις προκρίνεται η χρήση των μεν και σε ποιες των άλλων;
- Είναι αποτελεσματικά τα πειράματα του τύπου «συνταγή μαγειρικής»; Προσελκύουν το ενδιαφέρον των μαθητών; Τι προσφέρουν διδακτικά; Θα μπορούσαν, και αν ναι με ποιον τρόπο, να αντικατασταθούν από πειράματα προσανατολισμένης ή ανοικτής διερεύνησης;
- Πώς λειτουργούν τα πειράματα σε ομάδες μέσα στην τάξη; Τι προβλήματα υπάρχουν; Οδηγούν σε βαθύτερη κατανόηση των εμπλεκόμενων εννοιών; Υπό ποιες συνθήκες; Εμπειρίες και συμπεράσματα από τη διετή εφαρμογή του εργαστηριακού μαθήματος Φυσικής στην Α' Γυμνασίου.
- Εικονικό ή πραγματικό πείραμα; Ποιος ο ρόλος των εξ αποστάσεως πειραμάτων στην εποχή των διαδραστικών πινάκων;
- Πώς θα μπορούσε να υποστηριχθεί πιο αποτελεσματικά η πειραματική διδασκαλία; Ποιος ο ρόλος του εκπαιδευτικού και του υπεύθυνου σχολικού εργαστηρίου;
- Πώς αποτιμάται ο ρόλος των Εργαστηριακών Κέντρων Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Φ.Ε.) στην προαγωγή της πειραματικής διδασκαλίας στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια εκπαίδευση στην Ελλάδα; Τι τροποποιήσεις και βελτιώσεις θα μπορούσαν να γίνουν;
- Τι χαρακτηριστικά θα έπρεπε να έχει ένα πρόγραμμα σπουδών Φυσικών Επιστημών ώστε να ενδυναμώνει την πειραματική διδασκαλία των συγκεκριμένων μαθημάτων; Καθιέρωση ξεχωριστής ώρας ως εργαστηρίου ή ένταξη των εργαστηριακών οδηγιών στα σχολικά εγχειρίδια;

Σκοπός του συνεδρίου ήταν να παρουσιαστούν ερευνητικά δεδομένα, εμπειρίες και απόψεις εκπαιδευτικών και ερευνητών σχετικά με τα παραπάνω ερωτήματα ώστε:

A. Να βγουν συμπεράσματα που θα μπορούν να εφαρμοστούν και να αξιοποιηθούν στην καθημερινή διδακτική πράξη.

B. να συνεχιστεί η συζήτηση γύρω από το ζήτημα της διαμόρφωσης ενός προγράμματος σπουδών, τη θέση και τους στόχους της πειραματικής διδασκαλίας μέσα σε αυτό, που να αφορά το σύνολο των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια και στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, προκειμένου να καταλήξει σε ολοκληρωμένη πρόταση προγράμματος σπουδών Φυσικών Επιστημών.

Συνεδρία Π1

Σχεδιασμός Εκπαιδευτικού Υλικού με το μοντέλο 5E για τη Διδασκαλία του Όγκου των Υλικών Σωμάτων στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

Γεωργία Ιντζίδου

Δασκάλα, Εκπαιδευτήρια Ε. Μαντουλίδη
tzo_georgia@hotmail.com

Αθανάσιος Παπαθανασίου

Δάσκαλος, Εκπαιδευτήρια Ε. Μαντουλίδη
thanosparathanasiou8@gmail.com

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται ο σχεδιασμός εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία του όγκου των υλικών σωμάτων σε μαθητές και μαθήτριες της Ε΄ Δημοτικού. Το υλικό που αναπτύχθηκε αξιοποιεί τις αντιλήψεις που έχουν οι μαθητές και οι μαθήτριες για τον όγκο των υλικών σωμάτων. Βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία και τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών αλλά και στη μάθηση μέσα από έρευνα. Το εκπαιδευτικό υλικό πληροί τις αρχές ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού και στηρίζεται στο διδακτικό μοντέλο 5E. Για τη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών για τον όγκο των υλικών σωμάτων συγκροτήθηκε ένα ερωτηματολόγιο, το οποίο προορίζεται να δοθεί στους μαθητές πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Τα Φύλλα Εργασίας περιλαμβάνουν προβλήματα ή πειράματα, μέσα από τα οποία οι μαθητές καλούνται να σχεδιάσουν και να πραγματοποιήσουν έρευνα, για να οδηγηθούν στις παρατηρήσεις του και στα συμπεράσματά τους.

Λέξεις-Κλειδιά: Σχεδιασμός εκπαιδευτικού υλικού, μοντέλο 5E, όγκος υλικών σωμάτων, μάθηση μέσα από έρευνα, αντιλήψεις μαθητών

Εισαγωγή

Στην περιοχή της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών σημειώθηκαν σημαντικές και ενδιαφέρουσες εξελίξεις, την τελευταία εικοσαετία, όπου πέραν των αρχικών ερευνητικών προσπαθειών, οι οποίες στρέφονταν προς την ανίχνευση και την καταγραφή των αντιλήψεων των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα της σχολικής εκδοχής της φυσικο-επιστημονικής γνώσης, ένα μεγάλο φάσμα πρωτοβουλιών σχετίζεται με τον σχεδιασμό και την υλοποίηση διδακτικού έργου σε όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες (Ραβάνης, 2002). Ειδικότερα, συνειδητοποιήθηκε η ανάγκη διαμόρφωσης νέων περιβαλλόντων μάθησης με παράλληλη σχεδίαση νέων καινοτομικών διδακτικών προσεγγίσεων (Κυριαζίδου & Σκουμιός, 2015). Η παρούσα εργασία εντάσσεται στο παραπάνω πλαίσιο που στοχεύει στην υπέρβαση των αντιλήψεων των μαθητών με τη χρήση κατάλληλων διδακτικών παρεμβάσεων και, πιο συγκεκριμένα, επικεντρώνεται στον σχεδιασμό μιας διδακτικής παρέμβασης με στόχο την αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών της Ε΄ Δημοτικού σχετικά με τον όγκο των σωμάτων.

Η υπέρβαση των αντιλήψεων που έχουν οι μαθητές και οι μαθήτριες για τη μία από τις τρεις ιδιότητες των υλικών σωμάτων, τον όγκο, επιδιώκεται μέσα από την ενασχόλησή τους με εκπαιδευτικό υλικό που πληροί τις βασικές αρχές ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού και στηρίζεται αφενός στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία και τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών και αφετέρου στη μάθηση μέσα από έρευνα. (βλ. Θεωρητικό Πλαίσιο). Ο λόγος που επιλέχθηκε η εννοιολογική περιοχή του όγκου των υλικών σωμάτων είναι διττός. Αρχικά, η σχετική βιβλιογραφία για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τον όγκο των υλικών σωμάτων αποδεικνύει ότι οι μαθητές και οι μαθήτριες πολλές φορές εκδηλώνουν αντιλήψεις αρκετά διαφορετικές από τη σχολική γνώση (Driver, et. al, 2000). Για τον λόγο αυτό είναι απαραίτητη η μελέτη αυτών των αντιλήψεων αλλά και η διδακτική τους επεξεργασία με στόχο την υπέρβασή τους. Επιπλέον, ο όγκος των υλικών σωμάτων είναι μία έννοια, η οποία συνδέεται άμεσα με καταστάσεις της καθημερινής ζωής των μαθητών.

Θεωρητικό Πλαίσιο

Περί αντιλήψεων των μαθητών

Σύμφωνα με τον Ausubel (1978) «Ο σπουδαιότερος, απλός παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει τη μάθηση είναι αυτό που ο μαθητής ήδη γνωρίζει. Εξακρίβωσέ το και δίδαξε τον συμφωνά με αυτό» (σελ. 6). Η παραπάνω άποψη του Ausubel παρουσιάζει τη σημασία των αντιλήψεων των μαθητών τόσο στη μάθηση όσο και στη διδασκαλία. Κυρίαρχο ρόλο στη μάθηση παίζουν οι αντιλήψεις που έχουν οι μαθητές για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών πριν καν έρθουν στο σχολείο (Κόκκοτας, 2008). Οι αντιλήψεις αυτές προέρχονται αποτελούν ένα πλήθος από γνώσεις που προέρχονται από πολυσύνθετες, άτυπες διαδικασίες μάθησης μέσα στην οικογένεια, στον κύκλο των συνομηλίκων ή αντλούνται από τα σύγχρονα μέσα ενημέρωσης και οι οποίες συγκροτούν με τη σειρά τους επεξηγηματικά πλαίσια, τα οποία τις περισσότερες φορές δεν είναι συμβατά με αυτά των ειδικών (Σκουμιός, 2012). Πολλές από τις αντιλήψεις που έχουν οι μαθητές για τον φυσικό κόσμο είναι τόσο εδραιωμένες, που δύσκολα αλλάζουν με τη διδασκαλία (Κόκκοτας, 2008).

Για τον λόγο αυτό, είναι απαραίτητο κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού και της ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού, που στόχο έχει τη δημιουργία ενός αποτελεσματικού μαθησιακού περιβάλλοντος, να ληφθούν υπόψη οι αρχικές αντιλήψεις των μαθητών. Κρίνεται αναγκαίο μέσω του εκπαιδευτικού υλικού οι μαθητές να καταφέρουν να εντοπίσουν τις δικές τους αρχικές αντιλήψεις ή των συμμαθητών τους, να τις συζητήσουν και τέλος να τις υπερβούν ή να τις τροποποιήσουν.

Η εποικοδομητική άποψη για τη μάθηση

Σύμφωνα με τις εποικοδομητικές απόψεις για τη μάθηση τα υποκείμενα θεωρούνται ενεργοί συμμετέχοντες στη δόμηση των δικών τους νοημάτων. (Κόκκοτας, 2008). Η μάθηση αποτελεί μία υποκειμενική, πολύπλοκη διαδικασία πρόσκτησης-οικοδόμησης της γνώσης και, συνήθως, αποτελεί προϊόν της εννοιολογικής αλλαγής που επέρχεται στους μαθητές λόγω της γνωστικής σύγκρουσης, στην οποία υποβάλλονται. (Κόκκοτας, 2005). Η νέα γνώση γίνεται απόκτημα του μανθάνοντος ατόμου μόνο όταν ενσωματωθεί στην υπάρχουσα δομή του μαθητή διαφορετικά πολύ γρήγορα χάνεται. Το ενδιαφέρον εστιάζεται στην αξία της οικοδόμησης της γνώσης κι όχι στην απλή, ξερή και ανούσια αναπαραγωγή της. Ο ρόλος του μαθητή από τη μία και του εκπαιδευτικού από την άλλη αλλάζουν μορφή. Ο μαθητής βρίσκεται στο κέντρο της μαθησιακής διαδικασίας, έχει χαρακτήρα ερευνητικό, ενεργό, προϋποθέτοντας την ένταξή του σε ένα περιβάλλον που του προσφέρει αυθεντικές καταστάσεις μάθησης, συμμετέχοντας σε διαδικασίες κατασκευής της γνώσης, όπου από τα διαθέσιμα στοιχεία, αξιολογεί κι επιλέγει εκείνα που τα θεωρεί σημαντικά, προκειμένου να τα χρησιμοποιήσει για την επιτυχή ολοκλήρωση μιας δραστηριότητας που αποβλέπει στην κατάκτηση της γνώσης και την εξαγωγή των δικών του, προσωπικών συμπερασμάτων (Κόκκοτας, 2005). Από την άλλη, ο ρόλος του δασκάλου παύει να είναι αυτός του μεταλαμπαδευτή-φορέα της γνώσης. Είναι διακριτικός και καθόλου ευδιάκριτος. Ο δάσκαλος, εδώ, προκαλεί και συντονίζει συζητήσεις, επιλέγει σύμφωνα με τις ιδέες και τις απόψεις των μαθητών τα κατάλληλα μαθησιακά εργαλεία, τα οποία θα προκαλέσουν την εννοιολογική αλλαγή, ενδιαφέρεται για το ευχάριστο και ζεστό κλίμα της τάξης, ενθαρρύνει τις μαθητές να συμμετέχουν σε δραστηριότητες ή διαδικασίες (Κόκκοτας, 2005).

Μάθηση μέσα από Έρευνα

Τα τελευταία χρόνια στον χώρο των Φυσικών Επιστημών αναπτύχθηκε μία νέα διδακτική προσέγγιση που στόχο έχει τη μάθηση μέσα από ερευνητικές διαδικασίες. Η διδακτική αυτή προσέγγιση με τίτλο « Εκπαίδευση τις Φυσικές επιστήμες που βασίζεται στην Έρευνα» (Inquiry Based Science Education), εστιάζει στην ενεργή συμμετοχή των παιδιών, τον πειραματισμό, την επιχειρηματολογία, τη διατύπωση υποθέσεων και την ανάπτυξη μιας σχέσης με τις Φυσικές Επιστήμες η οποία εδράζεται στην περιέργεια των μαθητών που καθοδηγείται από τον εκπαιδευτικό (Harlen, 2012). Για τη σχεδίαση εκπαιδευτικού υλικού που στόχο έχει τη μάθηση και την κατανόηση των ιδεών και των εννοιών των Φυσικών Επιστημών από τους μαθητές μέσα από έρευνα και πιο συγκεκριμένα μέσα από διαδικασίες όπως η ενεργοποίηση, η διερεύνηση, η πρακτική, η ανατροφοδότηση, η αναθεώρηση, ο αναστοχασμός υπάρχουν αρκετά διδακτικά μοντέλα, τα οποία, παρότι παρουσιάζουν ορισμένες διαφορές ως προς το περιεχόμενο, αποτελούν αρωγό για τον εκπαιδευτικό και τη μαθησιακή διαδικασία. Μερικά από τα διδακτικά μοντέλα που έχουν προταθεί για τη μάθηση μέσα από έρευνα είναι το μοντέλο της εποικοδομητικής διδασκαλίας των Driver και

Oldham (1986), ο μαθησιακός κύκλος των White et al. (1999), τα μαθησιακά μοντέλα 5E του Bybee (1997) και 7E του Eisenkraft (2003), το διδακτικό πλαίσιο EIMA των Schwarz και Gwekwerere (2007), το μοντέλο 4EX2 των Marshall et al. (2009) και το πλαίσιο των Minner et al. (2010). Η παρούσα εργασία αξιοποιεί το μαθησιακό μοντέλο 5E του Bybee (1997) (βλ. Εκπαιδευτικό Υλικό).

Αρχές Ανάπτυξης Εκπαιδευτικού Υλικού

Η σχεδίαση του εκπαιδευτικού υλικού οφείλει να πληροί τις «βασικές αρχές» ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού για τις Φυσικές Επιστήμες. Ως «βασικές αρχές» ανάπτυξης αποτελεσματικού εκπαιδευτικού υλικού θεωρούμε τις αρχές που, αν ληφθούν υπόψη για τον σχεδιασμό και τη διαχείριση του εκπαιδευτικού υλικού στη διδακτική πράξη, μπορούν να υποστηρίξουν πιο δυναμικά τη μάθηση του συνόλου των μαθητών (Σκουμιός & Σκουμπουρδή, 2015). Η αποτίμηση της αναγκαιότητας δημιουργίας νέου εκπαιδευτικού υλικού, η διαμορφωτική και συνολική αξιολόγησή του, η ανάπτυξή του με βάση τις σύγχρονες θέσεις για τη μάθηση, η προσπάθεια να υποστηρίξει την επιχειρηματολογία των μαθητών, τον ίδιο τον εκπαιδευτικό αλλά και τη χρήση πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και, τέλος, η συνοχή η οποία πρέπει να το διέπει αποτελούν συνοπτικά τις βασικές αρχές τις οποίες ένα νέο εκπαιδευτικό υλικό να πληροί για να θεωρηθεί αποτελεσματικό (Σκουμιός & Σκουμπουρδή, 2015).

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Οι αντιλήψεις των μαθητών για τον όγκο των σωμάτων

Η μελέτη των αντιλήψεων των μαθητών της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τον όγκο των υλικών σωμάτων αποτέλεσε το αντικείμενο αρκετών ερευνών. Παρατίθενται ενδεικτικά μερικές έρευνες:

Πιο συγκεκριμένα στην έρευνα που πραγματοποίησαν οι Hewson & Hewson (1983) σε 90 μαθητές από 13 έως 20 ετών, οι οποίοι φοιτούσαν σε δύο διαφορετικά σχολεία στο Σοβέτο, μία περιοχή – προάστιο δυτικά του Γιοχάνεσμπουργκ, φάνηκε ότι οι μαθητές έχουν τις παρακάτω αντιλήψεις για τον όγκο:

- Ο όγκος ταυτίζεται με το μέγεθος ή την ποσότητα.
- Ο όγκος ταυτίζεται με τη χωρητικότητα.
- Κάποια αντικείμενα έχουν όγκο (π.χ. νερό σε ποτήρι) ενώ κάποια άλλα δεν έχουν (ποτήρι, καρφίτσα).
- Όταν αλλάζει το σχήμα αλλάζει και ο όγκος.

Επιπλέον, οι Potari & Spiliotopoulou (1996) πραγματοποίησαν μία έρευνα σε 38 μαθητές και μαθήτριες της Πέμπτης Τάξης σε Δημοτικό Σχολείο της Πάτρας με έξι γραπτές δραστηριότητες από τις οποίες προέκυψε ότι οι αντιλήψεις των μαθητών και των μαθητριών για τον όγκο των σωμάτων μπορούν να συνοψιστούν τις παρακάτω προτάσεις:

- Όγκος είναι το σχήμα που έχει ένα αντικείμενο.
- Όγκος είναι η χωρητικότητα ενός αντικειμένου.
- Ο όγκος ενός αντικειμένου είναι σχετικός με την υλική σύσταση του αντικειμένου.
- Ο όγκος συνδέεται με τις γεωμετρικές ιδιότητες του αντικειμένου (σχήμα, μέγεθος και διαστάσεις αντικειμένου κ.ά).

Οι Carragher et al. (2009) εφάρμοσαν ένα ερευνητικό πρότζεκτ σε μαθητές 11-12 ετών με στόχο την ανάδειξη της σκέψης τους (των ιδεών τους) για την ύλη, τη μάζα/βάρος, τον όγκο και την πυκνότητα. Κατέληξαν στα εξής συμπεράσματα σχετικά με τον όγκο:

- Πολλά παιδιά πιστεύουν ότι τα μικροσκοπικά και ορατά αντικείμενα δεν καταλαμβάνουν χώρο.
- Πολλές φορές οι μαθητές συγχέουν το «ελάχιστο ποσό» με το «τίποτα». Δηλαδή, όταν ένα μικροσκοπικό ορατό αντικείμενο καταλαμβάνει ελάχιστο χώρο, θεωρούν δεν καταλαμβάνει καθόλου χώρο.
- Το σχήμα του αντικειμένου πολλές φορές επηρεάζει τα παιδιά για το πόσο χώρο καταλαμβάνει το αντικείμενο.

Διδακτικές Παρεμβάσεις

Αρκετοί είναι οι ερευνητές οι οποίοι, αφού ανέδειξαν τις αντιλήψεις των μαθητών για τον όγκο των υλικών σωμάτων πρότειναν μερικές διδακτικές παρεμβάσεις. Παρατίθενται ενδεικτικά κάποιες από αυτές:

Πιο συγκεκριμένα, οι Taylor & Jones (2009) αναφέρουν ότι η συνεργασία μαθηματικών και επιστημόνων ίσως προσφέρει οφέλη και τις δύο επιστημονικούς τομείς. Έτσι, η διδασκαλία της Βιολογίας μπορεί να προσφέρει θέματα για εφαρμογή της σχέσης επιφάνειας και όγκου. Ενδεικνύεται παραδείγματος χάρι το θέμα της διάχυσης στα πνευμόνια, στα βράχια και στο έντερο. Η χρήση γραφικών, μεταφορών και ενοποιημένων θεμάτων κατέχει σημαντικό ρόλο στην επιστημονική δημιουργικότητα των μαθητών και η ανάγκη καλλιέργειας της οπτικοχωρικής αντίληψης μέσα στην τάξη είναι απαραίτητη. Για παράδειγμα, οι μαθητές της έρευνας έπρεπε να οπτικοποιήσουν πώς η επιφάνεια με τον όγκο σχετίζονται μεταξύ τους, για να απαντήσουν σε διάφορες ερωτήσεις. Μία από τις ερωτήσεις που τέθηκαν στους μαθητές ήταν ποιο θηλαστικό θα είχε τη μεγαλύτερη απώλεια θερμότητας σε κρύο περιβάλλον.

Οι Bosman et al (1985) σχεδίασαν ένα πρότζεκτ σχετικά με την πειραματική εισαγωγή της έννοιας της πυκνότητας. Το πρότζεκτ εφαρμόστηκε σε 389 μαθητές Γυμνασίου (11-13 ετών) στην Πίζα. Τις πειραματικές δραστηριότητες ακολούθησαν επιπλέον πρακτικές ασκήσεις και προβλήματα, για να αξιολογηθεί η κατανόηση της έννοιας της πυκνότητας από τους μαθητές. Όσον αφορά στην έννοια του όγκου οι ερευνητές αναφέρονται στην αντίληψη για διατήρηση του όγκου, όταν ένα υγρό μεταφέρεται από ένα δοχείο σε ένα άλλο. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν στη διδακτική παρέμβαση οι δραστηριότητες για τη μέτρηση του όγκου αντικειμένων με βύθισή τους σε ογκομετρικά δοχεία με νερό. Πιο συγκεκριμένα, για να «εξουδετερωθούν» πιθανές αντιλήψεις μαθητών ότι η εκτόπιση του νερού μπορεί να οφείλεται στη μάζα των αντικειμένων, στο σχήμα τους ή στο υλικό πραγματοποιήθηκαν οι εξής δραστηριότητες: Πρώτα, η αύξηση του επιπέδου του νερού στο ογκομετρικό δοχείο παρατηρήθηκε για έναν μόνο κύβο. Έπειτα, η ίδια αύξηση παρατηρήθηκε για δύο κύβους μισούς του αρχικού. Ακολούθησε η βύθιση δύο ολόκληρων κύβων με εκτόπιση διπλάσιου όγκου νερού. Τέλος, οι μαθητές είδαν ότι αν ένας κύβος είναι πολύ μικρός, για να προκαλέσει μετρήσιμη αύξηση του όγκου του νερού, μέτρηση του όγκου του μπορεί να γίνει βυθίζοντας πολλούς τις μικρούς κύβους ταυτόχρονα και διαιρώντας τη μετρήσιμη πλέον εκτόπιση του νερού με τον αριθμό των κύβων. Για περισσότερες δοκιμές προτάθηκε μία ποικιλία από αντικείμενα διαφορετικών σχημάτων, μαζών και υλικών. Έτσι, οι μαθητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ίση αύξηση του επιπέδου του νερού προκαλείται από αντικείμενα που καταλαμβάνουν τον ίδιο χώρο μέσα στο δοχείο (και άρα έχουν ίσους όγκους).

Οι παραπάνω έρευνες ασχολήθηκαν με αντιλήψεις των μαθητών για τον όγκο των υλικών σωμάτων, κυρίως, όμως, των στερεών και των υγρών σωμάτων [Hewson & Hewson, (1983), Potari & Spiliotopoulou (1996)]. Ο όγκος των αέριων σωμάτων αν και αποτελεί ένα ζήτημα που δυσκολεύει μαθητές τόσο της πρωτοβάθμιας όσο και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης δεν προσεγγίζεται συχνά με διδακτικές παρεμβάσεις. Επιπλέον, το δείγμα των ερευνών στις περισσότερες έρευνες εντάσσεται κατά κύριο λόγο στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση [Hewson & Hewson (1983), Bosman, et al, (1985), Taylor και Jones (2009), , ενώ μία μόνο έρευνα απευθύνεται σε μαθητές της Πέμπτης Δημοτικού [Potari & Spiliotopoulou (1996)], όπου τότε οι μαθητές έρχονται για πρώτη φορά σε επαφή με το μάθημα «Ερευνώ και Ανακαλύπτω», άρα αποτελούν μία σημαντική ηλικιακή ομάδα για υπέρβαση των αρχικών αντιλήψεων τους. Τέλος, στις παραπάνω διδακτικές παρεμβάσεις απουσιάζει η σύνδεση με την καθημερινή ζωή και η χρήση απλών υλικών για τα πειράματα, καθιστώντας έτσι το μάθημα των Φυσικών Επιστημών ως ένα μάθημα που βρίσκεται μακριά από τα ενδιαφέροντα και τις ανάγκες του κάθε μαθητή.

Στην παρούσα εργασία αναπτύσσεται μία διδακτική παρέμβαση για τους μαθητές της Ε΄ Δημοτικού με στόχο την υπέρβαση συγκεκριμένων αντιλήψεων για τον όγκο τόσο των στερεών και υγρών σωμάτων όσο και των αέριων σωμάτων, μέσα από παιγνιώδεις δραστηριότητες που είναι άμεσα συνδεδεμένες με την καθημερινή ζωή των μαθητών και για την πραγματοποίησή τους χρειάζονται υλικά απλά, καθημερινής χρήσης.

Εκπαιδευτικό Υλικό

Σκοπός, Ερευνητικοί Στόχοι και Διδακτικοί Στόχοι

Η παρούσα εργασία εστιάζει στην ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία του όγκου των στερεών, των υγρών και των αέριων σωμάτων για μαθητές της Ε΄ Δημοτικού. Σκοπός της εργασίας είναι η δημιουργία μιας παρέμβασης για τη διδακτική επεξεργασία και υπέρβαση των αντιλήψεων που έχουν οι μαθητές για τη συγκεκριμένη εννοιολογική περιοχή. Το θέμα ως προς το οποίο γίνεται προσπάθεια διδακτικής επεξεργασίας των αντιλήψεων των μαθητών αφορά τον όγκο των υλικών σωμάτων.

Ως επιμέρους ερευνητικοί στόχοι της παρούσας εργασίας τίθενται ο εντοπισμός των αντιλήψεων των μαθητών για τον όγκο των σωμάτων πριν την παρέμβαση και η διδακτική επεξεργασία των αντιλήψεων αυτών μέσα από την ενασχόληση με το εκπαιδευτικό υλικό που θα αναπτυχθεί στην παρούσα εργασία.

Οι διδακτικοί στόχοι του εκπαιδευτικού υλικού είναι οι εξής:

- Οι μαθητές να ερευνήσουν αν αλλάζοντας το σχήμα ενός αντικειμένου αλλάζει και ο όγκος του.
- Να καταλάβουν ότι όταν αλλάζει το σχήμα ενός αντικειμένου δεν αλλάζει ο όγκος του.
- Οι μαθητές να ερευνήσουν αν τα μικροσκοπικά αντικείμενα έχουν όγκο.
- Να καταλάβουν ότι και τα μικροσκοπικά αντικείμενα έχουν όγκο.
- Οι μαθητές να ερευνήσουν αν τα αέρια σώματα έχουν όγκο.
- Να αντιληφθούν ότι τα αέρια σώματα έχουν όγκο.
- Να εφαρμόζουν τα συμπεράσματά τους σε δραστηριότητες με διαφορετικό πλαίσιο.
- Να συνεργαστούν και να επικοινωνούν με τα μέλη της ομάδας τους, να σέβονται την άποψη του συμμαθητή τους και να εκφράζουν ελεύθερα και αβίαστα τη δική τους.
- Να αναπτύξουν τον προφορικό τους λόγο.
- Να συγκρίνουν τις αρχικές με τις τελικές αντιλήψεις τους.

Μεθοδολογία

Ερευνητική Διαδικασία

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε μία βιβλιογραφική ανασκόπηση για συγκέντρωση των αντιλήψεων των μαθητών στο θέμα του όγκου των υλικών σωμάτων. Στη συνέχεια, επιλέχθηκαν ορισμένες μόνο αντιλήψεις μαθητών που ανέδειξε η σχετική βιβλιογραφία και πάνω σε αυτές δημιουργήθηκε ένα ερωτηματολόγιο. Κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου επεξεργάζεται ένα διαφορετικό θέμα και κρύβει μία συγκεκριμένη αντίληψη των μαθητών. Έπειτα, κατασκευάστηκε το αντίστοιχο εκπαιδευτικό υλικό με στόχο τη διδακτική επεξεργασία των παραπάνω αντιλήψεων.

Το εκπαιδευτικό υλικό και το διδακτικό μοντέλο

Το εκπαιδευτικό υλικό που αναπτύχθηκε για την παρούσα εργασία αφορά στον όγκο των στερεών, των υγρών και των αέριων σωμάτων για το μάθημα «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» της Ε΄ Δημοτικού. Η σχεδίαση του εκπαιδευτικού υλικού στηρίχτηκε στις αντιλήψεις που έχουν οι μαθητές για τον όγκο των σωμάτων, στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών αλλά και στη μάθηση μέσα από έρευνα. Το διδακτικό και μαθησιακό μοντέλο πάνω στο οποίο βασίστηκε η ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού είναι το μοντέλο 5E του Bybee (2006). Πιο συγκεκριμένα, το διδακτικό μοντέλο 5E του Bybee περιλαμβάνει πέντε φάσεις: τη φάση της εμπλοκής/ ενεργοποίησης, τη φάση της εξερεύνησης, τη φάση της εξήγησης, τη φάση της επεξεργασίας/ εφαρμογής και τη φάση της εκτίμησης/αξιολόγησης.

Ανάπτυξη και περιγραφή εκπαιδευτικού υλικού για τον όγκο των σωμάτων με το μοντέλο 5^E (Bybee, 2006).

Φάση 1^η: Ενεργοποίηση/Εμπλοκή των μαθητών, ανάδειξη των αρχικών αντιλήψεων για τον όγκο

Στόχος της πρώτης φάσης είναι οι μαθητές να καλλιεργήσουν τον προφορικό τους λόγο, να σέβονται την άποψη των συμμαθητών τους και να εκφράζουν ελεύθερα και αβίαστα τη δική τους άποψη. Στη φάση αυτή (φάση 1), οι μαθητές καλούνται να συμπληρώσουν το ερωτηματολόγιο (βλ. Παράρτημα, 1ο Φύλλο Εργασίας), με τίτλο «Παιχνίδι Γνώσεων», το οποίο τους ζητά να επεξεργαστούν μερικά προβλήματα και να οδηγηθούν σε προβλέψεις και εξηγήσεις. Η εργασία αυτή

αρχικά γίνεται ατομικά. Στη συνέχεια, ο κάθε μαθητής συζητά με τους συμμαθητές του, για να εντοπιστούν ομοιότητες και διαφορές στις απαντήσεις τους. Ακολουθεί «αγώνας επιχειρηματολογίας» όπου ο καθένας προσπαθεί με ωραία επιχειρήματα να πείσει τον συμμαθητή του για τη δική του απάντηση. Στο τέλος, οι μαθητές μπορούν να συζητήσουν σε επίπεδο τάξης και με βάση τις απαντήσεις τους και τη βοήθεια του εκπαιδευτικού να διατυπώσουν μερικά ερωτήματα για έρευνα.

Η κατασκευή του ερωτηματολογίου με στόχο την ανάδειξη των αντιλήψεων των μαθητών για τον όγκο των σωμάτων στηρίχθηκε στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 1). Ο λόγος που επιλέχθηκε το ερωτηματολόγιο ως εργαλείο συλλογής δεδομένων είναι η ευκολία που προσφέρει στον εκάστοτε ερευνητή να συλλέξει και να επεξεργαστεί εύκολα και γρήγορα τις απαντήσεις των μαθητών όσο μεγάλο ή μικρό και αν είναι το δείγμα. Στο ερωτηματολόγιο αποφεύχθηκε η «ξερή» καταγραφή προβλημάτων και έγινε προσπάθεια να δοθεί μία πιο παιγνιώδης μορφή μέσω ενός παιχνιδιού γνώσεων, για να διατηρηθεί ο ενθουσιασμός των μαθητών. Το παιχνίδι γνώσεων που συμπεριλαμβάνεται στο ερωτηματολόγιο ανίχνευσης των αρχικών αντιλήψεων των μαθητών περιλαμβάνει απαντήσεις τριών διαγωνιζόμενων σε μερικά ερωτήματα/προβλήματα σχετικά με τον όγκο των στερεών, των υγρών και των αέριων σωμάτων. Οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου είναι κατά βάση ερωτήσεις κλειστού τύπου, ωστόσο δίνεται η ευκαιρία στους μαθητές να συμπληρώσουν και τη δική τους γνώμη, αν διαφωνούν με όλες τις υπάρχουσες απαντήσεις. Με άλλα λόγια, οι μαθητές καλούνται να κυκλώσουν όποια απάντηση από τις τρεις θεωρούν ότι είναι πιο κοντά στις δικές τους απόψεις ή αν διαφωνούν με αυτές, να συμπληρώσουν τη δική τους απάντηση για το κάθε ερώτημα/πρόβλημα. Φροντίσαμε στις απαντήσεις των διαγωνιζόμενων να γράψουμε τις αντιλήψεις που έχουν αρχικά οι μαθητές για τον όγκο των σωμάτων, τις οποίες ανέδειξε η σχετική βιβλιογραφία (βλ. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση).

Πίνακας 1: Μεθοδολογία Κατασκευής Ερωτηματολογίου

| ΘΕΜΑ | ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΜΑΘΗΤΩΝ | ΕΡΩΤΗΣΗ ΠΟΥ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΕΙ ΣΤΟ ΕΡΩΤ/ΛΟΓΙΟ |
|---|--|--|
| Έλεγχος αντιλήψεων για τον όγκο των στερεών σωμάτων. | Το σχήμα του αντικειμένου επηρεάζει και τον όγκο του. | 1 |
| Έλεγχος αντιλήψεων για τον όγκο μικρών στερεών σωμάτων. | Μικροσκοπικά και ορατά αντικείμενα δεν καταλαμβάνουν χώρο. | 2 |
| Έλεγχος αντιλήψεων για όγκο αέριων σωμάτων. | Ο αέρας δεν είναι ύλη, γιατί δεν έχει όγκο. | 3 |

Φάση 2^η: Εξερεύνηση (Σχεδίαση και Πραγματοποίηση Έρευνας για Όγκο)

Στόχοι της 2ης φάσης είναι οι μαθητές να ερευνήσουν αν αλλάζοντας το σχήμα ενός αντικειμένου αλλάζει και ο όγκος του, να καταλάβουν ότι όταν αλλάζει το σχήμα ενός αντικειμένου δεν αλλάζει ο όγκος του, να ερευνήσουν αν τα μικροσκοπικά αντικείμενα έχουν όγκο, να καταλάβουν ότι και τα μικροσκοπικά αντικείμενα έχουν όγκο και τέλος να ερευνήσουν αν τα αέρια σώματα έχουν όγκο και να αντιληφθούν ότι πράγματι τα αέρια σώματα έχουν όγκο. Στη φάση αυτή (Φάση 2) οι μαθητές και οι μαθήτριες σχεδιάζουν και πραγματοποιούν έρευνα με σκοπό να δώσουν απαντήσεις στα ερευνητικά ερωτήματα που είχαν θέσει στην προηγούμενη φάση. Ακολουθώντας τις οδηγίες και τις ερωτήσεις του 2ου, 3ου και 4ου Φύλλου Εργασίας καταγράφουν τις ατομικές τους προβλέψεις. Η φάση αυτή περιλαμβάνει και πραγματικά πειράματα αλλά και νοητικά.

Στο 2ο Φύλλο Εργασίας (βλ. Παράρτημα) υπάρχει η σχεδίαση και η πραγματοποίηση της πρώτης έρευνας. Το ερώτημα που μας απασχολεί σε αυτό το φύλλο εργασίας και οι μαθητές καλούνται να δώσουν απαντήσεις είναι αν το σχήμα ενός αντικειμένου επηρεάζει τον όγκο του. Πολλές φορές ένα αντικείμενο μας φαίνεται ότι καταλαμβάνει περισσότερο χώρο από ένα άλλο λόγω του σχήματός του. Στο Φύλλο Εργασίας τίθεται το πρόβλημα με την πισίνα. Ένα αντρόγυνο επιθυμεί να κατασκευάσει μία πισίνα στην αυλή του σπιτιού του και μαλώνει για το σχήμα της. Ο άντρας θέλει η πισίνα να έχει σχήμα τετραγώνου με όλες του τις διαστάσεις (μήκος, πλάτος, ύψος) από 4 μέτρα με τον ισχυρισμό ότι θα είναι πιο βαθιά και άρα θα καταλαμβάνει περισσότερο χώρο. Η γυναίκα διαφωνεί λέγοντας ότι

για να είναι μεγαλύτερος ο χώρος που καταλαμβάνει η πισίνα, θα πρέπει να έχει σχήμα ορθογωνίου παραλληλογράμμου με μήκος 8 μέτρα, πλάτος 2 μέτρα και ύψος 4 μέτρα. Οι μαθητές καλούνται να σχεδιάσουν την έρευνά τους και να την πραγματοποιήσουν με σκοπό να βοηθήσουν το αντρόγυνο να πάρει τη σωστή απόφαση. «Παίζει ρόλο το σχήμα στον όγκο των σωμάτων;» είναι το ερώτημα που καλούνται να ερευνήσουν. Οι μαθητές κατά τη διάρκεια της πραγματοποίησης της έρευνας μπορούν με σκληρό χαρτόνι να κατασκευάσουν «μακέτες» των πισινών με τις διαστάσεις που προτείνει το πείραμα, ώστε να οδηγηθούν ευκολότερα και ασφαλέστερα στα συμπεράσματά τους.

Στο 3ο Φύλλο Εργασίας (βλ. Παράρτημα) υπάρχει η σχεδίαση και η πραγματοποίηση της δεύτερης έρευνας. Το ερώτημα που μας απασχολεί σε αυτό το Φύλλο Εργασίας και οι μαθητές καλούνται να δώσουν απαντήσεις είναι αν τα μικροσκοπικά και ορατά αντικείμενα έχουν όγκο. Πολλές φορές, οι μαθητές συγχέουν τις απόψεις «δεν πιάνει σχεδόν καθόλου χώρο» με το «τίποτα!» (βλ. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση). Στο Φύλλο Εργασίας τίθεται ένα πρόβλημα με ένα δικαστήριο δύο ζώων, ενός ελέφαντα και ενός μυρμηγκιού. Ο ελέφαντας ρίχνει στο χώμα τα ψίχουλά του με τον ισχυρισμό ότι δεν καταλαμβάνουν χώρο, αφού είναι πολύ μικρά. Το ένα από τα ψίχουλα όμως σφηνώνει στην είσοδο μιας μυρμηγκοφωλιάς, προκαλώντας τον πανικό και τον φόβο στα μυρμηγκία. Γίνεται το δικαστήριο και οι μαθητές καλούνται να αθωώσουν τον ελέφαντα ή να δικαιώσουν τα μυρμηγκία. Οι μαθητές κατά τη διάρκεια της πραγματοποίησης της έρευνας μπορούν να τοποθετήσουν ένα ψίχουλο μπροστά τους και ένα ψίχουλο μπροστά σε ένα μυρμηγκί, για να διαπιστώσουν ότι και τα μικροσκοπικά (για εμάς) αντικείμενα καταλαμβάνουν χώρο.

Στο 4ο Φύλλο Εργασίας υπάρχει η σχεδίαση και η πραγματοποίηση της τρίτης και τελευταίας για τον όγκο έρευνας. Το ερώτημα που μας απασχολεί σε αυτό το Φύλλο Εργασίας και οι μαθητές καλούνται να δώσουν απαντήσεις είναι το αν τα αέρια έχουν όγκο. Πολλές φορές οι μαθητές εκφράζουν πολλές εναλλακτικές ιδέες για τα αέρια σώματα (βλ. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση). Στο Φύλλο Εργασίας τίθεται το πρόβλημα με τα δύο σακουλάκια με τα πατατάκια. Η μητέρα αγόρασε δύο ίδια σακουλάκια στα παιδιά της, όμως, το πρώτο τρύπησε στην άκρη και φαίνεται πιο άδειο από το δεύτερο, ενώ το δεύτερο πιο φουσκωτό από το πρώτο! Παρόλο που κανένα πατατάκι δεν βγήκε από το σακουλάκι, τα παιδιά μαλώνουν, γιατί θεωρούν ότι το σακουλάκι που είναι φουσκωτό έχει πιο πολλά πατατάκια. Τα δύο παιδιά όπως και οι περισσότεροι μαθητές αγνοούν την ύπαρξη αέρος μέσα στο σακουλάκι, γι αυτό θεωρούν ότι το φουσκωτό έχει και περισσότερα πατατάκια. Οι μαθητές κατά τη διάρκεια της πραγματοποίησης της έρευνας μπορούν να προμηθευτούν σακουλάκια με πατατάκια, για να κάνουν ευκολότερα την έρευνά τους.

Φάση 3^η: Εξήγηση

Στόχος της 3ης φάσης είναι οι μαθητές να συνεργαστούν και να επικοινωνήσουν με τα μέλη της ομάδας τους, να σέβονται την άποψη του συμμαθητή τους και να εκφράζουν ελεύθερα και αβίαστα τη δική τους γνώμη καλλιεργώντας τον προφορικό τους λόγο. Όταν οι μαθητές ολοκληρώσουν την έρευνά τους, ακολουθεί η επεξεργασία των δεδομένων που συνέλεξαν από την έρευνά τους και η συζήτηση των συμπερασμάτων τους σε ομάδες. Υπενθυμίζουμε ότι στη φάση αυτή επιδιώκεται οι μαθητές να συγκροτούν τεκμηριωμένες εξηγήσεις (εξηγήσεις βασισμένες στα αποδεικτικά στοιχεία που συνέλεξαν) (Skoumios, 2009).

Φάση 4^η: Επεξεργασία/ Εφαρμογή

Στόχος της 4ης φάσης είναι να μπορέσουν οι μαθητές να εφαρμόσουν τα συμπεράσματά που εξήγαγαν στην προηγούμενη φάση, σε δραστηριότητες με διαφορετικό πλαίσιο. Οι μαθητές χωρισμένοι και πάλι σε ομάδες καλούνται να λύσουν τα τρία προβλήματα του 5ου Φύλλου Εργασίας (βλ. Παράρτημα), να πειραματιστούν, να παρατηρήσουν και να συμπεράνουν. Μαζί με το Φύλλο Εργασίας μοιράζονται και τα απαραίτητα υλικά – υλικά καθημερινής χρήσης-, για την πραγματοποίηση της έρευνάς τους.

Φάση 5^η: Αξιολόγηση

Στόχος της 5ης φάσης είναι οι μαθητές να συγκρίνουν τις αρχικές και τις τελικές τους αντιλήψεις. Στη φάση αυτή μοιράζουμε στον κάθε μαθητή ξεχωριστά το αρχικό ερωτηματολόγιο (βλ. Παράρτημα, 1ο Φύλλο Εργασίας) και τους ζητάμε να το απαντήσουν και πάλι, ώστε να μπορέσουν να συγκρίνουν τις αρχικές με τις τελικές τους απαντήσεις. Η φάση αυτή είναι σημαντική τόσο για τα παιδιά, αφού συγκρίνουν μόνοι τους τις απαντήσεις τους και διαπιστώνουν ότι άλλαξαν τις αντιλήψεις τους όντας

μικροί ερευνητές, όσο και για τον εκπαιδευτικό, αφού μπορεί να αξιολογήσει την πρόοδο των μαθητών και να δώσει ευκαιρίες για ανατροφοδότηση.

Επίλογος

Στην εργασία έγινε προσπάθεια σχεδιασμού εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία του όγκου των υλικών σωμάτων στην Ε΄ Δημοτικού. Δεν έχει εφαρμοστεί σε σχολική τάξη, ώστε να μπορεί να υπάρξει μελέτη των αποτελεσμάτων. Οι δραστηριότητες που σχεδιάστηκαν με βάση το μοντέλο 5E δεν είναι εισαγωγικές. Δεν προορίζονται, δηλαδή, για χρήση με στόχο την εισαγωγή των μαθητών στην έννοια του όγκου των υλικών σωμάτων. Μπορούν να εφαρμοστούν, αφού οι μαθητές αποκτήσουν μία πρώτη επαφή με την έννοια του όγκου των σωμάτων από το αντίστοιχο κεφάλαιο του τετραδίου εργασιών της Φυσικής της Ε΄ Δημοτικού. Οι δραστηριότητες αυτές στηρίζονται σε μερικές εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τον όγκο των υλικών σωμάτων, οι οποίες, αν και έχουν πολύ ενδιαφέρον και είναι άμεσα συνδεδεμένες με την καθημερινή ζωή των μαθητών, δεν αξιοποιούνται στο βιβλίο και το τετράδιο εργασιών του μαθήματος «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» της Ε΄ Δημοτικού.

Ένα πλεονέκτημα της παρούσας παρέμβασης είναι η παιγνιώδης μορφή των δραστηριοτήτων, που σίγουρα ελκύει το ενδιαφέρον των μαθητών και κρατάει αμείωτη την προσοχή τους. Επίσης, η ενασχόληση με δραστηριότητες και πειράματα που εργαλείο τους έχουν υλικά καθημερινής χρήσης και η εφαρμογή τους γίνεται τόσο εντός της σχολικής τάξης όσο και εκτός της τάξης, δίνουν την ευκαιρία στους μαθητές να αντιμετωπίσουν το μάθημα των Φυσικών Επιστημών θετικά και να αντιληφθούν ότι η καθημερινότητά τους είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη Φυσική. Ένα μειονέκτημα που ενδεχομένως μπορεί να αντιμετωπίσει ο εκπαιδευτικός κατά την εφαρμογή στην τάξη είναι οι επιπλέον διδακτικές ώρες που θα χρειαστεί, για να εμβαθύνει στο θέμα του όγκου των σωμάτων ύστερα από τη διδασκαλία των αντίστοιχων Φύλλων Εργασίας από το Τετράδιο Εργασιών του σχολείου.

Μια πρόταση για μελλοντική αξιοποίηση της παρούσας εργασίας θα ήταν η εφαρμογή της παρούσας παρέμβασης στην τάξη, για να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητά της ή ο σχεδιασμός εκπαιδευτικού υλικού βασισμένο στο διδακτικό μοντέλο 5E για τη δεύτερη και την τρίτη ιδιότητα των υλικών σωμάτων, τη μάζα και την πυκνότητα. Με τον τρόπο αυτό, οι μαθητές της Ε΄ Δημοτικού θα ολοκληρώσουν το πρώτο κεφάλαιο της Φυσικής με τίτλο «Υλικά Σώματα» μέσα από ερευνητικές διαδικασίες που πολύ πιθανόν να καλλιεργήσουν μία θετική στάση τόσο για το μάθημα της Φυσικής, όσο και γενικά για τις Θετικές Επιστήμες.

Αναφορές

- Ausubel, D., Novak, J. & Hanesian, H. (1978). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart & Wiston.
- Bosman, L., Lazzeri, F. & Legitimo, J. (1985). An Experimental Approach To The Concept Of Density. *European Journal Of Science Education*, 7, 371-374.
- Carraher, D., Smith, C., Wiser, M., Schliemann, A.D. & Cayton-Hodges, G. (2009, June). *Assessing students' evolving understandings about matter*. Paper presented at the Learning (LeaPS) Progressions in Science Conference, Iowa City, IA.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson V. (2000). *Οικο-δομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών - Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών*, Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Harlen, W. (2012). *Assessment and inquiry-based science education: Issues in policy and practice*, Italy: Global Network of Science Academies.
- Hewson, M. & Hewson, P. (1983). Effect Of Instruction Using Students' Prior Knowledge And Conceptual Change Strategies On Science Learning. *Journal Of Research In Science Teaching*, 20, 731-743.
- Κόκκοτας, Π.(2008). *Διδακτική των φυσικών επιστημών. Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών II*. Αθήνα: Γρηγόρη.
- Potari, D. & Spiliotopoulou, V. (1996). Children's Approaches To The Concept Of Volume. *Science Education*, 80, 341-360.
- Taylor, A. & Jones, G. (2009). Proportional Reasoning Ability And Concepts Of Scale: Surface Area To Volume Relationships In Science. *International Journal Of Science Education*, 31, 1231- 1247.
- Bybee, R.W., Taylor, J.A., Gardner, A., Scotter, P., Powell, J.C., Westbrook, A., Landes, N. (2006). *The bscs 5E instructional model: Origins and effectiveness*. Colorado: Spring.
- Κόκκοτας, Π.(2005). *Διδακτική των φυσικών επιστημών. Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Γρηγόρη.

Κυριαζίδου, Χ. & Σκουμιάς, Μ. (2015). Η συμβολή ενός εκπαιδευτικού υλικού για τον κύκλο του νερού στις γνώσεις και το ενδιαφέρον των μαθητών της Δ' Τάξης του δημοτικού σχολείου. Στο Χ. Σκουμπουρδή και Μ. Σκουμιάς (επιμ.) *Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με διεθνή συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»*, 257-270. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ρόδος.

Ραβάνης, Κ. (2002). *Οι φυσικές επιστήμες στην προσχολική εκπαίδευση*, Αθήνα: Τυπωθήτω- Γιώργος Δαρδανός.

Σκουμιάς, Μ. & Σκουμπουρδή, Χ. (2015). Ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού στα μαθηματικά και τις φυσικές επιστήμες. Στο Χ. Σκουμπουρδή και Μ. Σκουμιάς (επιμ.) *Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με διεθνή συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»*, 14 – 37. Ρόδος.

Σκουμιάς, Μ. (2012). *Διδακτική των φυσικών επιστημών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Σημειώσεις*. Ρόδος: Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης,

Παράρτημα



Φύλλο Εργασίας 1: Παιχνίδι Γνώσεων

Καλημέρα σας, παιδιά! Είμαι ο Επιστημόνιος Πειραματικός, ο παρουσιαστής του νέου παιχνιδιού γνώσεων με τίτλο «Πειραματομπερδέματα!». Με ποιες απόψεις από τους διαγωνιζόμενους συμφωνείτε; Κυκλώστε την απάντηση με την οποία συμφωνείτε περισσότερο ή συμπληρώστε τη δική σας, αν διαφωνείτε με όλες τις απαντήσεις των διαγωνιζόμενων! Καλή επιτυχία!!!!

1^ο ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Η γιαγιά σου έχει ένα κουτί σχήματος τετραγώνου και θέλει να τοποθετήσει μέσα τη ζύμη για την πίτα που σκοπεύει να φτιάξει. Κοιτάει την ποσότητα της ζύμης, κοιτάει και το σχήμα του κουτιού και λέει στον εαυτό της: «Μου φαίνεται ότι η ζύμη μου δεν θα χωρέσει στο κουτί μου, επειδή έχει σχήμα τετραγώνου. Ας το πιέσω από πάνω και από κάτω, να αλλάξει σχήμα και να γίνει ορθογώνιο παραλληλόγραμμο, ώστε η ζύμη μου να χωρέσει στο κουτί!» Έχει δίκιο η γιαγιά; Πιστεύεις ότι αν αλλάξει το σχήμα του κουτιού θα χωράει διαφορετική ποσότητα ζύμης; Εξήγησε την απάντησή σου!

1^η ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Εγώ πιστεύω ότι όταν το κουτί θα γίνει ορθογώνιο παραλληλόγραμμο, θα χωράει περισσότερη ζύμη, γιατί θα είναι πιο μεγάλο από πριν.

1^η ΑΠΑΝΤΗΣΗ

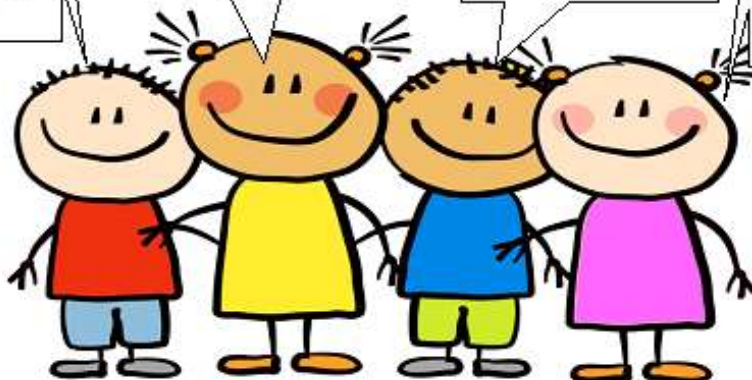
Εγώ πιστεύω ότι όταν έχει σχήμα τετραγώνου χωράει πιο πολύ ζύμη, γιατί είναι πιο ψηλό.

1^η ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Εγώ πιστεύω ότι η γιαγιά κάνει λάθος, γιατί είτε είναι τετράγωνο είτε είναι ορθοπαραλληλόγραμμο είναι το ίδιο κουτί άρα θα χωράει την ίδια ποσότητα ζύμης.

1^η ΑΠΑΝΤΗΣΗ

(η δική σου)



Η σελίδα έχει μείνει κενή

Τα αέρια της ατμόσφαιρας και το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Διδακτική προσέγγιση για παιδιά Γ' και Δ' τάξης δημοτικού σχολείου

Ηλίας Ζαφειριάδης
Χημικός (PhD), 3ο ΓΕΛ Σερρών
ilzaf@sch.gr

Σωτήριος Μανδηλιώτης
Γεωλόγος, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Σερρών
sotmandili@gmail.com

Περίληψη

Μια διδακτική προσέγγιση με εργαστηριακό προσανατολισμό για την ενότητα «Ρύπανση της ατμόσφαιρας» σε μαθητές της τρίτης και τετάρτης τάξης του δημοτικού προτείνεται στην παρούσα εργασία. Η διδασκαλία των αερίων συστατικών της ατμόσφαιρας και του φαινομένου του θερμοκηπίου επιτυγχάνεται με βιωματικό και συνεργατικό τρόπο με μια σειρά πειραμάτων επίδειξης και τη συμπλήρωση φύλλου εργασίας. Οι μαθητές αναδομούν εναλλακτικές ιδέες σχετικά με τη σύσταση της ατμόσφαιρας και το φαινόμενο του θερμοκηπίου ενώ παράλληλα διαμορφώνουν φιλικές προς το περιβάλλον στάσεις και αντιλήψεις.

Λέξεις κλειδιά: Διοξείδιο του άνθρακα, Φαινόμενο θερμοκηπίου, Ατμόσφαιρα, Ρύπανση, Οξυγόνο

Εισαγωγή

Σύμφωνα με το ισχύον αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος στο Δημοτικό σχολείο ο γενικός σκοπός του μαθήματος είναι οι μαθητές να αποκτήσουν γνώσεις, να αναπτύξουν δεξιότητες αλλά και να καλλιεργήσουν αξίες και στάσεις που θα τους καθιστούν ικανούς να παρατηρούν, να ερμηνεύουν και να προβλέπουν σε κάποιο βαθμό τη λειτουργία και τις σχέσεις αλληλεξάρτησης που αναπτύσσονται μεταξύ των παραγόντων του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος, βιοτικών και αβιοτικών (ΔΕΠΠΣ - ΑΠΣ ΦΕΚ 303Β/13-03-2003). Αποτέλεσμα των παραπάνω θεωρείται ότι θα είναι η συνειδητοποίηση εκ μέρους των μαθητών της αναγκαιότητας υιοθέτησης ενός βιώσιμου, άρα και αειφορικού μοντέλου ανάπτυξης των ανθρώπινων κοινωνιών.

Το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών δίνει έμφαση στο διαθεματικό χαρακτήρα του διδακτικού αντικείμενου, στη βιωματική προσέγγιση και στην καλλιέργεια κριτικής σκέψης στους μαθητές-ερευνητές. Στα σχολικά βιβλία του μαθήματος Μελέτη Περιβάλλοντος της Γ' δημοτικού (σελίδες 37, 38), αλλά κυρίως στο αντίστοιχο μάθημα της Δ' τάξης (ενότητα 3, σελ. 70- 73) προβλέπεται η διδασκαλία της ατμοσφαιρικής ρύπανσης άρα και των αερίων που συνθέτουν την ατμόσφαιρα.

Ειδικότερα, στη Γ' Δημοτικού οι μαθητές καλούνται να ανακαλύψουν την έννοια της ρύπανσης της ατμόσφαιρας στο αστικό περιβάλλον μέσω κατάλληλης εκπαιδευτικής δραστηριότητας και να διαμορφώσουν άποψη σχετικά με επιβαρυντικές καθημερινές δραστηριότητές τους (Κόκκοτας κ.ά, 2006). Στη Δ' τάξη παρουσιάζεται αναλυτικότερα η έννοια της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των πηγών ρύπανσης της ατμόσφαιρας. Οι μαθητές καλούνται να διατυπώσουν τη γνώμη τους σχετικά με τις πηγές ρύπανσης της ατμόσφαιρας και να καταγράψουν συγκεκριμένες ρυπογόνες δραστηριότητες (Κόκκοτας κ.ά, 2006β). Πέραν αυτών δεν υπάρχουν άλλες αναφορές για τα αέρια της ατμόσφαιρας στα συγκεκριμένα σχολικά εγχειρίδια.

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι ενώ οι μαθητές καλούνται να μελετήσουν τη ρύπανση της ατμόσφαιρας, ελάχιστα μαθαίνουν για τη σύσταση του ατμοσφαιρικού αέρα, γεγονός που ενδεχομένως οδηγεί στη δημιουργία παρανοήσεων και εναλλακτικών ιδεών σχετικών τόσο με τη σύσταση του αέρα και τις σχετικές αναλογίες των συστατικών του, όσο και με το μηχανισμό δημιουργίας και το ρόλο του φαινομένου του θερμοκηπίου στη βίωση.

Η παρούσα διδακτική προσέγγιση διαμορφώθηκε με βάση το μοντέλο της εποικοδομητικής μάθησης (Driver και Oldham, 1986) και ξεκινά ανιχνεύοντας προϋπάρχουσες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών σχετικά με την ατμόσφαιρα και τον τρόπο θέρμανσής της.

Στη συνέχεια προκαλείται εννοιολογική σύγκρουση προκειμένου αφενός να διαπιστωθεί από τους μαθητές η αδυναμία των εναλλακτικών ιδεών τους και αφετέρου να δημιουργηθεί το κατάλληλο εκπαιδευτικό κλίμα στην τάξη.

Τέλος μέσω μιας σειράς εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων που περιλαμβάνουν πειράματα επίδειξης από το διδάσκοντα, συνεργατική συμπλήρωση ερωτηματολογίου και καθοδηγούμενη ανακάλυψη εννοιών οι οποίες εμπλουτίζονται με πειράματα εντυπωσιασμού, επιχειρείται η κατάκτηση της νέας γνώσης από τους μαθητές. Επιτυγχάνεται έτσι ο κύριος σκοπός της εργαστηριακής διδακτικής προσέγγισης που περιλαμβάνει τόσο την καλλιέργεια στάσεων για τη ζωή όσο και την αναδόμηση προϋπαρχουσών ιδεών (Harlen και Elstgeest, 1995).

Περιγραφή του φύλλου εργασίας

Σκοπός

Να ευαισθητοποιηθούν οι μαθητές σχετικά με τα προβλήματα ρύπανσης της ατμόσφαιρας και να υιοθετήσουν θετική στάση αναφορικά με την ανάγκη προστασίας του περιβάλλοντος.

Στόχοι

Οι μαθητές πρέπει μετά το τέλος της διδακτικής ώρας να είναι σε θέση να:

- αναγνωρίζουν τη σημασία της ατμόσφαιρας στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του πλανήτη.
- αναφέρουν τα κυριότερα συστατικά της ατμόσφαιρας της γης.
- περιγράφουν κάποια/κάποιες από τις ιδιότητες κάθε συστατικού της ατμόσφαιρας.
- αναγνωρίζουν τη συσχέτιση της περιεκτικότητας της ατμόσφαιρας σε διοξείδιο του άνθρακα με τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας.

Οργάνωση τάξης

Προκειμένου να αναπτυχθεί η αυτενέργεια και η συνεργατικότητα μεταξύ των μαθητών καθώς και να διατυπωθεί κριτική αξιολόγηση των πειραμάτων, προτείνεται η οργάνωση της τάξης σε ομάδες των τριών ως πέντε μαθητών. Οι μαθητές θα συμπληρώνουν ατομικά φύλλα εργασίας αλλά θα μπορούν να συζητούν και να αξιολογούν τα πειράματα που θα πραγματοποιούνται, διαμορφώνοντας τα συμπεράσματά τους.

Δραστηριότητα 1η . Εισαγωγική δραστηριότητα- αφόρμηση (5min)

Η σημασία της ατμόσφαιρας για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας του πλανήτη

Με τη βοήθεια εικόνων και των παρακάτω ερωτήσεων γίνεται σύγκριση μεταξύ των θερμοκρασιακών συνθηκών της Γης και της Σελήνης. Σκοπός είναι οι μαθητές να συμπεράνουν το θερμορυθμιστικό ρόλο της ατμόσφαιρας.

Ερωτήσεις

Πως ζεσταίνεται ο πλανήτης μας;

Ποια είναι η μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια της γης; (Οι μαθητές απαντούν συμβουλευόμενοι εικόνα που προβάλλεται σε οθόνη ή εικόνα τυπωμένη στα φύλλα εργασίας τους).

Ποια είναι η μέση θερμοκρασία στη σελήνη; (Οι μαθητές απαντούν συμβουλευόμενοι εικόνα που προβάλλεται σε οθόνη ή εικόνα τυπωμένη στα φύλλα εργασίας τους).

Που οφείλονται άραγε οι διαφορές που παρατηρείτε;

Η σελήνη είναι πιο μακριά από τον ήλιο σε σχέση με τη γη. (Σ/Λ)

Η σελήνη δεν έχει ατμόσφαιρα ενώ η γη έχει. (Σ/Λ)

Ορίζεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τονίζεται ο ρόλος του CO₂. Παρουσιάζονται τα αέρια άζωτο και οξυγόνο.

Δραστηριότητα 2η. Ο αέρας περιέχει οξυγόνο και άζωτο. (5min)

Σε ποτήρι με λίγο νερό, τοποθετείται αναμμένο κερί, το οποίο σκεπάζεται αεροστεγώς από μακρόστενο δοχείο. Η καύση του οξυγόνου που εγκλωβίζεται προκαλεί ανύψωση της στάθμης του υγρού (Εικόνα 1). Οι μαθητές καλούνται να ερμηνεύσουν την άνοδο της στάθμης και οδηγούνται να

καταλήξουν στο συμπέρασμα ότι το νερό ανυψώνεται κυρίως για να αναπληρώσει τον όγκο του οξυγόνου που απομακρύνθηκε από τον αέρα λόγω της καύσης (Μανουσάκης, 1994, σελ 27).



Εικόνα 1. Η φλόγα σβήνει, η στάθμη του νερού μέσα στον κύλινδρο ανεβαίνει

Σκοπός της επίδειξης είναι οι μαθητές να συμπεράνουν ότι ο αέρας περιέχει σημαντική ποσότητα οξυγόνου. (Υπόδειξη: Το πείραμα αυτό να μη χρησιμοποιηθεί ως απόδειξη ότι το οξυγόνο είναι περίπου το 1/5 (20%) του ατμοσφαιρικού αέρα)

Οδηγίες εκτέλεσης Πειράματος

Υλικά

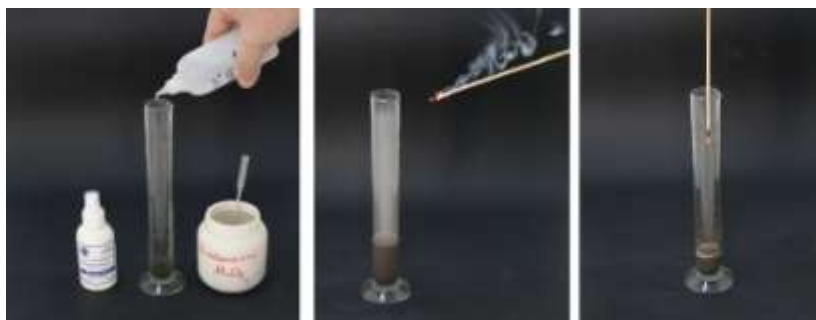
- Μικρό κερί
- Ογκομετρικός κύλινδρος ή ποτήρι μακρόστενο.
- Μεγαλύτερο δοχείο με ποσότητα νερού μέχρι ένα σημείο.
- Πλαστελίνη για στερέωση του κεριού.

Εκτέλεση

Αφού στερεώσουμε και ανάψουμε το κερί στο μεγάλο δοχείο που περιέχει και μέχρι ενός ύψους νερό, καλύπτουμε με τον ογκομετρικό κύλινδρο το κερί που καίει. Σε λίγο η φλόγα θα σβήσει και η στάθμη του νερού μέσα στον ογκομετρικό κύλινδρο θα ανέβει. Μπορούμε να χρωματίσουμε το νερό με χρώμα ζαχαροπλαστικής για εντυπωσιακότερο αποτέλεσμα.

Δραστηριότητα 3η. Το οξυγόνο βοηθά τις καύσεις. (5min)

Από τη διάσπαση ποσότητας υπεροξειδίου του υδρογόνου εκλύεται οξυγόνο (Εικόνα 2). Με τη βοήθεια μισοσβησμένης παρασχίδας (οδοντογλυφίδα ή ξυλάκι για σουβλάκια) οι μαθητές συμπεραίνουν ότι το οξυγόνο που παράγεται εντείνει την καύση (Μανουσάκης, σελ. 19).



Εικόνα 2. Με την παρουσία του οξυγόνου η καύση γίνεται εντονότερη

Οι μαθητές καθοδηγούνται ώστε να συσχετίσουν το σβήσιμο της φλόγας του κεριού στο προηγούμενο πείραμα με την ένταση της φωτιάς σε αυτό το πείραμα.

Οδηγίες εκτέλεσης Πειράματος

Υλικά

Υπεροξειδίου του υδρογόνου 3%, (οξυζενέ του εμπορίου).

Πυρολουσίτης (MnO_2).

Δοκιμαστικός σωλήνας

Φελλός για το δοκιμαστικό σωλήνα με προσαρμοσμένο λάστιχο απ' όπου θα εξέρχεται το παραγόμενο οξυγόνο.

Δοχείο με νερό όπου θα καταλήγει το οξυγόνο που παράγεται

Λαβίδα και στήριγμα για το δοκιμαστικό σωλήνα όπου θα γίνεται η διάσπαση του υπεροξειδίου.

Εκτέλεση

Σε δοκιμαστικό σωλήνα τοποθετούμε ποσότητα υπεροξειδίου του υδρογόνου (οξυζενέ H_2O_2 - 3%) περίπου 5 mL. Στη συνέχεια με μικρή σπάτουλα προσθέτουμε στον ίδιο δοκιμαστικό σωλήνα ποσότητα πυρολουσίτη (οξείδιο του μαγγανίου, MnO_2). Προκαλείται έτσι καταλυτική διάσπαση του υπεροξειδίου προς νερό και οξυγόνο. Βάζουμε το καπάκι και βυθίζουμε το ελεύθερο άκρο του λάστιχου στο νερό. Παρατηρούμε τις φυσαλίδες που περιέχουν το οξυγόνο που παράχθηκε από την αντίδραση. Βγάζουμε το φελλό από το δοκιμαστικό σωλήνα και πλησιάζοντας μισοσβησμένη παρασχίδα (οδοντογλυφίδα ή ξυλάκι για σουβλάκια) μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι η καύση γίνεται εντονότερη, (YouTube, 2012).

Δραστηριότητα 4η . Το οξυγόνο είναι εντυπωσιακό! (3min)

Διάσπαση υπεροξειδίου του υδρογόνου και απελευθέρωση οξυγόνου δημιουργεί την οδοντόπαστα του ελέφαντα! (Εικόνα 3). Ερμηνεύεται ο σχηματισμός φυσαλίδων και η ανύψωση της οδοντόπαστας.



Εικόνα 3. Η «οδοντόπαστα του ελέφαντα»

Οδηγίες εκτέλεσης Πειράματος

Υλικά

Διάλυμα υπεροξειδίου του υδρογόνου 30%

Στερεό ιωδιούχο κάλιο ή ξηρή μαγιά.

Υγρό πιάτων

Ογκομετρικός κύλινδρος 1L.

Σπάτουλα

Εκτέλεση

Σε μεγάλο ογκομετρικό κύλινδρο (πχ. 1 L) τοποθετούμε ποσότητα περίπου ίση με 100 mL υπεροξειδίου του υδρογόνου 30% v/v (προσοχή είναι οξειδωτικό και ερεθίζει το δέρμα). Στον ίδιο δοκιμαστικό προσθέτουμε μικρή ποσότητα υγρού καθαριστικού πιάτων και στη συνέχεια με μικρή σπάτουλα μικρή ποσότητα στερεού ιωδιούχου καλίου ή ξηρής μαγιάς. Το ιωδιούχο κάλιο ή η ξηρή μαγιά, προκαλούν διάσπαση του υπεροξειδίου, παραγωγή οξυγόνου το οποίο δημιουργεί πυκνό αφρό που ανυψώνεται μέσα στον ογκομετρικό κύλινδρο, (YouTube, 2012).

Δραστηριότητα 5η. Το διοξείδιο του άνθρακα σβήνει τις φωτιές. (10min)

Αντίδραση σόδας με ξύδι (οξύ) δημιουργεί διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο κατευθυνόμενο κατάλληλα μπορεί να σβήσει τη φλόγα ενός κεριού (Εικόνα 4).



Εικόνα 4. Αδειάζουμε το διοξείδιο του άνθρακα στο ποτήρι. Το κερί σβήνει.

Σε ποτήρι ζέσης τοποθετείται στερεή σόδα και αναμμένο κερί (Εικόνα 5). Με την προσθήκη οξέος παράγεται διοξείδιο του άνθρακα και αυτό καθώς είναι βαρύτερο από τον αέρα, σβήνει το κερί (Μητσιιάδης, 1994). Οι μαθητές καλούνται να αναγνωρίσουν το διοξείδιο του άνθρακα ως το αέριο που σβήνει τις φωτιές. Με τη βοήθεια κατάλληλης εικόνας στο φύλλο εργασίας, παρουσιάζεται ο ρόλος του διοξειδίου του άνθρακα στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.



Εικόνα 5. Το διοξείδιο του άνθρακα εκτοπίζει τον αέρα και σβήνει το κερί

Οδηγίες εκτέλεσης Πειράματος

Υλικά

- Σόδα φαγητού ή διττανθρακικό νάτριο (στερεό NaHCO_3).
- Εύδι εμπορίου (οξύ)
- Κερί
- Πλαστελίνη για στερέωση του κεριού
- Ποτήρι ζέσης

Εκτέλεση

Σε ποτήρι ζέσης τοποθετείται στερεή σόδα και αναμμένο κερί. Με την προσθήκη οξέος παράγεται διοξείδιο του άνθρακα και αυτό καθώς είναι βαρύτερο από τον αέρα, εκτοπίζει τον αέρα από το ποτήρι ζέσης και σβήνει το κερί, (YouTube, 2010, 2011).

Δραστηριότητα 6η. Το μπαλόνι που φουσκώνει μόνο του. (3min)

Επαναλαμβάνοντας την παραπάνω αντίδραση, φουσκώνουμε μπαλόνι με διοξείδιο του άνθρακα με μαγικό τρόπο (Εικόνα 6). Οι μαθητές καλούνται να ερμηνεύσουν το φαινόμενο.



Εικόνα 6. Το διοξείδιο του άνθρακα φουσκώνει το μπαλόνι

Οδηγίες εκτέλεσης Πειράματος

Υλικά

- Σόδα φαγητού ή διττανθρακικό νάτριο (στερεό NaHCO_3).

Ξύδι εμπορίου (οξύ)
Μπαλόνια
Μπουκάλι

Εκτέλεση

Σε μπαλόνι έχουμε τοποθετήσει από πριν ποσότητα περίπου 10 g σόδας (NaHCO_3). Σε μικρό μπουκάλι αναφυκτικού τοποθετούμε αρκετή ποσότητα διαλύματος οξέος (πχ. ξύδι) και ξεκινώντας τη δραστηριότητα προσαρμόζουμε το μπαλόνι στο στόμιο του μπουκαλιού. Γυρίζοντας το μπαλόνι προς τα πάνω η σόδα πέφτει στο μπουκάλι με το οξύ, παράγεται διοξείδιο του άνθρακα και το μπαλόνι φουσκώνει (Hann, 1995).

Δραστηριότητα 7η. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι βαρύτερο από τον αέρα. (5min)

Οι μαθητές φουσκώνουν μπαλόνια στο μέγεθος του μπαλονιού που γεμίσαμε με διοξείδιο του άνθρακα. Ζυγίζουμε τα μπαλόνια των μαθητών που είναι γεμάτα αέρα και συγκρίνουμε τη μάζα τους με το μπαλόνι που γεμίσαμε με διοξείδιο του άνθρακα. Συμπεραίνουμε ότι το διοξείδιο του άνθρακα είναι βαρύτερο από τον αέρα (Μανουσάκης, σελ 77).

Εναλλακτικά της 7^{ης} δραστηριότητας μπορούμε να πραγματοποιήσουμε τα εξής:

Σε ηλεκτρονική ζυγαριά ακρίβειας 0,1 g τοποθετούμε ένα άδειο δοχείο και σημειώνουμε την ένδειξη. Διοχετεύουμε διοξείδιο του άνθρακα στο δοχείο και παρατηρούμε τη μεταβολή της ένδειξης της ζυγαριάς (Εικόνα 7).



Εικόνα 7. Το διοξείδιο του άνθρακα εκτοπίζει τον αέρα

Η: σε ζυγαριά με βραχίονες κρεμάμε δυο άδεια δοχεία ώστε να υπάρχει ισορροπία. Διοχετεύουμε στο ένα διοξείδιο του άνθρακα. Παρατηρούμε ότι η ζυγαριά γέρνει προς το δοχείο που περιέχει το διοξείδιο του άνθρακα.

Οδηγίες εκτέλεσης Πειράματος

Υλικά

Εργαστηριακός ζυγός ή ζυγαριά με βραχίονες ή άδειο ποτήρι ζέσης.
Μπαλόνια
Σόδα φαγητού ή διττανθρακικό νάτριο (NaHCO_3)
Ξύδι εμπορίου (οξύ)

Εκτέλεση

Παράγουμε διοξείδιο του άνθρακα όπως περιγράφεται παραπάνω. Οι μαθητές συγκρίνουν τη μάζα του διοξειδίου του άνθρακα με την αντίστοιχη μάζα του αέρα που εκτοπίζεται.

Δραστηριότητα 8η. Ανακεφαλαίωση. (3min)

Με τη βοήθεια ανακεφαλαιωτικών ερωτήσεων στο τέλος του φύλλου εργασίας επιχειρείται η ανάπτυξη μεταγνωστικών δεξιοτήτων (White και Gunstone, 1989). Οι μαθητές συνοψίζουν τα βασικότερα σημεία της ενότητας και ελέγχεται ο βαθμός επίτευξης των διδακτικών στόχων.

Συμπεράσματα

Με δεδομένο το σημαντικό ρόλο των πειραμάτων στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών (Κόκκοτας 1998) σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε η παρούσα διδακτική προσέγγιση. Ο έντονα βιωματικός της χαρακτήρας μέσω της εκτέλεσης πειραμάτων εντυπωσιασμού μπορεί να προάγει το ενδιαφέρον των μαθητών για τα φυσικά φαινόμενα και να συμβάλλει στη διαμόρφωση θετικής στάσης απέναντι στην επιστήμη. Επιπλέον μέσω της συμπλήρωσης του φύλλου εργασίας επιχειρήθηκε η διαμόρφωση του νέου εννοιολογικού πλαισίου αναφορικά με τη φύση της ατμόσφαιρας και το ρόλο συγκεκριμένων αερίων στο πρόβλημα της παγκόσμιας υπερθέρμανσης. Παράλληλα επιδιώχθηκε και η εξοικείωση με την επιστημονική μεθοδολογία, σε συμφωνία με τους βασικούς στόχους της πειραματικής διδασκαλίας όπως έχουν ήδη διατυπωθεί (Hodson, 1993). Επιπλέον μέσω της συζήτησης που διεξάγεται κατά την ερμηνεία των πειραμάτων μπορεί να επιτευχθεί η διαμόρφωση θετικών για την προστασία του περιβάλλοντος στάσεων και συμπεριφορών από τους μαθητές.

Αναφορές

- Driver, R. & Oldham, V., (1986). A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science. *Studies in Science Education* 13 (1), 105-122.
- Hann, J. (1995). Ανακαλύπτω την επιστήμη. Αθήνα: Ερευνητές
- Harlen, W. & Elstgeest J. (1995). *Διδασκαλία και μάθηση των φυσικών επιστημών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση*. Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Hodson, D. (1993). *Re-thinking old ways towards a more critical approach to practical work in school science*. *Studies in Science Education*, 22, 85-142.
- White, R. T. & Gunstone, R. F., (1989). Metalearning and Conceptual Change. *International Journal of Science Education* 11, 577-586.
- Youtube (2010). Το CO₂ ως πυροσβεστικό αέριο. <https://www.youtube.com/watch?v=cea6DqvZjX0&list=UU8BtcLFLROUi8hNFrruMgbQ&index=12>. Ημερομηνία προσπέλασης: 7/1/2016.
- Youtube (2011). Πειράματα παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα. <https://www.youtube.com/watch?v=2ZVOuOhDZsE&list=UU8BtcLFLROUi8hNFrruMgbQ&index=2>. Ημερομηνία προσπέλασης: 7/1/2016.
- Youtube (2012). Πειράματα διάσπασης υπεροξειδίου του υδρογόνου. <https://www.youtube.com/watch?v=dZno6hrbk2A>. Ημερομηνία προσπέλασης: 7/1/2016.
- Κόκκοτας, Π. Αλεξόπουλος, Δ. Μαλαμίτσα, Αικ. Μαντάς, Γ. Παλαμαρά, Μ & Παναγιωτάκη, Π. (2006). *Μελέτη Περιβάλλοντος, Γ' Δημοτικού*. Πάτρα: ΙΤΥΕ-Διόφαντος.
- Κόκκοτας, Π. Αλεξόπουλος, Δ. Μαλαμίτσα, Αικ. Μαντάς, Γ. Παλαμαρά, Μ, Παναγιωτάκη, Π. & Πήλιουρας Π., (2006β). *Μελέτη Περιβάλλοντος, Δ' Δημοτικού*. Πάτρα: ΙΤΥΕ-Διόφαντος.
- Κόκκοτας, Π.(1998). *Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης*. Αθήνα: Ιδιωτική έκδοση
- Μανουσάκης, Γ, Γιούρη –Τσόχατζη, Α, (1994) *Σχολικά πειράματα Χημείας*. Θεσσαλονίκη: Εκδοτικός οίκος αδελφών Κυριακίδη
- Μανουσάκης, Γ. ISBN 978-960-8115-00-2. *Η Μαγεία της χημείας μέσα από πειράματα*. Θεσσαλονίκη: MLS πληροφορική.
- Μητσιάδης, Σ. (1994) *Οδηγός πειραμάτων Χημείας* Αθήνα: Εκδόσεις Σαββάλα

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Πρόταση διδασκαλίας του «Ηλεκτρομαγνήτη» στη Στ' τάξη: από τη θεωρητική τεκμηρίωση στην πρακτική εφαρμογή

Χρήστος Πράμας
Σχολικός Σύμβουλος Π.Ε. ν. Σερρών
cpramas@gmail.com

Περίληψη

Στα σχολεία της 2ης εκπαιδευτικής περιφέρειας Σερρών οργανώσαμε διδακτικές παρεμβάσεις στο κεφάλαιο "Ο ηλεκτρομαγνήτης" του μαθήματος "Φυσικά Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω" της Στ' τάξης. Οι διδασκαλίες αυτές κινούνται στο πνεύμα του Προγράμματος Σπουδών που αναπτύξαμε σε προηγούμενες εργασίες μας, το οποίο στοχεύει στην απόκτηση γνώσεων και στην καλλιέργεια ικανοτήτων (ικανότητες - κλειδιά) για την καθημερινή ζωή. Στην εργασία αυτή παρουσιάζουμε α) το σχέδιο διδασκαλίας των εν λόγω διδακτικών παρεμβάσεων, το οποίο αναπτύσσεται στις εξής φάσεις: i) Έναρξη και σχεδιασμός της έρευνας, ii) Εκτέλεση της έρευνας και καταγραφή των αποτελεσμάτων, iii) Ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων – Εξαγωγή συμπερασμάτων, iv) Επικοινωνία (ανακοίνωση των αποτελεσμάτων) β) σύντομα συμπεράσματα από την υλοποίησή του στα 13 Δημοτικά Σχολεία και από την πραγματοποίηση των παρεμβάσεων

Λέξεις κλειδιά: Ικανότητες- κλειδιά, καθημερινή ζωή

Εισαγωγή

Στα σχολεία της 2ης Εκπαιδευτικής Περιφέρειας Σερρών, το δίμηνο Δεκέμβριος 2012 - Ιανουάριος 2013, οργανώσαμε διδακτικές παρεμβάσεις στη θεματική ενότητα "Βρασμός" του μαθήματος "Φυσικά Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω" της Ε' τάξης (Αποστολάκης κ.ά., 2006, σ. 84-86). Οι διδασκαλίες αυτές κινούνταν στην κατεύθυνση της απόκτησης γνώσεων και της καλλιέργειας ικανοτήτων (ικανότητες κλειδιά) για την καθημερινή ζωή (Πράμας κ.ά., 2013).

Για να φτάσουμε στην πραγματοποίηση των εν λόγω διδακτικών παρεμβάσεων προηγήθηκε, σε προηγούμενες εργασίες μας, η ανάλυση σημερινών προγραμμάτων σπουδών Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) της υποχρεωτικής εκπαίδευσης από διαφορετικές χώρες (Φινλανδία, Αγγλία, Γαλλία, Γερμανία, Καναδάς, Αυστραλία κ.ά.), από τα οποία προκύπτει ότι εστιάζονται στην καλλιέργεια γνώσεων και ικανοτήτων για τη ζωή (Πράμας & Κουμαράς, 2008, Πράμας κ.ά., 2010). Σε συμφωνία με τα παραπάνω προγράμματα προτείναμε ένα πρόγραμμα σπουδών Φ.Ε. για την υποχρεωτική εκπαίδευση (Κουμαράς κ.ά, 2010) το οποίο, κινείται σε δύο άξονες:

A. στην απόκτηση γνώσεων και ανάπτυξη στάσεων και συμπεριφορών, που συμβάλλουν στην καλλιέργεια της ιδιότητας του πολίτη,

B. στην καλλιέργεια ικανοτήτων, που απαιτούνται στην κοινωνία του 21ου αιώνα ("ικανότητες - κλειδιά").

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζουμε δεδομένα που προέκυψαν από τις διδασκαλίες που αναπτύξαμε στα σχολεία της 2ης Εκπαιδευτικής Περιφέρειας Σερρών στο κεφάλαιο "Ο ηλεκτρομαγνήτης" του γνωστικού αντικείμενου "Φυσικά Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω" της Στ' τάξης (Αποστολάκης κ.ά., 2006), η οποία κινείται (και αυτή) στη φιλοσοφία της καλλιέργειας γνώσεων και ικανοτήτων για τη ζωή. Οι εν λόγω διδασκαλίες πραγματοποιήθηκαν το δίμηνο Φεβρουαρίου - Μαρτίου 2015.

Προετοιμασία της διδακτικής παρέμβασης

Προετοιμάζοντας τις διδασκαλίες, πραγματοποιήθηκε ενημερωτική συνάντηση με τους δασκάλους που θα συμμετείχαν στην έρευνα με σκοπό την ανταλλαγή απόψεων για το πώς θα μπορούσε να διδαχτεί το μάθημα "ο ηλεκτρομαγνήτης", της Στ' Τάξης, στη διάρκεια 2 διδακτικών ωρών. Ως στόχοι της διδακτικής παρέμβασης τέθηκαν οι εξής:

Οι μαθητές:

1. Να κατασκευάσουν (ή τουλάχιστον να παρακολουθήσουν πώς κατασκευάζεται) έναν ηλεκτρομαγνήτη και να διαπιστώσουν τις μαγνητικές του ιδιότητες.
2. Να ερευνήσουν από τι εξαρτάται η ισχύς του ηλεκτρομαγνήτη.
3. Να καλλιεργήσουν "ικανότητες - κλειδιά".

Για να επιχειρηθεί η ικανοποίηση αυτών των στόχων υιοθετήθηκε το φύλλο εργασίας που προτάθηκε από τον Κουμαρά (2014).

Προτάθηκαν δυο εναλλακτικές προσεγγίσεις του μαθήματος. Η πρώτη είναι να χωριστούν τα παιδιά σε μικρές ομάδες και να εφαρμόσουν το φύλλο εργασίας, ενώ σε ένα χώρο της τάξης υπάρχουν υλικά από τα οποία οι μαθητές προμηθεύονται αυτά που θεωρούν ότι τους χρειάζονται. Κάθε ομάδα βγάζει τα συμπεράσματά της τα οποία στη συνέχεια ανακοινώνει και ακούει τα συμπεράσματα των άλλων ομάδων, ελέγχοντας αν αυτά στηρίζονται σε δεδομένα. Τέλος, οι ομάδες καταλήγουν σε κοινά αποδεκτά συμπεράσματα.

Η δεύτερη προσέγγιση είναι να κατασκευάσει ο δάσκαλος τον ηλεκτρομαγνήτη και τα παιδιά, αφού πουν τι παρατηρούν και πώς έγινε αυτό, καλούνται να απαντήσουν στο τι μπορούμε να ψάξουμε στη συνέχεια. Αυτό μπορεί να γίνει με δυο τρόπους: είτε έχοντας τα παιδιά οργανωμένα σε μικρές ομάδες είτε όλη την τάξη ως μια μεγάλη ομάδα.

Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί θεώρησαν περισσότερο εφικτή τη δεύτερη προσέγγιση. Μετά από ανταλλαγή απόψεων αποφασίστηκε η εφαρμογή της δεύτερης προσέγγισης στην ακόλουθη μορφή. Τα παιδιά χωρισμένα σε μικρές ομάδες συζητούν αρχικά μεταξύ τους κάθε ερώτημα του φύλλου εργασίας. Απαντούν γραπτά και στη συνέχεια γίνεται μια μικρή συζήτηση σε ολόκληρη την τάξη την οποία διευθύνει ο δάσκαλος. Όταν από τη συζήτηση προκύπτει η ανάγκη εκτέλεσης πειράματος αυτό εκτελείται από το δάσκαλο (ή από έναν μαθητή), ενώ τα παιδιά παρατηρούν και κάθε ομάδα καταγράφει τα συμπεράσματά της. Στο τέλος του μαθήματος η κάθε ομάδα ανακοινώνει τα συμπεράσματά στην ολομέλεια.

Πιλοτική εφαρμογή του εκπαιδευτικού σεναρίου

Προκειμένου να εκτιμηθούν στην πράξη οι ενδεχόμενες δυσκολίες εφαρμογής του φύλλου εργασίας και των προτεινόμενων διδακτικών προσεγγίσεων, πραγματοποιήθηκε δειγματική διδασκαλία στην Στ' τάξη του Πειραματικού Δημοτικού Σχολείου Σερρών. Τη διδασκαλία παρακολούθησαν οι εκπαιδευτικοί της Στ' τάξης των υπόλοιπων δέκα σχολείων της Περιφέρειάς μας. Προκειμένου να μειώσουμε το άγχος των μαθητών από την παρουσία των δασκάλων-παρατηρητών, προσπαθήσαμε να καλλιεργήσουμε ευχάριστη και φιλική ατμόσφαιρα μέσα στην τάξη.

Ακολουθήθηκε η δεύτερη διδακτική προσέγγιση τα βήματα της οποίας παρουσιάζονται αναλυτικά ακολούθως.

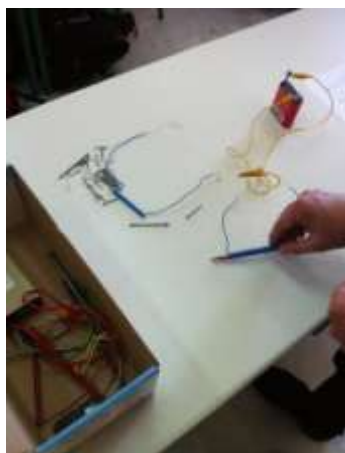
Έναρξη και σχεδιασμός της διερεύνησης

Προσδιορισμός του ερευνητικού ερωτήματος/προβλήματος

Ο δάσκαλος τυλίγει ένα μακρύ, μονωμένο με πλαστικό περίβλημα, καλώδιο σφιχτά γύρω από ένα μεγάλο καρφί. Αφήνει περίπου 20 cm καλώδιο ελεύθερο από τις δύο άκρες του καρφιού, ενώ αφαιρεί το πλαστικό από τις δυο αυτές άκρες του καλωδίου. Συνδέει το καλώδιο με στους πόλους της μπαταρίας και πλησιάζει το καρφί σε μικρά καρφάκια (Εικόνα 1).

Ζητάει από τα παιδιά της κάθε ομάδας χωριστά να απαντήσουν στο φύλλο εργασίας τι παρατηρούν και τι συμπεραίνουν. Επιθυμητή απάντηση: Τα μικρά καρφάκια έλκονται και κολλούν στο μεγάλο καρφί. Όταν το καρφί, με το τυλιγμένο καλώδιο γύρω του, διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, αποκτά μαγνητικές ιδιότητες.

Μετά από αυτό το αρχικό πείραμα οι μαθητές απαντούν γραπτά στο ερώτημα του φύλλου εργασίας: "Τι μπορούμε να ερευνήσουμε και πώς, σε σχέση με το πείραμα που κάναμε;" Στη συνέχεια ο δάσκαλος ζητάει από κάθε ομάδα να ανακοινώσει στην τάξη τι προτείνει η ομάδα τους να ερευνηθεί. Πιθανές απαντήσεις των παιδιών: «πώς μπορούμε να κάνουμε τον ηλεκτρομαγνήτη πιο "δυνατό"» ή «τι υλικά τραβάει».



Εικόνα 1. Ο ηλεκτρομαγνήτης σε λειτουργία

Υποθέσεις και προβλέψεις πάνω στο ερευνητικό ερώτημα. Επιλογή οργάνων και υλικών.

Προγραμματισμός των ενεργειών που πρέπει να γίνουν για να συλλέγουν τα απαιτούμενα στοιχεία

Ο δάσκαλος ζητάει από τα παιδιά να απαντήσουν στο ερώτημα: πώς μπορεί να γίνει ο ηλεκτρομαγνήτης «πιο ισχυρός» (να διατυπώσουν υποθέσεις). Τα παιδιά συζητάνε αρχικά στην ομάδα τους και απαντούν στο φύλλο εργασίας, ενώ στη συνέχεια η κάθε ομάδα ανακοινώνει στην τάξη τις υποθέσεις της. Επιθυμητές υποθέσεις: α) αν συνδέσω δυο μπαταρίες (στη σειρά), β) αν τυλίξω περισσότερο καλώδιο, γ) αν χρησιμοποιήσω μεγαλύτερο καρφί, και δ) αν χρησιμοποιήσω ως πυρήνα για τον ηλεκτρομαγνήτη άλλο υλικό.

Τα παιδιά καθοδηγούνται να απαντήσουν στο πώς θα ελέγξουν την πρώτη τους υπόθεση, π.χ. ότι ο ηλεκτρομαγνήτης θα γίνει πιο «δυνατός» αν συνδέσω δυο μπαταρίες (στη σειρά) αντί για μία. Ο δάσκαλος σχεδιάζει στον πίνακα της τάξης τον Πίνακα που υπάρχει στο φύλλο εργασίας και γίνεται συζήτηση στην ολομέλεια για το τι θα πρέπει να αλλάξουν, σε σχέση με το πείραμα που αυτός τους παρουσίασε πριν από λίγο, τι θα μείνουν ίδια και τι αναμένεται να παρατηρήσουν ώστε να επιβεβαιώσουν την υπόθεσή τους. Στον Πίνακα 1 αναγράφεται η επιθυμητή απάντηση των παιδιών.

Πίνακας 1. Καθορισμός μεταβλητών του προβλήματος

| Τι θα αλλάξει | Τι θα μείνουν τα ίδια | Τι θα παρατηρήσουμε |
|---|---|--|
| Ο αριθμός των μπαταριών (προσθέτω και δεύτερη μπαταρία) | Όλα τα άλλα (το μήκος καλωδίου που τυλίγεται γύρω από το καρφί και ο καρφί (ο πυρήνας). | Αν τραβάει, από την ίδια απόσταση, περισσότερα καρφάκια. |

Τα παιδιά συζητάνε στην ομάδα τους και απαντούν γραπτά στο φύλλο εργασίας, προτείνοντας ένα πείραμα που θεωρούν ότι πρέπει να γίνει για να ελεγχθεί η υπόθεσή τους. Στη συνέχεια κάθε ομάδα ανακοινώνει στην τάξη την πρότασή της.

Εκτέλεση της έρευνας και καταγραφή των αποτελεσμάτων

Εκτέλεση της έρευνας

Ο δάσκαλος ή ένας από τους μαθητές πραγματοποιεί το πείραμα.

Παρατήρηση - Καταγραφή

Οι μαθητές καθοδηγούνται να περιγράψουν τι παρατηρούν και σε ποιο συμπέρασμα καταλήγουν.

Ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων – Εξαγωγή και αξιολόγηση συμπερασμάτων

Ανάλυση των δεδομένων. Έλεγχος της επάρκειάς τους

Τα παιδιά συζητούν στην ομάδα τους, τις παρατηρήσεις τους και ελέγχουν την επάρκεια των δεδομένων που συνέλλεξαν (Τι παρατηρήσαμε; Αρκούν τα δεδομένα που καταγράψαμε για να απαντήσουμε στην ερώτηση που διερευνούμε;)

Εξαγωγή συμπερασμάτων

Συζητούν και συνάγουν συμπεράσματα.

Μεταγνωστικός έλεγχος

Συγκρίνουν τα συμπεράσματά τους με τις υποθέσεις τους. Αναστοχάζονται τις ενέργειες που έκαναν, προκειμένου να οδηγηθούν στην αποδοχή ή απόρριψη των υποθέσεών τους.

Συνεχίζουν με τον ίδιο τρόπο και ελέγχουν και τις υπόλοιπες υποθέσεις τους. Στο τέλος του ελέγχου όλων των υποθέσεων ο δάσκαλος ζητά από του μαθητές κάθε ομάδας να ανακοινώσουν στην ολομέλεια της τάξης τα δικά τους συμπεράσματα και να ακούσουν τα συμπεράσματα των άλλων.

Επικοινωνία (ανακοίνωση των αποτελεσμάτων τους – παρακολούθηση της ανακοίνωσης αποτελεσμάτων των άλλων)

Επικοινωνούν τα συμπεράσματά τους στην ολομέλεια της τάξης, χρησιμοποιώντας την κατάλληλη ορολογία.

Παρακολουθούν την ανακοίνωση των άλλων. Τεκμηριώνουν αν συμφωνούν ή διαφωνούν. Καταλήγουν σε οριστικά συμπεράσματα.

Συζήτηση - Αποτελέσματα

Μετά το τέλος της δειγματικής διδασκαλίας, οι εκπαιδευτικοί εκφράστηκαν θετικά και έδειξαν ενδιαφέρον για να αξιοποιήσουν το μοντέλο που προτάθηκε. Ωστόσο διαπίστωσαν κάποια προβλήματα:

α). τέθηκε εμφατικά το ζήτημα του διδακτικού χρόνου (απαιτείται τουλάχιστον ένα διδακτικό δίωρο), δεδομένου ότι για την ανάπτυξη των ικανοτήτων από όλους τους μαθητές χρειάζεται να δώσουμε τον απαραίτητο χρόνο και στον τελευταίο μαθητή, προκειμένου να δραστηριοποιηθούν όλοι και να εκφραστούν δημιουργικά μέσα στην τάξη και

β). από μερικούς εκπαιδευτικούς τέθηκε το ζήτημα της δυσκολίας των παιδιών να εκφραστούν γραπτά.

Στη συνέχεια οι δέκα εκπαιδευτικοί εφάρμοσαν το εκπαιδευτικό σενάριο στις τάξεις τους, κατά τη διδασκαλία της συγκεκριμένης ενότητας. Μετά το πέρας των διδασκαλιών, οι εκπαιδευτικοί, μέσω ερωτηματολογίου, επισήμαναν τα εξής:

1. Τέσσερις από τους δεκατρείς επέλεξαν να εκτελέσουν τα πειράματα τα ίδια τα παιδιά χωρισμένα σε ομάδες (οι υπόλοιποι εννιά επέλεξαν να κάνουν οι ίδιοι τα πειράματα), χωρίς να αναφέρουν, αυτοί οι τέσσερις, ότι αντιμετώπισαν ιδιαίτερες δυσκολίες όσον αφορά τη δημιουργία του υλικού και το χρόνο διεξαγωγής της διδασκαλίας, σε σχέση με αυτούς τους δασκάλους που πραγματοποίησαν οι ίδιοι τα πειράματα.

2. Δύο εκπαιδευτικοί ανέφεραν ότι αντιμετώπισαν δυσκολίες στη λειτουργία των ομάδων. Αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι στο πλαίσιο της ομάδας "κάποιοι μαθητές παραμερίζονται και κάποιοι επιβάλλουν την άποψή τους".

3. Όλοι συμφωνούν ότι απαιτείται τουλάχιστον ένα συνεχόμενο διδακτικό δίωρο, προκειμένου να εκφραστούν όλοι οι μαθητές γραπτός μέσα από το φύλλο εργασίας. Σημειώνουμε ότι η επισήμανση αυτή αφορά την υλοποίηση των πειραμάτων από τους εκπαιδευτικούς ως πειράματα επίδειξης. Εκτιμούμε ότι αν υλοποιούνται τα πειράματα από τα ίδια τα παιδιά, όπως η πρώτη από τις επιλογές που παρουσιάσαμε, χρειάζεται πολλαπλάσιος χρόνος, μολονότι δεν επισημάνθηκε από τους τέσσερις συναδέλφους που επέλεξαν να εκτελέσουν τα πειράματα τα ίδια τα παιδιά.

4. Όλοι επισήμαναν με έμφαση ότι το φύλλο εργασίας δυσκολεύει τα παιδιά, επειδή καλούνται να εκφραστούν γραπτά σε όλα τα ερωτήματα. Η πρόταση των εκπαιδευτικών είναι τα ερωτήματα να προσεγγίζονται προφορικά ώστε να διευκολύνονται τα παιδιά από το δάσκαλο με επιπλέον διευκρινήσεις και λεκτικά βοηθήματα, χωρίς την δυσκολία της παραγωγής γραπτού κειμένου. Πιθανά αν υπήρχε μια σειρά τέτοιων μαθημάτων θα μπορούσε: i) στα πρώτα μαθήματα να δουλεύει όλη η τάξη ως μια ομάδα, με το δάσκαλο να εκφωνεί τις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας στα παιδιά και

αυτά να απαντούν προφορικά, να γίνεται δηλ. συζήτηση με όλη την τάξη ως μια ομάδα, διευκολύνοντας έτσι τα παιδιά. ii) σε επόμενα μαθήματα να ακολουθηθεί το μοντέλο που περιγράφηκε σε αυτή την εργασία, και iii) αφού τα παιδιά έχουν εκπαιδευτεί, να δουλεύουν μόνα τους σε μικρές ομάδες, κάνοντας τα ίδια τα πειράματα, και μόνο το στάδιο Δ (ανακοίνωση των αποτελεσμάτων τους – παρακολούθηση της ανακοίνωσης αποτελεσμάτων των άλλων) να γίνεται μετωπικά σε όλη την τάξη.

5. Σχεδόν όλοι συμφωνούν ότι οι μαθητές δυσκολεύτηκαν στην διατύπωση υποθέσεων για το ερευνητικό ερώτημα. Επιπλέον, υπήρξαν δυσκολίες στη διατύπωση του συμπεράσματος, μολονότι υπενθύμιζαν διαρκώς στα παιδιά ότι η διατύπωση του συμπεράσματος απαντάει στο ερευνητικό ερώτημα.

6. Παρά τις επιμέρους δυσκολίες θεωρούν ότι ένα τέτοιο μοντέλο διδασκαλίας μπορεί να εφαρμοστεί και μπορεί να έχει θετικά αποτελέσματα.

Συμπερασματικά, αξίζει να αναφερθεί ότι τα παιδιά ανταποκρίθηκαν δημιουργικά στα ερωτήματα του φύλλου εργασίας. Εξέφρασαν πρωτότυπες ιδέες, π.χ. στην ερώτηση "πώς μπορούμε να αυξήσουμε τη δύναμη του ηλεκτρομαγνήτη", πρότειναν, πέραν των άλλων, να τυλίξουμε πιο χοντρό καλώδιο. Επιπλέον η συμμετοχή των παιδιών ήταν καθολική, ακόμα και αυτών με μαθησιακές δυσκολίες, κυρίως στη διαδικασία εκτέλεσης των πειραμάτων όταν τους ζητούνταν να εκφραστούν προφορικά. Αναφέρουμε χαρακτηριστικά ότι μαθητής με επιλεκτική αλαλία έδειξε πρωτόγνωρο ενδιαφέρον και συμμετοχή στο μάθημα.

Η δειγματική διδασκαλία στο Πειραματικό Δημοτικό Σχολείο Σερρών βιντεοσκοπήθηκε και αναρτήθηκε στην ιστοσελίδα <http://peirserron.gr/>.

Ευχαριστίες

Στην εργασία αυτή συνέβαλλαν οι παρακάτω εκπαιδευτικοί:

Βλαχοπούλου Αναστασία, Δασκάλα Δημ. Σχ. Λευκώνα Σερρών, Βυζάντης Ιωάννης, Δάσκαλος 11ου Δ. Σχ. Σερρών, Γεωργιάδης Στράτος, Δάσκαλος 12ου Δημ. Σχ. Σερρών, Γιαννογλούδη Ελένη, Δασκάλα 18ου Δημ. Σχ. Σερρών, Γιαξής Σταύρος, Δάσκαλος 13ου Δημ. Σχ. Σερρών, Γρατζάκης Σωτήρης, Δάσκαλος 12ου Δημ. Σχ. Σερρών, Καφετζής Δημήτρης, Δάσκαλος 21ου Δημ. Σχ. Σερρών, Σαββόπουλος Κων/νος, Δάσκαλος 13ου Δημ. Σχ. Σερρών, Σέγκος Ηλίας, Δάσκαλος Δημ. Σχ. Καλών Δένδρων Σερρών, Σουργουτζίδου Όλγα, Δασκάλα Πειραματικού Δημ. Σχ. Σερρών, Στρίγκα Χρύσα, Δασκάλα 15ου Δημ. Σχ. Σερρών, Τσεσμετζή Σοφία, Δασκάλα 15ου Δημ. Σχ. Σερρών, Χρυσάφη Μαρία Δασκάλα, Δημ. Σχ. Νέου Σκοπού Σερρών.

Αναφορές

Αποστολάκης, Ε., Παναγοπούλου Ε., Σάββας, Σ., Τσαγλιώτης Ν., Πανταζής, Γ., Σωτηρίου Σ., Τόλιας Β., Τσαγκογέωργα Α., Καλκάνης Γ. (2006). *Φυσικά δημοτικού ερευνώ και ανακαλύπτω. Στ' τάξη. Τετράδιο εργασιών*. Αθήνα: Οργανισμός εκδόσεων διδακτικών βιβλίων.

Κουμαράς, Π. (2014). *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες με στόχο την καλλιέργεια γνώσεων και ικανοτήτων για τη ζωή*. Πανεπιστημιακές σημειώσεις. Θεσσαλονίκη.

Κουμαράς, Π., Πράμας, Χ., Σταμπούλη, Μ. (2010). *Προγράμματα σπουδών φυσικών επιστημών στην κατεύθυνση γνώσεις και ικανότητες για τη ζωή. Τόμος Ι: Πρωτοβάθμια εκπαίδευση*. Θεσσαλονίκη: εκδόσεις Επίκεντρο.

Κουμαράς, Π., Πράμας, Χ., Χαραλάμπους Μ. (2010). Μοντέλο διδασκαλίας φυσικών επιστημών, για την υποχρεωτική εκπαίδευση, στην κατεύθυνση της ανάπτυξης γνώσεων και ικανοτήτων. *13ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Ένωσης Ελλήνων Φυσικών. Φυσική και άνθρωπος. "Ερευνητικά αποτελέσματα και τεχνολογίες για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής"*, 17-21. Πάτρα.

Πράμας, Χ., Γιαννογλούδη, Ε., Δασκάλου, Γ., Καϊσέρογλου, Ε., Κρουστάλη, Α., Λατίνης, Α., Μόρφης, Α., Μπάγκος, Ε., Σαμαρτζά, Χ., Σταμπούλης, Σ., Τσαούσης, Π., Τσεσμετζή, Σ., Τσιαούσης, Σ., Χαβαλές, Δ., Χατζόγλου, Μ. (2013). Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες στην κατεύθυνση της καλλιέργειας γνώσεων και ικανοτήτων για τη ζωή: Διδακτικές παρεμβάσεις στην ενότητα της "θερμότητας" στην Ε' τάξη. *Πρακτικά 1^{ου} πανελληνίου συνεδρίου "Ποια Φυσική έχει νόημα να διδάσκονται τα παιδιά μας σήμερα;"*, 65-73. Θεσσαλονίκη

Πράμας, Χ., Κουμαράς, Π. (2008). Προγράμματα σπουδών φυσικών επιστημών υποχρεωτικής εκπαίδευσης στην κατεύθυνση της ανάπτυξης γνώσεων και ικανοτήτων για τη ζωή. *Πρακτικά 4ου συνεδρίου ΕΔΙΦΕ*, 58-64. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Χριστοδουλίδη.

Πράμας, Χ., Σταμπούλη, Μ., Κουμαράς, Π. (2010). Πρόγραμμα σπουδών στην κατεύθυνση του γραμματισμού στις φυσικές επιστήμες για την υποχρεωτική εκπαίδευση. *13ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Ένωσης Ελλήνων Φυσικών. Φυσική και άνθρωπος. "Ερευνητικά αποτελέσματα και τεχνολογίες για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής"*, 45-51. Πάτρα.

Προτάσεις διδασκαλίας για την ενότητα «Ενέργεια» της Ε΄ Τάξης Δημοτικού για τυφλούς μαθητές σε περιβάλλον συνεκπαίδευσης βλεπόντων

Αριάδνη Τακουρίδου

Δασκάλα

ariadne.takouridou@yahoo.gr

Κωνσταντίνος Κώτσης

Καθηγητής Π.Τ.Δ.Ε Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

k.kotsis@uoi.gr

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία τονίζονται οι προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι μαθητές με προβλήματα όρασης στην εκπαίδευση τους και ιδιαίτερα στο γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής, στο οποίο καλούνται να εμπλακούν σε πειραματικές διαδικασίες και να αποκτήσουν μια άμεση σύνδεση και κατανόηση με τον φυσικό κόσμο χωρίς να αξιοποιήσουν την αίσθηση της όρασης. Γι αυτό, προτείνονται κατάλληλα πειράματα για τις έννοιες της ενέργειας, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις ιδιαιτερότητες των μαθητών με σοβαρά προβλήματα όρασης, στα οποία δίδεται έμφαση στην αξιοποίηση όλων αισθήσεων πλην της όρασης, ως αποτέλεσμα να καθίσταται εφικτή η συμμετοχή των μαθητών με προβλήματα όρασης στα πειράματα του σχολικού εγχειριδίου της Ε΄ Τάξης Δημοτικού.

Λέξεις-κλειδιά: πειράματα, ενέργεια, συμμετοχή.

Εισαγωγή

Η σημασία της αίσθησης της όρασης για την εκπαίδευση και την ομαλή νοητική ανάπτυξη είναι προφανής, δεδομένου ότι η μάθηση πραγματοποιείται κυρίως μέσω της οπτικής οδού. Η τυφλότητα περιορίζει τις εμπειρίες του παιδιού, αφού ένας μεγάλος αριθμός γνώσεων αποκτάται με την όραση. Έτσι, έχει παρατηρηθεί (Δελλασούδας, 2005) ότι οι τυφλοί μαθητές παρουσιάζουν καθυστέρηση στην αντίληψη και την κατανόηση ομοιοτήτων, ενώ οι μερικώς βλέποντες υστερούν ως προς την οπτική μνήμη και τον οπτικό συσχετισμό. Τα τυφλά παιδιά διαθέτουν νοερές εικόνες (νοερή εικονική αναπαράσταση) και μπορούν να τις χρησιμοποιούν προκειμένου να θυμηθούν λεκτικό υλικό. Έχουν όμως περιορισμένη ικανότητα στο χειρισμό πολλαπλών νοερών εικόνων ταυτοχρόνως. Η εκπαίδευση των παιδιών με προβλήματα όρασης πραγματοποιείται σε Σχολικές Μονάδες Ειδικής Αγωγής (Σ.Μ.Ε.Α) ή σε κοινό σχολείο, ανάλογα με το μέγεθος της οπτικής οξύτητας. Σε Σχολικές Μονάδες Ειδικής Αγωγής (Σ.Μ.Ε.Α) φοιτούν μόνο τα τυφλά παιδιά Α/βάθμιας εκπαίδευσης. Συνεπώς, η μεγαλύτερη πρόκληση που καλείται να αντιμετωπίσει το τυφλό παιδί στο κοινό για όλους εκπαιδευτικό περιβάλλον, είναι ο εντυπωσιακός όγκος οπτικού υλικού, στον οποίο εκτίθεται συνεχώς: αναγνωστικά βιβλία, ωρολόγια προγράμματα, πίνακες στους οποίους χρησιμοποιείται η κιμωλία. Επιπλέον, το πλήθος των χρησιμοποιούμενων πληροφοριών από εικόνες και ταινίες, ηλεκτρονικούς υπολογιστές και τηλεόραση διευρύνουν τον κατάλογο του οπτικού υλικού, στον οποίο τα τυφλά και μερικώς βλέποντα άτομα έχουν περιορισμένη πρόσβαση (Δελλασούδας, 2005).

Συνήθως τα παιδιά με προβλήματα όρασης αναπτύσσουν δικές τους στρατηγικές και τεχνικές για να αντιμετωπίσουν τις συνθήκες της καθημερινότητάς τους (Χιουρέα, 1998). Επομένως είναι σημαντικό κάθε μαθητής να συμμετέχει ενεργά και στην επιλογή των στρατηγικών διδασκαλίας που ταιριάζουν στην περίπτωσή του (Λαμπροπούλου, 2004). Στην εκπαίδευση των τυφλών παιδιών επειδή συχνά συμβαίνει ένα παιδί με προβλήματα όρασης να μην έχει την ευκαιρία να συλλέξει πληροφορίες σχετικές με το περιβάλλον στο οποίο ζει, κάτι που για τα βλέποντα παιδιά θεωρείται δεδομένο: α) δεν πρέπει να θεωρείται τίποτα δεδομένο, β) να εξηγούνται τα πάντα προκειμένου να βοηθηθούν τα παιδιά να σχηματίσουν ή να κατανοήσουν νέες έννοιες, γ) οι νέες έννοιες να εισάγονται με διαφορετικό τρόπο, πιο πρακτικό. Στο πλαίσιο της παραπάνω λογικής θα πρέπει να είναι δομημένο και ένα μάθημα φυσικών επιστημών. Ιδιαίτερα το γνωστικό αντικείμενο της φυσικής στο οποίο

εξέχουσα και βαρύνουσα θέση κατέχει το πείραμα (Κατσάνη, 2005), απαιτούνται οι κατάλληλες τροποποιήσεις λαμβάνοντας υπ' όψιν την έλλειψη όρασης των τυφλών παιδιών, ώστε να επιτυγχάνεται η εμπλοκή και η συμμετοχή των τυφλών μαθητών σε πειράματα μέσω της αξιοποίησης των υπολοίπων αισθήσεων.

Η διδασκαλία της φυσικής για τους τυφλούς μαθητές

Υπό συνθήκες ομαλής ανάπτυξης τα παιδιά προσαρμόζονται γνωστικά στην κατανόηση των συνθηκών του φυσικού περιβάλλοντος. Αν η κατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος άλλαζε από τη μια στιγμή στην άλλη, τότε δεν θα υπήρχε καμία κανονικότητα στο πέρασμα του χρόνου, κάτι που φυσικά δεν συμβαίνει. Αν ένα παιδί όμως δεν κατανοούσε, σε κάποιο επίπεδο, τις νόρμες του φυσικού περιβάλλοντος, οι γνωστικές απαιτήσεις της προσαρμογής του θα ήταν ανυπολόγιστα πιο μεγάλες. Η κατανόηση των βασικών χαρακτηριστικών του φυσικού περιβάλλοντος απαλλάσσει το παιδί από την αναγκαιότητα της συνεχούς ενασχόλησης με την εκάστοτε κατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος (Feldman, 2011). Οι ιδιότητες του φυσικού περιβάλλοντος είναι οι παρακάτω:

- Η μονιμότητα του αντικείμενου: η κατανόηση ότι τα αντικείμενα διατηρούν την ύπαρξη και την ταυτότητά τους ακόμα και όταν δεν διεγείρουν τις αισθήσεις.
- Οι ιδιότητες της ύλης: η κατανόηση ότι οι ιδιότητες όπως η μάζα, ο αριθμός και ο όγκος διατηρούνται παρά τις όποιες αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο τις αντιλαμβάνεται το παιδί.
- Η αιτιότητα: η κατανόηση αιτίου και αιτιατού, η κατανόηση ότι μια δεδομένη πράξη έχει οπωσδήποτε μια συνέπεια.
- Ο χρόνος: η κατανόηση της διάταξης των γεγονότων στο χρόνο, η κατανόηση των σταθερών χρονικών περιόδων, όπως οι μέρες και οι εβδομάδες και η κατανόηση των εννοιών του παρόντος, του παρελθόντος και του μέλλοντος.
- Η χωρική δομή: η κατανόηση του χώρου και της δομής του, της κατάληψης του χώρου από αντικείμενα και οι σχέσεις των αντικειμένων μέσα στο χώρο.

Οι διαδικασίες της εξοικείωσης με αυτούς του θεμελιώδεις τομείς κατανόησης συνεχίζονται καθ' όλη τη διάρκεια της παιδικής ηλικίας, αλλά οι βάσεις τους τίθενται από τη νηπιακή ηλικία. Διάφοροι θεωρητικοί έχουν αναφερθεί ποικιλοτρόπως σε αυτά τα ζητήματα, από τη θεωρία του William James το 2001 ότι ο κόσμος του νεογνού είναι «μια ακμάζουσα, θορυβώδης σύγχυση», μέχρι την άποψη του Piaget (1990) ότι το νήπιο είναι ένας επιστήμονας σε μικρογραφία. Όποια και να είναι η θεωρητική βάση, μπορούμε να πούμε με ασφάλεια ότι το νεογνό δεν διαθέτει καμία κατανόηση των νόμων που διέπουν το φυσικό περιβάλλον και ότι ένα δίχρονο παιδί έχει αποκτήσει αξιοπρόσεκτο βαθμό κατανόησης.

Η κατανόηση στην παιδική ηλικία και στην ενήλικη ζωή μπορεί να προκύπτει από την επικοινωνία με άλλους ανθρώπους, ενώ στη νηπιακή ηλικία η πλειοψηφία των πληροφοριών για την κατανόηση του φυσικού περιβάλλοντος αποκτάται απευθείας μέσω των αισθήσεων. Κατά συνέπεια, οι αντιληπτικές ικανότητες αποτελούν θεμελιώδη προϋπόθεση για την κατανόηση του φυσικού περιβάλλοντος. Οι κύριες αισθήσεις εκτός της όρασης, η ακοή και η αφή, λειτουργούν πλήρως σε νήπια με προβλήματα όρασης. Έτσι, τα νήπια με προβλήματα όρασης λαμβάνουν πληροφορίες για το φυσικό περιβάλλον χάρη στην ακοή και την αφή (Warren, 2004).

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι οι τυφλοί μαθητές αντιμετωπίζουν σημαντικό περιορισμό στην εξοικείωση και αντίληψη των βασικών χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος, έτσι ως συνέπεια αυτού αναδεικνύεται η σπουδαία συνεισφορά ενός μαθήματος φυσικής στην κατανόηση αυτών των θεμελιωδών χαρακτηριστικών που διέπουν τη κανονικότητα του φυσικού περιβάλλοντος. Το πείραμα διαδραματίζει το κυρίαρχο ρόλο σε ένα διδακτικό αντικείμενο όπως αυτό της φυσικής καθώς συνδέει σε πρακτικό επίπεδο το μαθητή με τον πραγματικό κόσμο Harlen (2005).

Σύμφωνα με τους σκοπούς που υπηρετεί το πείραμα, είναι απαραίτητο στις τάξεις του Δημοτικού Σχολείου για τη διδασκαλία της φυσικής. Εκτός από τη βοήθεια που δίνει για την κατανόηση της θεωρίας, συμβάλλει και στην ανάπτυξη τεχνικών δεξιοτήτων που είναι απαραίτητες στους μαθητές, όπως η σωστή χρησιμοποίηση συσκευών, η κατανόηση και εκτέλεση οδηγιών και τέλος οι δεξιότητες των χεριών. Είναι εντυπωσιακή η μεγάλη ικανότητα την οποία αποκτούν τα τυφλά παιδιά να εκτιμούν

τις διαστάσεις αντικειμένων, αφού καθημερινά χρησιμοποιούν τη διαδικασία μέτρησης, η οποία αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό του πειράματος (Κώτσης και Ανδρέου, 2005).

Εκτελώντας πειράματα ο μαθητής πρέπει να εργαστεί, να κάνει υποθέσεις, να επιλέξει τα κατάλληλα μέσα που χρειάζεται, να παρατηρήσει προσεκτικά και να καταλήξει σε συμπεράσματα τα οποία θα πρέπει και να επαληθεύσει. Με αυτόν τον τρόπο το πείραμα διεγείρει και διατηρεί το ενδιαφέρον του μαθητή και τέλος του προκαλεί την ευχαρίστηση (Κώτσης, 2005) που νιώθει ο δημιουργικά εργαζόμενος.

Προσαρμοσμένες δραστηριότητες για την ενότητα «ενέργεια» για τυφλούς μαθητές

Το αναλυτικό πρόγραμμα ορίζει ότι η διδασκαλία του κεφαλαίου που αφορά την ενέργεια θα έχει διάρκεια επτά διδακτικές ώρες (βιβλίο δασκάλου, «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, Αποστολάκης κ.ά., 2008).

Ο γενικότερος σκοπός του είναι να αποκτήσουν οι μαθητές βασικές γνώσεις για την ενέργεια, τις πηγές της, για τις διάφορες μορφές της καθώς και για τις μετατροπές της.

Οι ειδικότεροι στόχοι του κεφαλαίου είναι οι εξής:

- Να αναφέρουν οι μαθητές ότι η ενέργεια μπορεί να έχει διάφορες μορφές.
- Να εξηγήσουν οι μαθητές πως η ενέργεια μπορεί να αποθηκεύεται και να αναφέρουν διάφορες πηγές.
- Να εξηγήσουν οι μαθητές ότι η ενέργεια μπορεί να μετατρέπεται από μια μορφή σε άλλη.
- Να αναφέρουν οι μαθητές πως πολλές φορές προκαλούμε εμείς οι ίδιοι τη μετατροπή ενέργειας στη μορφή, που μας είναι κάθε φορά χρήσιμη.
- Να εξηγήσουν οι μαθητές πως σε όλες τις ενεργειακές μετατροπές ένα μέρος της ενέργειας μετατρέπεται σε θερμότητα, την οποία δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε.
- Να αναφέρουν οι μαθητές ότι ο ανθρώπινος οργανισμός είναι ένας μετατροπέας ενέργειας.
- Να διαπιστώσουν οι μαθητές ότι το ενεργειακό περιεχόμενο των τροφών που καταναλώνει κάθε άνθρωπος πρέπει να είναι αντίστοιχο της ενέργειας που απαιτείται για τις δραστηριότητες του.

Η πρώτη εισαγωγική δραστηριότητα με την οποία καλούνται οι μαθητές να έλθουν σε επαφή, στοχεύει οι μαθητές να αντιληφθούν ή να προβληματιστούν σχετικά με τις διάφορες μορφές που παίρνει η ενέργεια. Η παραπάνω δραστηριότητα υλοποιείται με την προβολή μιας εικόνας. Όπως είναι εύλογο, ένας τυφλός ή μερικώς βλέπων μαθητής αποκλείεται άμεσα από αυτή τη δραστηριότητα.

Παραλλαγή δραστηριότητας

Σε αυτή τη φάση, τα παιδιά εμπλέκονται με δραστηριότητες αλληλεπίδρασης με αντικείμενα. Για παράδειγμα, προκειμένου, να αντιληφθούν οι μαθητές ή να πάρουν μια ιδέα περί κινητικής ενέργειας, παρέχεται ο κατάλληλος χρόνος να παίξουν με ένα μπαλάκι, να το πετάξουν και να παρακολουθήσουν την κίνησή του (απτικά). Στη συνέχεια, τοποθετούνται μπαταρίες σε συσκευές που απαιτούν τη χρήση τους. Ακόμη, ζητείται από τους μαθητές να ακουμπήσουν ένα λαμπτήρα όσο είναι αναμμένος και πριν τον θέσουμε σε λειτουργία.

Στη συνέχεια οι μαθητές εισάγονται στην έννοια της ενέργειας με κατάλληλα ερωτήματα και αναμένοντας απαντήσεις που θα τροφοδοτήσουν νέα ερωτήματα. Για παράδειγμα: «σε τι μας χρησιμεύει η τροφή;», «τα ξύλα που χρησιμοποιούμε στη σόμπα ή το τζάκι και το πετρέλαιο για τα καλοριφέρ, γιατί μας είναι χρήσιμα; και τι κοινό έχουν;», «όταν πλησιάζουμε τη φωτιά ή τον αναμμένο φούρνο στο σπίτι, τι νιώθουμε και γιατί;» για την δυναμική ενέργεια οι μαθητές έρχονται σε επαφή με ένα κουρδιστό ξυπνητήρι, βοηθούνται να το κουρδίσουν και τους θέτονται τα κατάλληλα ερωτήματα για τη μορφή που έχει η ενέργεια σε αυτή τη περίπτωση. Ακόμη, ζητείται από τους μαθητές να τοποθετήσουν διάφορα αντικείμενα από το έδαφος πάνω στο θρανίο και στη συνέχεια ερωτώνται να πουν πάλι για τη μορφή της ενέργειας που έχουν τα αντικείμενα. Προκειμένου να αντιληφθούν την «ύπαρξη» ενέργειας (δυναμική) ακόμη και σε αυτή τη περίπτωση της ακινησίας, σπρώχνεται κάποιο από τα αντικείμενα, ώστε να βρεθεί στο έδαφος. Έπειτα, ο εκπαιδευτικός ρωτά τους μαθητές τι μορφή ενέργειας είχε το αντικείμενο κατά την κίνησή του προς το πάτωμα. Παράλληλα, οι μαθητές εισάγονται και στην αρχή διατήρησης της ενέργειας, και τους εξηγείται πως είναι αδύνατον να δημιουργηθεί ενέργεια από το πουθενά και πως η κινητική ενέργεια που είχε το σώμα κατά την πτώση ήταν αποθηκευμένη σε κάποια άλλη μορφή, τη δυναμική ενέργεια. Τα σώματα έχουν δυναμική ενέργεια λόγω της θέσης τους.

Η ενέργεια αποθηκεύεται

Σε αυτήν την υποενότητα προτείνονται κάποιες δραστηριότητες (τετράδιο εργασιών, «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, Αποστολάκης, 2008), μέσω της επίδειξης εικόνων, οι οποίες στοχεύουν στην κατανόηση από τη μεριά του μαθητή ότι η ενέργεια «αποθηκεύεται» και ότι υπάρχουν διάφορες αποθήκες ενέργειας ανάλογα με τη μορφή της ενέργειας που αποθηκεύεται.

Βέβαια, όπως είναι αντιληπτό, ο τυφλός μαθητής δεν μπορεί να συμμετέχει σε αυτού του είδους δραστηριότητες. Έτσι, και σε αυτή τη περίπτωση ενεργοποιείται τη συμμετοχή του μέσω διαλόγου και ερωταποκρίσεων. Για να διαπιστωθεί πρακτικά, οι μαθητές έρχονται σε επαφή με μπαταρίες και ρωτώνται τι μορφή ενέργειας έχουν αποθηκευμένη. Η απάντηση είναι χημική. Υπενθυμίζεται στους μαθητές το προηγούμενο παράδειγμα με το αντικείμενο που βρίσκεται σε κάποιο ύψος. Σε ποια μορφή είναι αποθηκευμένη η ενέργεια; Τέλος, οι μαθητές παροτρύνονται να αναφέρουν παραδείγματα στα οποία συναντούν αποθηκευμένη ενέργεια, π.χ. στο πετρέλαιο και τα ξύλα συναντούμε αποθηκευμένη χημική ενέργεια. Στη συνέχεια οι μαθητές ρωτώνται πως μπορούν να αξιοποιήσουν αυτή την ενέργεια και από τα παραδείγματα που θα πουν, ρωτώνται σε τι μορφή μετατρέπεται.

Η ενέργεια αλλάζει συνεχώς μορφή

Σε αυτή την υποενότητα οι μαθητές μαθαίνουν ότι οι διάφορες μορφές ενέργειας είναι δυνατόν να μετατρέπονται από μια μορφή σε άλλη. Θα βοηθηθούν να το καταλάβουν αντιμετωπίζοντας πειραματικά το ζήτημα με τη βοήθεια δραστηριοτήτων στις οποίες καθίσταται εφικτή η εμπλοκή των τυφλών ή μερικώς βλεπόντων μαθητών.

1^η δραστηριότητα: δίνονται στους μαθητές μπαταρίες και διατυπώνονται κάποιες ερωτήσεις. Παραδείγματος χάριν: «γιατί χρησιμοποιούμε μπαταρίες;», «σκεφτείτε και αναφέρετε συσκευές που η λειτουργία τους απαιτεί τη χρήση μπαταριών», «τι μορφή ενέργειας είναι αποθηκευμένη στις μπαταρίες;». Σε αυτή τη δραστηριότητα, οι μαθητές κατευθύνονται να κατασκευάσουν ένα απλό κύκλωμα σε σειρά, το οποίο όταν θα είναι κλειστό θα τροφοδοτεί με ηλεκτρική ενέργεια ένα μικρό ανεμιστηράκι, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Κατασκευή ηλεκτρικού κυκλώματος
(http://tinanantsou.blogspot.gr/2011/05/blog-post_29.html)

Σημείωση: Η παραπάνω δραστηριότητα αποτελεί παραλλαγή της δραστηριότητας που προτείνεται στο τετράδιο εργασιών, στην οποία αντί για ανεμιστηράκι χρησιμοποιείται μια λάμπα. Στόχος της δραστηριότητας είναι να συνειδητοποιήσουν οι μαθητές ότι η ενέργεια αλλάζει μορφές και στην περίπτωσή μας από χημική μετατράπηκε σε κινητική.

Η ενέργεια υποβαθμίζεται

Αρχικά, εξηγείται στους μαθητές ότι το ιδανικό σε μια ενεργειακή μετατροπή θα ήταν όλη η αρχική ενέργεια να μετατρέπεται εξολοκλήρου στη μορφή που θέλουμε. Όταν η ενέργεια μετατρέπεται από μια μορφή σε μια άλλη, ένα μέρος της ενέργειας μετατρέπεται σε μορφή που δεν μπορεί να αξιοποιηθεί.

Επειδή, οι τυφλοί μαθητές δεν είναι σε θέση να αντιληφθούν το πείραμα που προτείνεται από το τετράδιο εργασιών, λόγω της απαίτησης για αξιοποίηση της όρασης προτείνεται άλλη δραστηριότητα.

Αρχικά, οι μαθητές μεταφέρονται στην αυλή του σχολείου και έρχονται σε επαφή με ένα αυτοκίνητο που μόλις λίγα λεπτά πριν ήταν σε κίνηση και ενημερώνονται γι' αυτό. Στην συνέχεια τους ζητείται να αγγίξουν τα ελαστικά του αυτοκινήτου και τη μηχανή. Αυτό που θα διαπιστώσουν είναι πως αυτά τα σημεία είναι ιδιαίτερα θερμά. Ο/Η εκπαιδευτικός εξηγεί στους μαθητές ότι η χημική ενέργεια που χρησιμοποιεί το αυτοκίνητο για να την μετατρέψει σε κινητική έχει κάποιες «απώλειες», δηλαδή κάποιο μέρος της μετατρέπεται σε θερμότητα. Το αποτέλεσμα, διαπιστώνεται από την αύξηση της θερμοκρασίας.

Επιπλέον, ένα ακόμη παράδειγμα που θα βοηθήσει τους μαθητές να αντιληφθούν ότι η ενέργεια υποβαθμίζεται είναι να θυμηθούν περιπτώσεις όπου είχαν έντονη δραστηριότητα και να ερωτηθούν τι ένοιωσαν σχετικά με τη θερμοκρασία του σώματός τους. Ακόμα καλύτερα, είναι να παρακινηθούν από τον εκπαιδευτικό να κάνουν κάποιες ασκήσεις γυμναστικής για κάποια λεπτά και στη συνέχεια να τεθούν ερωτήσεις. Για παράδειγμα: «τι μορφή ενέργεια χρησιμοποιείτε για να επιβιώσετε», «σε ποια μορφή μετατρέπεται όταν εσείς κινήσετε;», «τι νοιώσατε μετά τις ασκήσεις σχετικά με τη θερμοκρασία του σώματός σας;» εξηγείται ότι η αύξηση της θερμοκρασίας τους οφείλεται στη θερμότητα.

Η παραπάνω δραστηριότητα, πέραν των γνωστικών στόχων που επιτελεί, έχει και μια άλλη λειτουργία, αυτή της εμπλοκής των τυφλών μαθητών σε κινητικές ασκήσεις. Επομένως, η παραπάνω δραστηριότητα επιτελεί και ψυχοκινητικούς στόχους, οι οποίοι είναι ιδιαίτερα σημαντικοί για ένα τυφλό παιδί, καθώς όπως έχει αναφερθεί το τυφλό παιδί συνήθως παρουσιάζει διστακτικότητα και έλλειψη αυτοπεποίθησης σε ό,τι αφορά κινητικές δραστηριότητες.

Συμπεράσματα

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να διαπιστωθεί αν υπάρχει στη βιβλιογραφία εκπαιδευτικό υλικό κατάλληλο για μαθητές με σοβαρά προβλήματα όρασης για το μάθημα Φυσικά: Ερευνώ Και Ανακαλύπτω Έ Τάξης Δημοτικού (ενότητα Ενέργειας). Η έρευνα εστιάστηκε τόσο στο υλικό του Αναλυτικού Προγράμματος, όσο και σε εκπαιδευτικό υλικό που έχει σχεδιαστεί εκτός Αναλυτικού Προγράμματος. Επομένως, τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν ήταν τα εξής: ανταποκρίνονται οι δραστηριότητες και τα πειράματα του Τετραδίου Εργασιών Φυσικά: Ερευνώ Και Ανακαλύπτω, στις ιδιαιτερότητες ενός μαθητή με σοβαρά προβλήματα όρασης; Αν όχι, ποιες δραστηριότητες θα ήταν κατάλληλες για αυτή την κατηγορία μαθητών σε περιβάλλον συνεκπαίδευσης; Σε περίπτωση που διαπιστωνόταν ότι δεν υπάρχει διαθέσιμο εκπαιδευτικό υλικό (εντός Αναλυτικού Προγράμματος Σπουδών) θα επιχειρείτο να γίνουν προτάσεις κατάλληλων δραστηριοτήτων. Έπειτα από βιβλιογραφική ανασκόπηση διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχουν κατάλληλες δραστηριότητες για τις ανάγκες μαθητών με σοβαρά προβλήματα όρασης. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε είναι η ανάλυση περιεχομένου. Σε πρώτο στάδιο πραγματοποιήθηκε ανάλυση των δραστηριοτήτων που προτείνονται στο τετράδιο Εργασιών του Μαθητή και αφορούν στο σύνολο της τάξης, οπότε και στον τυφλό μαθητή σε περίπτωση ένταξης. Οι δραστηριότητες που προτείνονται από το τετράδιο εργασιών του μαθητή δίνουν έμφαση στην οπτική αντίληψη των μαθητών, οπότε απορρίπτονται. Συνεπώς, επόμενος στόχος ήταν η προσπάθεια εύρεσης ή επινόησης κατάλληλων δραστηριοτήτων προσαρμοσμένες στις ανάγκες τυφλών παιδιών σε περιβάλλον συνεκπαίδευσης βλέπόντων και μη. Προκειμένου, να τροποποιηθούν ή να εισαχθούν νέα πειράματα έναντι αυτών που προτείνονται από το τετράδιο εργασιών «Φυσικά» Ερευνώ και Ανακαλύπτω Έ' Δημοτικού, έγινε χρήση απλών υλικών και δόθηκε έμφαση στην αξιοποίηση των υπόλοιπων αισθήσεων, κυρίως της απτικής αντίληψης. Όλες οι προτεινόμενες δραστηριότητες αφορούν σε όλα τα μέλη της σχολικής τάξης – βλέποντες και μη βλέποντες – στοχεύοντας σε ένα κοινό πρόγραμμα σπουδών και στην συνεργασία όλων των μαθητών, γεγονός που συντελεί στην ομαλή και ουσιαστική ένταξη. Επόμενο και επιθυμητό στάδιο της έρευνας, θα μπορούσε να είναι η διαπίστωση της αποτελεσματικότητας ή της ανταπόκρισης των μαθητών στις προτεινόμενες δραστηριότητες. Δηλαδή, να πραγματοποιηθεί διδασκαλία, και με τον ορισμό των κατάλληλων κριτηρίων να κριθεί η καταλληλότητα ή όχι του προτεινόμενου εκπαιδευτικού υλικού.

Αναφορές

Andreou, Y., Kotsis, K. (2005). *The estimation of length, surface area and volume by blind and sighted children*, International Congress Series, 1282, Vision 2005, Elsevier, Amsterdam.

- Feldman, R (2011). *Εξελικτική ψυχολογία: δια βίου ανάπτυξη*. Αθήνα: Gutenberg.
- Harlen, W., Elstgeest, J. (2005). *Διδασκαλία και μάθηση των φυσικών επιστημών στην εκπαίδευση*. Αθήνα: τυπωθήτω.
- Heather, W., Mason & Stephenmccall (2004). *Παιδιά και νέοι με προβλήματα όρασης: Η πρόσβαση στην εκπαίδευση*. Αθήνα: ελληνικά γράμματα.
- James, W. (2001). *Ψυχολογία και εκπαίδευση*. Printa.
- Piaget, J. (1990). *Η ψυχολογία του παιδιού*. Αθήνα: Δαίδαλος.
- Warren, D. (2004). *Τύφλωση και Παιδί*. Αθήνα: ελληνικά γράμματα.
- Αποστολάκης, Ε. κ.ά., (2008). Τετράδιο εργασιών «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Αποστολάκης, Ε. κ.ά., (2008). *Βιβλίο δασκάλου «Φυσικά» Έ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω*. Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Δελλασούδας, Δ. (2005). *Διδακτική μαθητών με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες*. Αθήνα: ατραπός. Ινστιτούτο.
- Κώτσης, Κ. (2005). *Διδασκαλία της φυσικής και πείραμα*. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Λαμπροπούλου, Β. (2004). *Διαφοροποιημένο Δ.Ε.Π.Π.Σ και Α.Π.Σ. για τυφλούς μαθητές*. Παιδαγωγικό Σπυροπούλου – Κατσάνη, Δ. (2005). *Διδακτικές και παιδαγωγικές προσεγγίσεις στις Φυσικές επιστήμες*. Αθήνα: τυπωθήτω.
- Χιουρέα, Ρ. (1998). *Εισαγωγή στην εκπαίδευση των τυφλών στην Ελλάδα*. Αθήνα: Λύχνος.

Συνεδρία Δ1

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Επανεξετάζοντας την κινηματική με το λογισμικό GeoGebra: ο αρχικός σχεδιασμός

Γεώργιος Πολυζώης
Φυσικός (PhD), Ζάννειο Πειραματικό Λύκειο
gpolizois@edc.uoc.gr

Παντελής Μπουμπούλης
Μαθηματικός-Πληροφορικός (PhD), Ζάννειο Πειραματικό Λύκειο
panbouboulis@gmail.com

Περίληψη

Η εργασία περιγράφει την αξιοποίηση του λογισμικού GeoGebra στη λύση προβλημάτων κινηματικής. Με τη βοήθεια του λογισμικού παράγονται πολλαπλές εξωτερικές αναπαραστάσεις και με τη βοήθεια εργαλείων δράσης σε αυτές λύνονται προβλήματα της κινηματικής. Η όλη προσπάθεια είναι δυνατόν να ενταχθεί στο πλαίσιο STEM και να αποτελέσει έναν καινοτόμο και γόνιμο τρόπο προσέγγισης του εικονικού εργαστηρίου Φυσικής.

Λέξεις κλειδιά: κινηματική, λύση προβλήματος, πολλαπλές εξωτερικές αναπαραστάσεις, GeoGebra, STEM

Εισαγωγή

Η αξιοποίηση των ΤΠΕ στις Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά συνοδεύεται από μια ευρεία βιβλιογραφική υποστήριξη (Harter, 1991; Laws, 1991; Redish & Wilson, 1993; Mc Dermott, 1987), η οποία αναφέρεται στην εκπαιδευτική τους αξία και τη μαθησιακή τους αποτελεσματικότητα. Παρόλη την ευρύτητα των ερευνητικών δεδομένων, εργασίες μετα-ανάλυσης των ερευνών και ντοκουμέντα ανασκόπησης δεν υποστηρίζουν με σαφήνεια ότι οι προσομοιώσεις αποτελούν ένα αναντικατάστατο εργαλείο, το οποίο διευκολύνει και αυξάνει την κατανόηση στις Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά (Schacter, 1999; Osborne & Hennessy, 2003).

Στις ερωτήσεις του Turkle το 1997 (όπως αναφέρεται από τους Finkelstein et al, 2005): «Γιατί δεκαεξάχρονοι πρέπει να τοποθετούν εικονικές χημικές ενώσεις σε εικονικά ποτήρια; Γιατί δεκαοκτάχρονοι πρέπει να εκτελούν εικονικά εργαστήρια στο εργαστήριο φυσικών επιστημών;» οι συχνές απαντήσεις είναι γιατί οι προσομοιώσεις κοστίζουν λιγότερα χρήματα, γιατί δεν υπάρχουν πολλοί καθηγητές φυσικών επιστημών κ.ά. Αλλά αυτές οι απαντήσεις προκαλούν με επίταση ένα άλλο ερώτημα: «Μήπως αξιοποιούμε την τεχνολογία των υπολογιστών όχι γιατί διδάσκει καλύτερα, αλλά γιατί έχουμε χάσει την πολιτική βούληση να χρηματοδοτήσουμε την εκπαίδευση επαρκώς;».

Με αυτόν τον χαρακτηριστικό τρόπο τίθεται, εκτός των άλλων, το πρόβλημα της βελτίωσης των εκπαιδευτικών κυρίως όψεων της χρήσης των προσομοιώσεων και των υπολογιστών γενικότερα. Η σκεπτικιστική στάση για την αξιοποίηση των προσομοιώσεων εκφράζεται και από την θεατρική ερώτηση του Steinberg (2000): “To stimulate or not to stimulate?”

Η παρούσα εργασία υιοθετεί την απάντηση των Finkelstein et al (2005): «Ναι, αν οι προσομοιώσεις είναι κατάλληλα σχεδιασμένες και εφαρμόζονται στο κατάλληλο εκπαιδευτικό πλαίσιο».

Στόχος της εργασίας

Τελικός ερευνητικός στόχος των συγγραφέων είναι η εξέταση της αποτελεσματικότητας της προσέγγισης της κινηματικής του Λυκείου, όπου η αλγεβρική προσέγγιση της λύσης των προβλημάτων (δηλαδή η λύση με εφαρμογή των εξισώσεων των κινήσεων), που είναι επικρατούσα στην τωρινή εκπαιδευτική πραγματικότητα, έχει αντικατασταθεί με προσομοιώσεις κινήσεων και παραγωγή πινάκων και γραφικών παραστάσεων. Ο Πολυζώης (2002, 2014) έχει επιχειρήσει τον στόχο αυτό, με ενθαρρυντικά αποτελέσματα, σε μικρό αριθμό μαθητών, αξιοποιώντας το λογισμικό ΠΟΛΑΠΛΑΝ. Το λογισμικό ΠΟΛΑΠΛΑΝ παρείχε ένα ημιδομημένο περιβάλλον μάθησης, στο οποίο οι μαθητές μπορούσαν να χειριστούν έναν περιορισμένο αριθμό παραμέτρων. Η διεπαφή του

λογισμικού παρουσίαζε τεχνολογικούς περιορισμούς, δεδομένου ότι σε κάποιες περιπτώσεις αδυνατούσε να διερευνήσει το πρόβλημα της κινηματικής που ετίθετο. Επίσης, τα γραφικά του λογισμικού είχαν φτάσει στην ημερομηνία λήξης τους, με αποτέλεσμα να μην είναι συμβατά με τις σύγχρονες εκδοχές των λειτουργικών συστημάτων.

Για την επίλυση των παραπάνω προβλημάτων και την υλοποίηση του σκοπού της εργασίας προκρίθηκε η επιλογή του ανοικτού δυναμικού λογισμικού GeoGebra (www.GeoGebra.org). Στην παρούσα εργασία θα παρουσιαστούν το θεωρητικό πλαίσιο και ο αρχικός σχεδιασμός των προσομοιώσεων της κινηματικής με το λογισμικό GeoGebra.

Θεωρητικό πλαίσιο

Το περιεχόμενο της κινηματικής του Λυκείου έχει αποτελέσει ιστορικό πεδίο διασύνδεσης της Φυσικής (φαινόμενο της κίνησης) με τα Μαθηματικά (Διαφορικός Λογισμός - Calculus) (Etkina, & Van Heuvelen, 2007). Η διασύνδεση αυτή μπορεί να αποβεί διδακτικά ωφέλιμη, αλλά δεν αποτελεί πεδίο μελέτης της παρούσας εργασίας.

Το θεωρητικό πλαίσιο της παρούσας εργασίας στηρίζεται στην αξιοποίηση των πολλαπλών εξωτερικών αναπαραστάσεων των εννοιών που εισάγει η επιστήμη για τη μελέτη του φαινομένου της κίνησης. Οι πολλαπλές εξωτερικές αναπαραστάσεις (Multiple External Representation – MER) του φαινομένου της κίνησης αποτελούν προνομιακό πεδίο μελέτης της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (Polizois & Valanides, 2010) και του νεοαναδυόμενου πεδίου του οπτικού γραμματισμού (Gilbert et al, 2007).

Ερευνες στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Meltzer, 2005), αλλά και ανάλογες στη διδακτική των Μαθηματικών (Tasar, 2010) έχουν καταγράψει δυσκολίες των μαθητών στην αξιοποίηση των πολλαπλών αναπαραστάσεων. Μεταξύ άλλων δυσκολίες έχουν καταγραφεί κατά τη διαδικασία επίλυσης προβλημάτων κινηματικής (Beichner, 1994; Berg & Smith, 1994; Testa et al, 2002). Γενικά, λύση προβλημάτων για τους μαθητές σημαίνει υπολογισμός ενός ή περισσότερων αγνώστων. Για την επίλυση προβλημάτων αξιοποιούν μονοδιάστατα τον φορμαλισμό (αλγεβρικούς τύπους) (Clement, 1985) και αποφεύγουν οποιαδήποτε ποιοτική / προσεγγιστική εξήγηση ή χρήση αναπαραστάσεων (Mc Dermott, 1993). Η αξιοποίηση του μαθηματικού φορμαλισμού εμφανίζει το “παράδοξο” οι μαθητές να αναπτύσσουν μια διαισθητική ή αλγοριθμική προσέγγιση επίλυσης προβλημάτων, με τη βοήθεια βεβαίως της απομνημόνευσης. Η προσέγγιση αυτή αποτυγχάνει όταν έχουν να αντιμετωπίσουν μια νέα κατάσταση που περιγράφει ένα πρόβλημα το οποίο δεν έχουν συναντήσει στο παρελθόν ή όταν το πρόβλημα που τίθεται απαιτεί εννοιολογική κατανόηση (Mc Demortt, 1993).

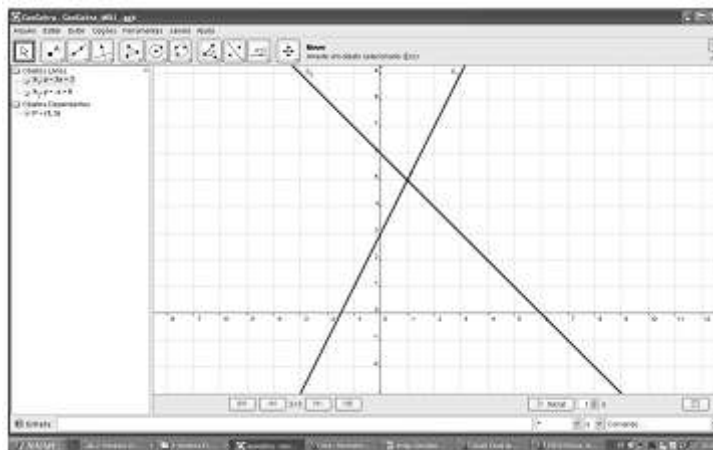
Η δυνατότητα μετάφρασης των πληροφοριών από μία αναπαράσταση σε μία άλλη είναι “ζωτικής” σημασίας για την κατανόηση στις φυσικές επιστήμες (Ainsworth, 2008). Η απόκτηση αυτής της ικανότητας, καθώς και η δυνατότητα να κατανοούνται όλες οι πληροφορίες που περιέχονται σε μια στατική ή δυναμική αναπαράσταση, σχετίζονται με τον οπτικό εγγραμματισμό (visual learning) των μαθητών (Gilbert, 2007).

Η κατασκευή νοήματος με την αξιοποίηση των εξωτερικών αναπαραστάσεων των φυσικών επιστημών ορίζεται ως οπτικοποίηση (visualization) (Gilbert, 2007). Η οπτικοποίηση (visualization) συνδέεται και με εσωτερικές αναπαραστάσεις, νοητικές δηλαδή κατασκευές του μαθητή (Rapp, 2005), αλλά στην παρούσα εργασία δεν θα ασχοληθούμε με αυτόν τον τύπο οπτικοποίησης.

Η οπτικοποίηση συνδέεται ευθέως με εκείνη την πλευρά μάθησης των φυσικών επιστημών, που σχετίζεται με την ανάπτυξη και την εξέλιξη ποιοτικών και ποσοτικών μοντέλων. Η παραγωγή μοντέλων, η διαδικασία δηλαδή της μοντελοποίησης, συνιστά μία από τις κορυφαίες επιστημονικές δραστηριότητες. Επιδίωξη της οπτικοποίησης είναι να εμπλακούν οι μαθητές σε αυτήν την επιστημονική δραστηριότητα, χειριζόμενοι και διαπλέκοντας μεταξύ τους τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά μοντέλα (Gilbert, 2007). Οι μαθητές συνήθως δεν εμπλέκονται σε διαδικασίες κατασκευής δικών τους μοντέλων, που να αξιοποιούν ή να οπτικοποιούν τις εξωτερικές αναπαραστάσεις των φυσικών επιστημών, καθώς η καθημερινή σχολική πρακτική εστιάζει κατά κύριο λόγο σε φορμαλιστικούς υπολογισμούς ή υπολογισμούς από γραφήματα ή πίνακες (Doorman & Gravemeijer, 2009). Ο συνήθης τρόπος της αξιοποίησης των αναπαραστάσεων με τη βοήθεια ενός λογισμικού (π.χ. GeoGebra) περιλαμβάνει την κατασκευή αναπαραστάσεων, από το λογισμικό, των μαθηματικών σχέσεων στις οποίες έχουν καταλήξει οι μαθητές. Έστω, για παράδειγμα, το παρακάτω πρόβλημα της κινηματικής:

Δύο αυτοκίνητα ταξιδεύουν στον ίδιο ευθύγραμμο δρόμο και οι θέσεις τους μετρούνται από κοινή αρχή. Το πρώτο αυτοκίνητο ξεκινά από τη θέση 3m και κινείται με σταθερή ταχύτητα 2m/s. Το δεύτερο αυτοκίνητο ξεκινά από τη θέση 6m και κινείται (αντίθετα με το πρώτο) με ταχύτητα -1m/s. Σε πόσο χρόνο θα συναντηθούν και σε ποια θέση;

Οι μαθητές καλούνται από τα δεδομένα του προβλήματος να καταλήξουν στις εξισώσεις κίνησης που περιγράφουν τις θέσεις στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση ($x_1=3+2t$, $x_2=6-t$), τις οποίες αναπαριστούν γραφικά με τη βοήθεια του λογισμικού. Το σχήμα 1 παρουσιάζει τη γραφική αναπαράσταση. Οι συντεταγμένες του σημείου τομής ($t=1$, $x=5$) αποτελούν και τη λύση του προβλήματος.



Σχήμα 1. Η οθόνη του λογισμικού GeoGebra, που αναπαριστά τις εξισώσεις κίνησης των αυτοκινήτων

Αντίθετα, στην εργασία αυτή επιδιώκουμε να εμπλακούν οι μαθητές στην ερμηνεία και κατασκευή πολλαπλών αναπαραστάσεων. Η ιδέα περιλαμβάνει τη δυνατότητα να χειριστούν αναπαραστάσεις και νοήματα με την καθοδήγηση των εκπαιδευτικών και να αναπτύξουν ολοκληρωμένα μοντέλα. Ο χειρισμός αυτός (οπτικοποίηση) ουσιαστικά περιγράφει: (α) τη μετατόπιση από το φυσικό μοντέλο (το αυτοκίνητο κινείται, τα φυσικά μεγέθη: θέση, ταχύτητα, επιτάχυνση) στο μαθηματικό μοντέλο (πολλαπλές αναπαραστάσεις), (β) τον έλεγχο του μαθηματικού μοντέλου και ενδεχομένως (γ) τη δράση στις πολλαπλές αναπαραστάσεις του μοντέλου. Η δράση πάνω στις αναπαραστάσεις του μοντέλου γίνεται με εξειδικευμένα εργαλεία, όπως κλίση και εμβαδόν (Πολυζώης, 2014).

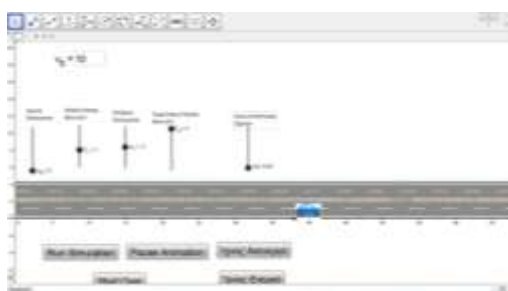
Η διαδικασία αυτή της εξέλιξης και της λύσης του κινηματικού προβλήματος παραλείπει τη φορμαλιστική (αλγεβρική) αναπαράσταση των μεγεθών, που αποτελεί και την κυριότερη μορφή δυσκολίας στα προβλήματα κινηματικής. Οι αλγεβρικές μέθοδοι, οι οποίες καταλήγουν σε αλγορίθμους (algorithmic formulas), δεν συμβάλλουν σε βαθύτερη εννοιολογική κατανόηση ούτε ενεργοποιούν δεξιότητες σκέψης υψηλού επιπέδου (higher-level thinking skills) (Polizois & Valanides, 2010). Συγκεκριμένα, ο αλγεβρικός τρόπος αντιμετώπισης (όπου ορίζεται έστω x ο άγνωστος και αναζητούνται οι εξισώσεις κίνησης, π.χ. της μορφής $x=u_0t-1/2at^2$) θεωρείται πολύ αφηρημένος για πολλούς μαθητές (Barb & Quinn, 1997).

Η προτεινόμενη προσέγγιση με τις πολλαπλές εξωτερικές αναπαραστάσεις και τις δράσεις πάνω σε αυτές έχει αρκετές αναλογίες με τους δύο τύπους μετασχηματισμών που προτείνει ο Duval (2006) για τη μάθηση στα μαθηματικά. Όταν ένας μαθητής λύνει μια εξίσωση ή κατασκευάζει μια γραφική παράσταση, τότε “μετασχηματίζει / επεξεργάζεται (treatment)” την αναπαράσταση. Όταν δρα πάνω σε μια αναπαράσταση με ένα “εργαλείο” (π.χ. κλίση ή εμβαδό) στοχεύοντας στην παραγωγή μιας άλλης αναπαράστασης, τότε πραγματοποιεί μια “μετατροπή (conversion)”. Για τη διδασκαλία και τη μάθηση στα μαθηματικά είναι πιο σημαντική η εξέταση των “μετατροπών”, γιατί ο μαθητής αναγκάζεται να κινητοποιήσει τους απαραίτητους μηχανισμούς για την κατανόηση της περίπτωσης.

Το λογισμικό GeoGebra

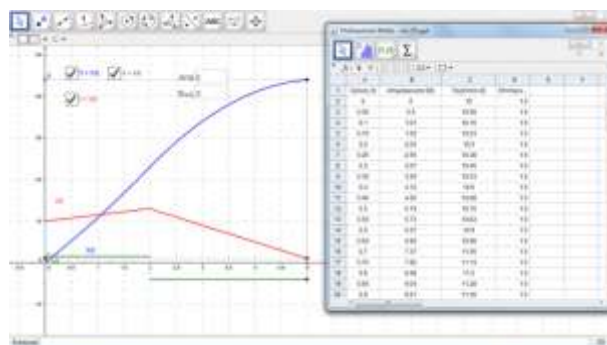
Το λογισμικό GeoGebra αρχικά σχεδιάστηκε για τη διδασκαλία των μαθηματικών και συγκεκριμένα για την αξιοποίηση στοιχείων που διασυνδέουν την άλγεβρα με τη γεωμετρία. Σύμφωνα με τον κατασκευαστή του Markus Hohenwarter (Hohenwarter & Lavicza, 2009) η τελευταία έκδοση του λογισμικού προσφέρει δυναμική διασύνδεση πολλαπλών αναπαραστάσεων (γραφικής, αλγεβρικής και αναπαράστασης με πίνακες/λογιστικά φύλλα) για τα “μαθηματικά αντικείμενα”. Πρόσφατα το λογισμικό άρχισε να αξιοποιείται και στη διδασκαλία της φυσικής. Έτσι, γύρω από το GeoGebra “χτίστηκε” μια κοινότητα μάθησης όχι μόνον για τα μαθηματικά, αλλά γενικότερα για τη μοντελοποίηση υπηρεσιών, καθώς και για τη δημιουργία προσομοιώσεων (www.GeoGebra.org).

Στην παρούσα εργασία το λογισμικό GeoGebra αξιοποιήθηκε με σκοπό να υλοποιήσει το θεωρητικό πλαίσιο που αναπτύχθηκε παραπάνω. Έτσι, στην οθόνη του υπολογιστή παρουσιάζεται ένα “κινητό”, το οποίο “προγραμματίζεται” να πραγματοποιήσει τις λειτουργίες που του επιβάλει το πρόβλημα της κινηματικής (φυσικό μοντέλο, Σχήμα 2).



Σχήμα 2. Το φυσικό μοντέλο στην οθόνη του GeoGebra

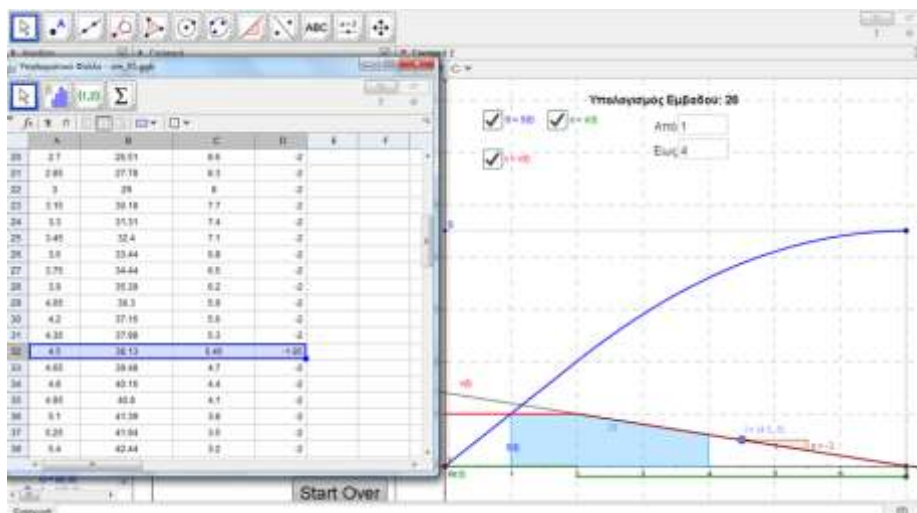
Ο μαθητής υλοποιεί τις απαιτήσεις του φυσικού μοντέλου προσεγγίζοντάς τες με τη βοήθεια μεταβολών επιτάχυνσης και χρόνου ή ταχύτητας και χρόνου. Για κάθε επιλογή των μεταβολών το λογισμικό παρέχει τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις $x-t$, $u-t$, $a-t$ και τους αντίστοιχους πίνακες τιμών των μεγεθών x, u, a (μαθηματικό μοντέλο, Σχήμα 3).



Σχήμα 3. Το μαθηματικό μοντέλο στην οθόνη του GeoGebra

Από τη μορφή των πολλαπλών αυτών αναπαραστάσεων ο μαθητής κατανοεί αν το μοντέλο του ικανοποιεί τις προϋποθέσεις του προβλήματος που έχει τεθεί. Αν όχι, προβαίνει σε υποθέσεις, εικασίες και αναστοχασμό για πιθανές νέες τιμές των μεταβολών και “ξαναχτίζει” το μοντέλο του έχοντας ο ίδιος τον έλεγχο. Ο ρόλος του διδάσκοντα είναι υποβοηθητικός όταν διαπιστώνει ότι η ομάδα ή ο μαθητής δουλεύουν “τυχαία” ή όταν η δυσκολία του προβλήματος επιβάλλει την παρέμβασή του.

Μετά την κατασκευή του ορθού μαθηματικού μοντέλου ο μαθητής “δρα” πάνω στις παραγόμενες αναπαραστάσεις, ώστε να υλοποιήσει τα ζητούμενα του προβλήματος ή να διασυνδέσει αναπαραστάσεις μεταξύ τους (Σχήμα 4).



Σχήμα 4. Οι δράσεις με τα “εργαλεία” κλίση και εμβαδόν πάνω στην αναπαράσταση $u - t$

Η “δράση” αυτή του μαθητή, με τα “εργαλεία” της κλίσης και του εμβαδού είναι δυνατόν να μην προσφέρει ακριβείς λύσεις, αλλά προσεγγιστικές, γιατί οι επιλογές των μεταβολέων δεν έχουν τις επιθυμητές τιμές που απαιτεί το πρόβλημα. Τις περιπτώσεις αυτές ο εκπαιδευτικός μπορεί να τις εκμεταλλευτεί για να “εισαγάγει” τους μαθητές στη ‘φύση’ της επιστήμης.

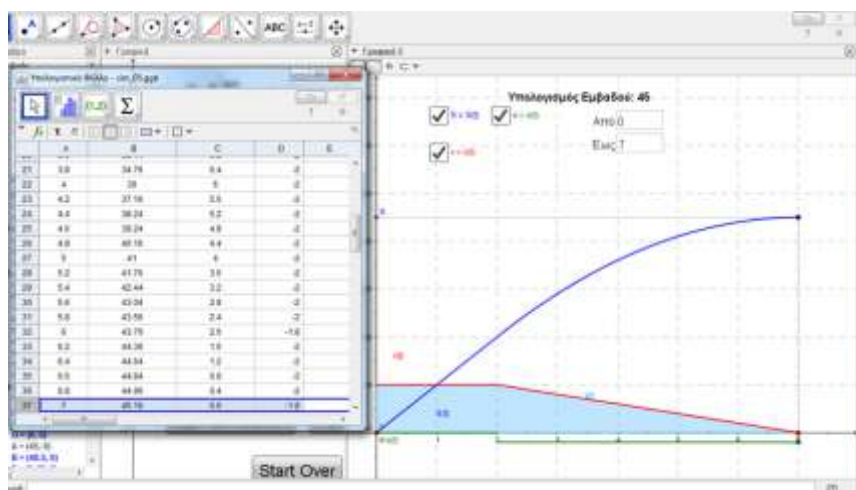
Εφαρμογές στην κινηματική - Οπτικοποίηση

Πολλαπλές εξωτερικές αναπαραστάσεις, όπως πίνακες και γραφικές παραστάσεις θέσης – χρόνου, ταχύτητας – χρόνου, επιτάχυνσης – χρόνου, στην κινηματική μπορούν να αξιοποιηθούν για τη μελέτη της κίνησης (Doorman & Gravemeijer, 2009). Τα προβλήματα της κινηματικής μπορούν να θεωρηθούν και μοντέλα τα οποία με τη βοήθεια των αναπαραστάσεων των μεγεθών (θέσης – ταχύτητας – επιτάχυνσης) της κινηματικής μπορούν να τα χειριστούν και να τα εξελίσσουν οι μαθητές.

Παρακάτω θα παραθέσουμε τη μοντελοποίηση ενός προβλήματος της κινηματικής σύμφωνα με τις θεωρητικές επιλογές της εργασίας και αξιοποιώντας το λογισμικό GeoGebra με τον τρόπο που περιγράφηκε προηγουμένως.

Αυτοκίνητο κινείται σε οριζόντιο δρόμο με σταθερή ταχύτητα 36 km/h, όταν ο οδηγός αντιλαμβάνεται κάποιο εμπόδιο. Ο χρόνος αντίδρασης του οδηγού είναι 2s. Η επιβράδυνση του αυτοκινήτου λόγω του φρεναρίσματος είναι 2 m/s^2 . Αν το εμπόδιο απείχε 50m από το αυτοκίνητο, το αυτοκίνητο τρακάρισε ή όχι;

Στο Σχήμα 5 δίνεται η οθόνη της λύσης του προβλήματος με αξιοποίηση της γραφικής αναπαράστασης και της αναπαράστασης πινάκων.

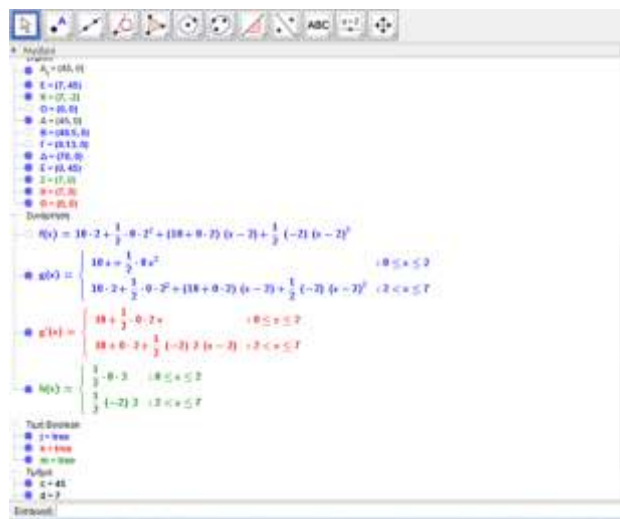


Σχήμα 5. Η οθόνη της λύσης του προβλήματος με αξιοποίηση της γραφικής αναπαράστασης και της αναπαράστασης πινάκων

Επεκτάσεις

Στόχος των συγγραφέων είναι η προτεινόμενη προσέγγιση να επεκταθεί προς δύο κατευθύνσεις: α) την παραγωγή και άλλων προσομοιώσεων στην κινηματική (π.χ. προβλήματα με δύο κινητά) και β) τη συμπερίληψη στην προτεινόμενη προσέγγιση της αλγεβρικής αναπαράστασης.

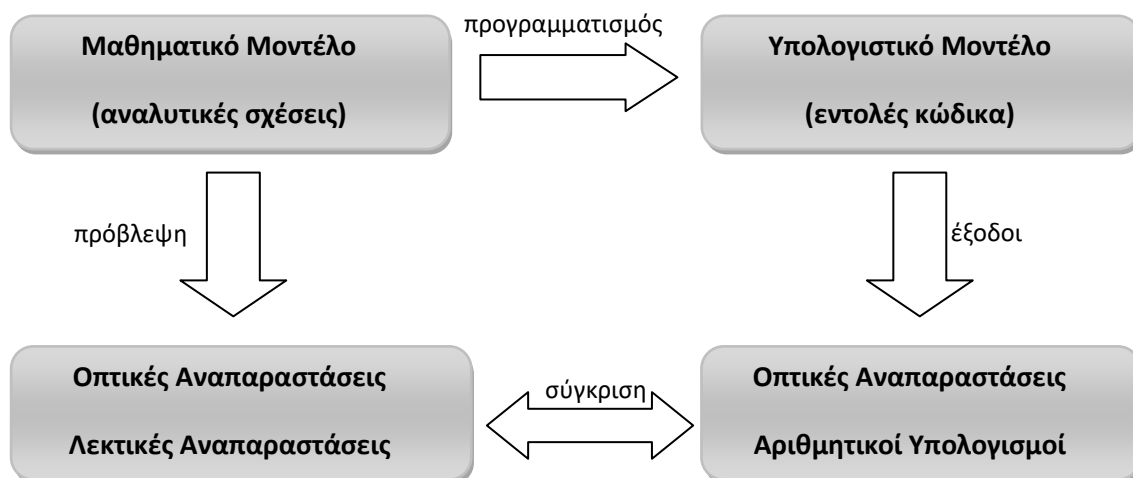
Η δεύτερη κατεύθυνση είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί με αξιοποίηση του λογισμικού GeoGebra μέσω της κατανόησης του υπολογιστικού αλγορίθμου της πραγμάτωσης της προσομοίωσης που μπορεί να εμφανιστεί στο παράθυρο της διεπαφής του λογισμικού (Υπολογιστικό μοντέλο, Σχήμα 6).



Σχήμα 6. Το υπολογιστικό μοντέλο

Η προτεινόμενη αντιστοίχιση αποτελεί μία γενική αρχή της υπολογιστικής επιστήμης, η οποία παριστάνεται στο Σχήμα 7 (Buffler et al, 2008). Το σχήμα αυτό επιδιώκει να εμφανίσει την πρακτική πλευρά της αλγεβρικής αναπαράστασης με τη χρήση της στον κώδικα του λογισμικού.

Η δεύτερη αυτή επιδίωξη / κατεύθυνση της εργασίας εντάσσει την όλη διεξαγωγή της στο πλαίσιο του STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics), μιας και προσφέρει μια ολοκληρωμένη διαπλοκή της φυσικής, των μαθηματικών, της τεχνολογίας και της επιστήμης του μηχανικού.



Σχήμα 7. Η σχέση μαθηματικού και υπολογιστικού μοντέλου

Συμπεράσματα και Υποδείξεις

Οι προσομοιώσεις που κατασκευάζονται με την προτεινόμενη μέθοδο, με αξιοποίηση των μεταβολών στο λογισμικό GeoGebra, από λειτουργικής άποψης είναι δυναμικές και εύκολα τροποποιήσιμες ως προς τις παραμέτρους τους από τους μαθητές. Αυτή η λειτουργικότητα των παραγόμενων μοντέλων παρέχει και την ευελιξία για προσδιορισμό της λύσης προβλημάτων με διαδοχικές τροποποιήσεις τους.

Οι προσομοιώσεις στο λογισμικό GeoGebra από διδακτικής άποψης δίνουν τη δυνατότητα για πολλαπλούς τρόπους λύσης ενός προβλήματος, πείθοντας τον μαθητή για τις δυνατότητες των πολλαπλών αναπαραστάσεων. Με την προσέγγιση αυτή οι μαθητές μπορούν να απαντήσουν σε δύσκολα αλγεβρικά ερωτήματα με έναν «επιστημολογικά» διαφορετικό τρόπο, που τους δίνει τη δυνατότητα να έρθουν σε επαφή με αναπαραστάσεις που γι' αυτούς έχουν νόημα.

Η κατασκευή του περιβάλλοντος στο λογισμικό GeoGebra απαιτεί την αξιολόγησή του σε συνθήκες πραγματικής τάξης. Παρόμοιες προσπάθειες με άλλο λογισμικό έδειξαν ελπιδοφόρα αποτελέσματα (Πολυζώης, 2014). Το περιβάλλον του λογισμικού απαιτεί αξιολόγηση για την αξιοποίησή του σε ομάδες ή μεμονωμένους μαθητές.

Άλλοι στόχοι της αξιοποίησης του περιβάλλοντος του λογισμικού είναι η περιγραφή του ρόλου και των ενεργειών του εκπαιδευτικού, καθώς και η ένταξη στο περιβάλλον του λογισμικού ποιοτικών ερμηνευτικών προσεγγίσεων που αξιοποιούν τη λεκτική αναπαράσταση μετατρέποντας την προτεινόμενη προσέγγιση STEM σε προσέγγιση ΦΥ.Τ.ΕΜ.ΜΑ.Γ (Φυσική, Τεχνολογία, Επιστήμη του Μηχανικού, Μαθηματικά και Γλώσσα), η οποία προτείνεται από το πρόγραμμα φυσικής Λυκείου και αποτελεί στόχο των σύγχρονων προγραμμάτων σπουδών διεθνώς (ΦΕΚ 8570/Δ2).

Τέλος, οι συγγραφείς υποθέτουν ότι είναι η δυνατή η αποτελεσματικότερη μάθηση της αλγεβρικής αναπαράστασης μέσω της εφαρμογής της σε απλούς κώδικες που μπορούν να αναπτύξουν οι μαθητές ή μέσω της κατανόησης της λειτουργίας της σε πολυπλοκότερους κώδικες. Η διερεύνηση αυτής της υπόθεσης θα αποτελέσει αντικείμενο άλλης εργασίας.

Αναφορές

- Ainsworth, S. (2008). The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. In *Visualization: Theory and practice in science education* (pp. 191-208). Springer Netherlands.
- Barb, C., Quinn, A. L. (1997). Problem solving does not have to be a problem. *Mathematics Teacher* 90 (7), 536-541.
- Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American journal of Physics*, 62(8), 750-762.
- Berg, C. A., & Smith, P. (1994). Assessing students' abilities to construct and interpret line graphs: disparities between multiple-choice and free-response instruments. *Science Education*, 78(6), 527-554.
- Buffler, A., Pillay, S., Lubben, F., & Fearick, R. (2008). A model-based view of physics for computational activities in the introductory physics course. *American Journal of Physics*, 76(4), 431-437.
- Clement, J. (1985). Misconceptions in graphing. In *Proceedings of the Ninth International Conference for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 1, pp. 369-375). Utrecht, the Netherlands: Utrecht University.
- Doorman, L. M., & Gravemeijer, K. P. E. (2009). Emergent modeling: discrete graphs to support the understanding of change and velocity. *ZDM*, 41(1-2), 199-211.
- Duval, R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. *Educational studies in mathematics*, 61(1-2), 103-131.
- Etkina, E., & Van Heuvelen, A. (2007). Investigative science learning environment—A science process approach to learning physics. *Research-based reform of university physics*, 1.
- Finkelstein, N. D., Adams, W. K., Keller, C. J., Kohl, P. B., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., & LeMaster, R. (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 1(1), 010103.
- Gilbert, J. K. (2007). Visualization: An emergent field of practice and enquiry in science education. *Visualization: Theory and Practice in Science Education: Theory and Practice in Science Education*, 3, 1.
- Gilbert, J. K., Reiner, M., & Nakhleh, M. B. (Eds.). (2007). *Visualization: Theory and Practice in Science Education: Theory and Practice in Science Education* (Vol. 3). Springer Science & Business Media.
- Harter, W. G. (1991). Nothing going nowhere fast: Computer graphics in physics courses. *Computers in Physics*, 5(5), 466-478.
- Hohenwarter, M., & Lavicza, Z. (2009). The strength of the community: How GeoGebra can inspire technology integration in mathematics teaching. *MSOR Connections*, 9(2), 3-5.
- Laws, P. W. (1991). The role of computers in introductory physics courses. *Computers in Physics*, 5(5), 552-552.

- Mc Dermott, L.C. (1993). Guest Comment: How we reach and how students learn – A mismatch. *American Journal of Physics*, 61(4), 295-298, (1993)
- McDermott, L. C., Rosenquist, M. L., & Van Zee, E. H. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics *American Journal of Physics*, 55(6), 503-513.
- Meltzer, D. E. (2005). Relation between students' problem-solving performance and representational format. *American Journal of Physics*, 73(5), 463-478.
- Osborne, J., & Hennessy, S. (2003). *Literature review in science education and the role of ICT: Promise, problems and future directions*.
- Polizois, G., Valanides, N. (2010). Visualizing the Solutions of Chemical Problems Relating to Solubility, *42nd Annual Conference of the International Visual Literacy Association: Visual Literacy in the 21st Century: Trends, Demands and Capacities*, Cyprus, September 29th to October 3rd, 2010.
- Rapp, D. N. (2005). Mental models: Theoretical issues for visualizations in science education. In *Visualization in science education* (pp. 43-60). Springer Netherlands.

Πειράματα Φυσικών Επιστημών με τη χρήση κινητών τηλεφώνων προσβάσιμα και σε άτομα με οπτικές αναπηρίες

Ανθούλα Μαΐδου

Τεχνολόγος, Υπ. Διδάκτορας Π.Τ.Ν. Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
anthoula.maidou@gmail.com

Αργύρης Κουμτζής

Φοιτητής, Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ.
argiris.koumtzis@gmail.com

Χαρίτων Πολάτογλου

Καθηγητής, Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ.
hariton@physics.auth.gr

Περίληψη

Συχνά στην εκπαιδευτική διαδικασία χρησιμοποιούνται πειράματα και πειραματικές συσκευές αποκομμένες από την καθημερινή ζωή, ενώ πολλές φορές αποκλείονται άτομα με αναπηρίες από τις διαδικασίες αυτές. Η αναγνώριση των χρωμάτων είναι μια πολύ ουσιαστική πληροφορία τόσο για τους βλέποντες όσο και για μη βλέποντες, για την αναγνώριση του περιβάλλοντος, αντίληψη πιθανών κινδύνων, κ.λπ. Η σύγχρονη τεχνολογία δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν εφαρμογές, ακόμη και με τη χρήση κινητών τηλεφώνων, οι οποίες μπορούν να αναλύσουν τα χρώματα του περιβάλλοντος και να παρουσιάσουν τις συνιστώσες RGB (Red Green Blue) των χρωμάτων. Η πληροφορία αυτή μπορεί να διαβαστεί με τη χρήση αναγνώστη φωνής από τη συσκευή, ώστε με αυτό τον τρόπο τυφλοί να μπορούν να έχουν πληροφορίες για τα χρώματα. Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μία εφαρμογή που αφορά στην εκτίμηση του pH διάφορων διαλυμάτων με τη χρήση έξυπνου κινητού τηλεφώνου. Αντίστοιχες εφαρμογές μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση περιβαλλοντικών φαινομένων και στην εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη.

Λέξεις κλειδιά: πειράματα με καθημερινά υλικά, πρότυπο χρώματος RGB, εφαρμογές κινητών τηλεφώνων, αναγνώστης κειμένου

Εισαγωγή

Τα πειράματα με καθημερινά υλικά είναι ιδιαίτερα σημαντικά, γιατί δεν είναι ξεκομμένα από την καθημερινή ζωή και με αυτό τον τρόπο βοηθάνε τους μαθητές να αντιληφθούν καλύτερα φαινόμενα της καθημερινής ζωής. Τα πειράματα με υλικά της καθημερινής ζωής συμβάλλουν στη σύνδεση των διδασκόμενων στο σχολείο με την καθημερινή ζωή των μαθητών καθιστώντας τα οικεία, ενώ μπορούν επίσης να συμβάλλουν στην επίγνωση των φαινομένων και στη συνέχεια στη δημιουργία θετικής στάσης στους μαθητές απέναντι στην εκπαιδευτική διαδικασία (Κουμαράς, 2000). Τα προτερήματα της χρήσης υλικών και καταστάσεων από την καθημερινή ζωή είναι: α) οι μαθητές εστιάζουν την προσοχή τους στο φαινόμενο και όχι στη συσκευή που χρησιμοποιείται για την εκτέλεση του πειράματος, β) με τη χρήση υλικών από την καθημερινή ζωή αποφεύγεται ο κίνδυνος να θεωρήσουν οι μαθητές ότι το αποτέλεσμα του πειράματος οφείλεται στα ειδικά υλικά και τη συσκευή. Ο μαθητής έτσι συσχετίζει τις Φυσικές Επιστήμες με την καθημερινή του ζωή. γ) Με τη χρήση καθημερινών υλικών η επιστήμη δεν φαντάζει απόμακρη και μυστήρια στους μαθητές αλλά σχετίζεται με αντικείμενα και εμπειρίες από την καθημερινή τους ζωή. δ) Οι ειδικά σχεδιασμένες σύνθετες πειραματικές συσκευές εισάγουν επιπρόσθετες δυσκολίες στη διδακτική διαδικασία, αποτελώντας πολλές φορές τα ίδια αντικείμενα μάθησης και όχι μέσο για τη μάθηση. ε) Προσφέρονται για εργασία στο σπίτι, συμβάλλοντας έτσι στη νοητική τους ανάπτυξη. στ) Ενθαρρύνουν σημαντικά τους μαθητές από χαμηλότερα οικονομικά στρώματα καθώς και τους θεωρούμενους «κακούς» μαθητές να συμμετέχουν στο μάθημα. η) Έχει διαπιστωθεί ότι οι μαθητές έχουν διαμορφωμένες απόψεις για την ερμηνεία φαινομένων της καθημερινής ζωής. Για να μπορέσουμε να τους οδηγήσουμε να

αμφισβητήσουν τις ερμηνείες τους για ορισμένα καθημερινά φαινόμενα θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε καθημερινά υλικά (Κουμαράς, 2000).

Επιπλέον, είναι σημαντικό φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών που διερευνώνται να σχετίζονται με το Περιβάλλον, εισάγοντας με αυτό τον τρόπο θέματα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης ή θέματα Εκπαίδευσης για την Αειφόρο Ανάπτυξη (ΕΑΑ) σε όλα τα μαθήματα. Η σύνδεση με περιβαλλοντικά θέματα είναι ιδιαίτερα σημαντική, γιατί προσφέρει γνώσεις, στάσεις και αξίες που είναι απαραίτητες για να εξασφαλιστεί ένα βιώσιμο μέλλον για την ανθρωπότητα. Η δεκαετία 2005-2014 ονομάστηκε από τα Ηνωμένα Έθνη «Δεκαετία για την Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη» και η UNESCO ανέλαβε πρωτεύοντα ρόλο σε αυτή την προσπάθεια (UNESCO, 2009, 2012). Η ΕΑΑ ασχολείται με θέματα που αφορούν το περιβάλλον, αλλά επίσης άλλα θέματα κοινωνικά ή οικονομικά.

Υπήρξαν πολλές προσπάθειες παγκόσμια για να εισαχθεί η ΕΑΑ στα πανεπιστημιακά προγράμματα (Fien, 1995; Åhlberg et al, 2005; Segalàs et al, 2010). Αλλά επίσης στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση οι μαθητές θα πρέπει να εκπαιδευτούν σε αυτά τα θέματα, όπως έδειξε πρόσφατη έρευνα, ότι χρειάζεται περισσότερη δουλειά με τα νεαρά άτομα για να αναπτυχθεί η κατανόησή τους σχετικά με τα θέματα (Walshe, 2013).

Οι εκπαιδευτικοί όλων των βαθμίδων της εκπαίδευσης θα πρέπει να είναι ενημερωμένοι για τη σημασία της ΕΑΑ και θα πρέπει να είναι σε θέση να περιλαμβάνουν περιβαλλοντικά θέματα σε όλα τα αντικείμενα που διδάσκουν (Plakitsi et al, 2013). Ιδιαίτερα, νηπιαγωγοί και εκπαιδευτικοί της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης θα πρέπει να είναι σε θέση να διδάξουν και να ευαισθητοποιήσουν τους μαθητές για τη σημασία της βιώσιμης ανάπτυξης ώστε να αναπτύξουν θετική στάση για τη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας (Roth et al, 2013).

Επιπλέον, η ΕΑΑ χρειάζεται συμμετοχικές διδακτικές προσεγγίσεις, που να κινητοποιούν τους μαθητές και να τους καθιστούν ικανούς και υπεύθυνους δημοκρατικούς πολίτες, όπως μάθηση μέσα από πειράματα, μάθηση βασισμένη στην έρευνα και ικανότητα δράσης (Sterling 2001, 2010; Jucker 2002; UNESCO, 2012; Ellis & Weekes, 2008; Christie et al, 2013). Για το λόγο αυτόν η ΕΑΑ απαιτεί σημαντικές αλλαγές στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Ένα άλλο πρόβλημα των πειραματικών μαθημάτων είναι ότι δεν απευθύνεται σε άτομα με αναπηρίες, αποκλείοντας ή εμποδίζοντας αυτά τα άτομα να έχουν πρόσβαση στην εκπαίδευση, η οποία είναι δικαίωμα για όλους. Οι βοηθητικές τεχνολογίες δίνουν τη δυνατότητα να έχουν πρόσβαση στην εκπαίδευση φοιτητές με αναπηρίες. Υπάρχουν πολλά μεμονωμένα παραδείγματα, καθώς και εκτεταμένη βιβλιογραφία για προσαρμογές πειραμάτων και πειραματικών διατάξεων από πολλά εργαστηριακά μαθήματα από όλο τον κόσμο. για να αναφέρουμε κάποια παραδείγματα εργαστηριακών μαθημάτων στη Χημεία (Boyd-Kimball, 2012; Pereira et al, 2013; Miecznikowski, 2015; Melaku, 2016), στη Φυσική (Brazier, 2000; Beck-Winchatz & Riccobono, 2008; Windelborn, 1999; Carver, 1967; Sahin & Yorek, 2009), Μαθηματικά (Van Scoy et al, 2005).

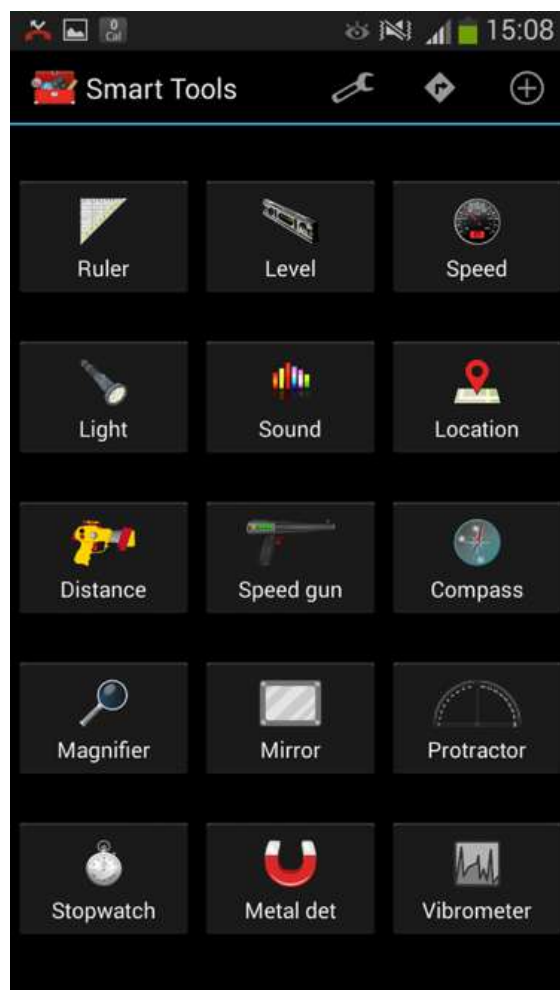
Σύμφωνα με τα ευρήματα του συνεδρίου «Working Conference for Persons with Disabilities» (Egelston-Dott, 1995, p. 95) “οι σχολές των Φυσικών Επιστημών τείνουν να μην είναι πληροφορημένες και συχνά δείχνουν έλλειψη επιθυμίας να κάνουν προσαρμογές για φοιτητές με αναπηρίες”, ενώ τα προγράμματα εκπαίδευσης εκπαιδευτικών δεν παρέχουν πληροφορίες και εμπειρία για την εκπαίδευση μαθητών με αναπηρίες. Θα έπρεπε εν ενεργεία εκπαιδευτικοί και μελλοντικοί εκπαιδευτικοί να ενημερωθούν και να ευαισθητοποιηθούν για τις ανάγκες των φοιτητών με οπτικές, ή άλλες αναπηρίες υποστηρίζεται εδώ και πολύ καιρό στη διεθνή βιβλιογραφία (Lang, 1983; Stefanich & Norman, 1996), και θα πρέπει να αποκτήσουν τις δεξιότητες στο να χρησιμοποιούν εκπαιδευτικά υλικά και βοηθητικές τεχνολογίες.

Στην εργασία αυτή θα δείξουμε πώς μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το κινητό τηλέφωνο με τη χρήση της εφαρμογής Color, η οποία είναι μία από τις εφαρμογές του Smart Tool Box. Το Color δίνει τη δυνατότητα να αναλυθεί το χρώμα ενός αντικειμένου που στοχεύουμε, με τη βοήθεια της κάμερας του κινητού τηλεφώνου, στις συνιστώσες του σε Κόκκινο, Πράσινο και Μπλε (Red, Green, Blue) ή (RGB). Εδώ θα δείξουμε πώς μπορεί μια τέτοια εφαρμογή να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της οξύτητας ή αλκαλικότητας διαλυμάτων. Η εφαρμογή αυτή μπορεί να γίνει προσβάσιμη σε τυφλούς με τη χρήση αναγνώστη κειμένου.

Μεθοδολογία

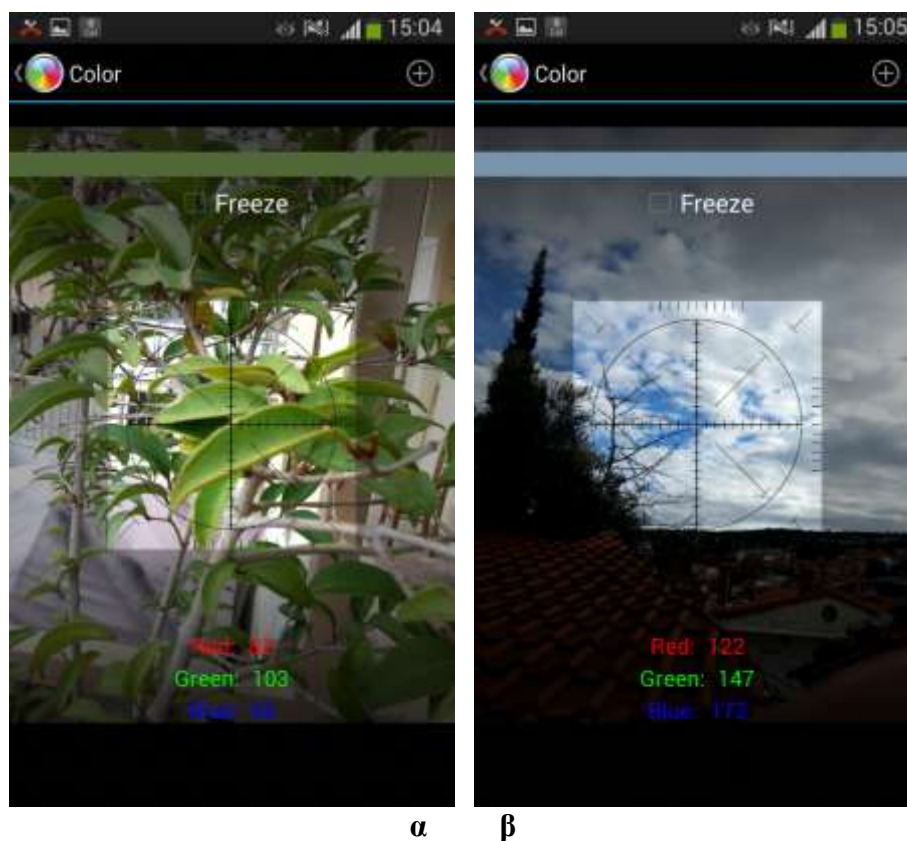
Χρησιμοποιώντας στο κινητό μας τηλέφωνο την εφαρμογή Smart Tool Box, Σχήμα 1, μπορούμε να έχουμε πρόσβαση σε 35 εφαρμογές που περιλαμβάνουν χάρακα, ταχύμετρο, αλφάδι, μετρητή

απόστασης, μετατροπέα μονάδων, μετρητή έντασης ήχου, κλπ. Η εφαρμογή με κάποιες από τις επιλογές φαίνεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Η εφαρμογή Smart Tool Box, όπως φαίνεται στο κινητό τηλέφωνο. Βλέπουμε τις διάφορες εφαρμογές που περιλαμβάνει, όπως χάρακας, αλφάδι, κ.λπ.

Μια από τις εφαρμογές που περιλαμβάνεται στο Smart Tool Box είναι η εφαρμογή Color, με την οποία μπορούμε να προσδιορίσουμε το χρώμα ενός αντικειμένου με μορφή RGB, δηλαδή τριών αριθμών που μπορούν να πάρουν τιμές από το 0 έως το 255. Το μαύρο χρώμα στο πρότυπο αυτό δημιουργείται με την έλλειψη όλων των χρωμάτων, είναι δηλαδή το (0,0,0), ενώ το λευκό η ισόποση ανάμειξη όλων των χρωμάτων, δηλαδή το (255,255,255). Τα χρώματα που παρατηρούμε στο περιβάλλον δεν είναι συνήθως καθαρά, αποτελούμενα για παράδειγμα το κόκκινο από (255, 0, 0), αλλά αυτό που αντιλαμβανόμαστε ως κόκκινο χρώμα αποτελείται συνιστώσες, με υψηλό ποσοστό στη συνιστώσα του κόκκινου και χαμηλότερα ποσοστά στο πράσινο και μπλε, δίνοντας έτσι διάφορους τόνους του κόκκινου. Για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας την ενσωματωμένη κάμερα της φωτογραφικής μηχανής, στοχεύσαμε το πράσινο χρώμα ενός φύλλου, το οποίο αναλύθηκε στις συνιστώσες RGB (82,103,55) (Σχήμα 2α) και το γαλάζιο του ουρανού, το οποίο αποτελείται από RGB (122,147,172) (Σχήμα 2β). Στο Σχήμα 2α και 2β παρουσιάζουμε δύο στιγμιότυπα από την διαδικασία αυτή, όπως φαίνονται μέσα από την κάμερα του κινητού και στο κάτω μέρος της οθόνης παρουσιάζεται η ανάλυση του χρώματος που στοχεύουμε αναλυμένο στις συνιστώσες RGB.



Σχήμα 2. Η εφαρμογή Color, όπως φαίνεται στο κινητό τηλέφωνο. Στοχεύουμε με την κάμερα σε κάποιο αντικείμενο και η εφαρμογή παρουσιάζει το χρώμα του αντικειμένου σε RGB.

Χρησιμοποιώντας έναν αναγνώστη κειμένου με την εφαρμογή Color, μη βλέποντες μπορούν να έχουν πρόσβαση στην πληροφορία σχετικά με τα χρώματα του περιβάλλοντός τους. Αυτή η πληροφορία είναι πολύ σημαντική για τη πραγματοποίηση πειραμάτων αλλά και γιατί σχετίζεται με θέματα ασφάλειας. Συνεπώς, η εφαρμογή Color μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εργαστηριακές εφαρμογές εύρεσης pH μιας ουσίας, αλλά και σε πολλές άλλες εφαρμογές, κάνοντας τα πειράματα αυτά προσβάσιμα σε άτομα με οπτικές αναπηρίες.

Για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας ένα γενικό δείκτη (universal indicator) μπορούμε να προσδιορίσουμε προσεγγιστικά το pH ενός διαλύματος. Ο γενικός δείκτης είναι ένα διάλυμα πολλών ουσιών, το οποίο παίρνει διαφορετικά χρώματα ανάλογα με το pH του διαλύματος. Οι κοινοί δείκτες αλλάζουν χρώμα όταν εκτεθούν σε περιβάλλον μέσα σε κάποια όρια ενεργής οξύτητας. Αντίθετα, ο γενικός δείκτης αλλάζει απόχρωση ή χρώμα σε ολόκληρο το εύρος τιμών του pH, παίρνοντας χρώμα που επιτρέπει κατά προσέγγιση τον προσδιορισμό της τιμής του pH, σύμφωνα με τον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Προσεγγιστικός προσδιορισμός του pH διαλύματος

| Εύρος pH | Περιγραφή | Χρώμα |
|----------|---------------|------------------|
| 0-3 | Ισχυρά όξινο | Ερυθρό |
| 3-6 | Όξινο | Πορτοκαλοκίτρινο |
| 7 | Ουδέτερο | Πράσινο |
| 8-11 | Βασικό | Μπλε |
| 11-14 | Ισχυρά βασικό | Μωβ |

Υπάρχουν κάποια σημαντικά σημεία στην κλίμακα του pH. Τα ουδέτερα διαλύματα έχουν τιμή pH 7, όξινα διαλύματα έχουν λιγότερο από 7, ενώ αλκαλικά διαλύματα παίρνουν τιμές μεγαλύτερες από 7. Όσο πιο κοντά στο 0 είναι το pH ενός διαλύματος τόσο πιο ισχυρό οξύ είναι, ενώ όσο κοντύτερα είναι το pH στο 14 τόσο πιο ισχυρή βάση είναι το διάλυμα. Στο Σχήμα 3 φαίνονται διαλύματα με τους αντίστοιχους βαθμούς οξύτητας (Bitesize, 2014).



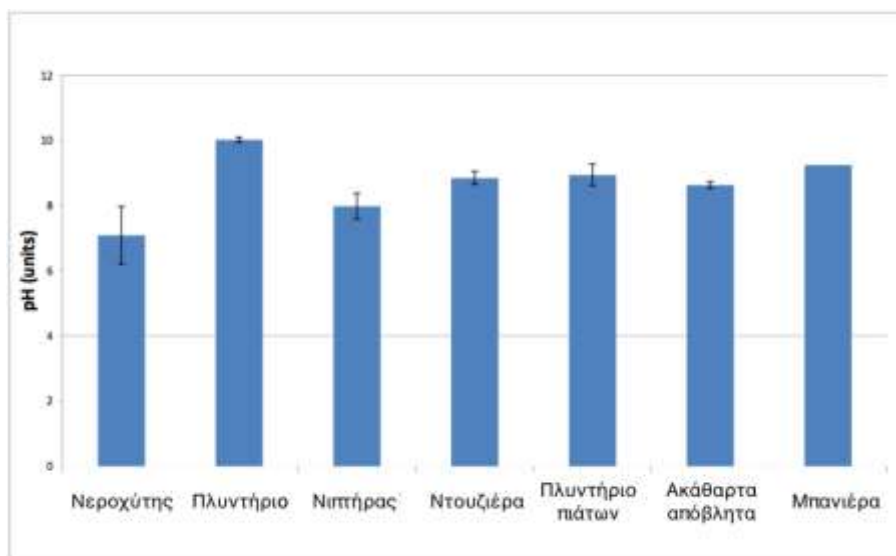
Σχήμα 4. Βαθμοί οξύτητας με γενικό δείκτη. Η αρίθμηση ξεκινάει αριστερά με 0, που αντιστοιχεί στη μέγιστη οξύτητα και φτάνει μέχρι το 14 με τη μεγαλύτερη αλκαλικότητα. Το 7 αντιστοιχεί στο ουδέτερο (πράσινο) (Bitesize, 2014).

Επιπλέον, εκτός από τον γενικό δείκτη, μπορούν σε πειράματα με καθημερινά υλικά να χρησιμοποιηθούν δείκτες από καθημερινά υλικά, όπως είναι το εκχύλισμα από μπλε (κόκκινο) λάχανο. Το πλεονέκτημα από τη χρήση υλικών της καθημερινής ζωής είναι ότι μπορούμε εύκολα να το προμηθευτούμε και να το χρησιμοποιήσουμε σε πειράματα με καθημερινά υλικά και παρασκευάζεται πολύ εύκολα. Ψιλοκόβουμε λίγο μπλε λάχανο και το βράζουμε για λίγο με αρκετό νερό και παίρνουμε το εκχύλισμα. Η αντιστοιχία των χρωμάτων με τις τιμές του pH για το χυμό του μπλε λάχανου παρουσιάζεται στο Σχήμα 5. Παρατηρούμε ότι μπορούμε να διακρίνουμε ευκρινώς το pH, τουλάχιστον σε ακέραιες τιμές. Ξεκινώντας από τα αριστερά προς τα δεξιά μπορούμε να παρατηρήσουμε μερικές κανονικότητες, η σημαντικότερη από τις οποίες είναι τα όξινα διαλύματα ($\text{pH} < 7$) έχουμε αποχρώσεις που ξεκινούν από έντονο κόκκινο και σταδιακά πηγαίνουν προς μωβ αποχρώσεις. Για τα αλκαλικά διαλύματα ($\text{pH} > 7$) παρατηρούμε κυριαρχία του μπλε χρώματος. Για pH 10-11 εμφανίζεται το πράσινο χρώμα το οποίο καταλήγει σε κίτρινο για pH 12. Βλέπουμε ότι τα ισχυρά οξέα και οι ισχυρές βάσεις, υλικά που είναι επικίνδυνα, έχουν πολύ ευδιάκριτη υπογραφή χρώματος, πράγμα που διευκολύνει την αναγνώριση τους μέσα από την ανάλυση RGB και για άτομα με οπτικές αναπηρίες.



Σχήμα 5. Χάρτης pH για το χυμό από μπλε (κόκκινο) λάχανο.

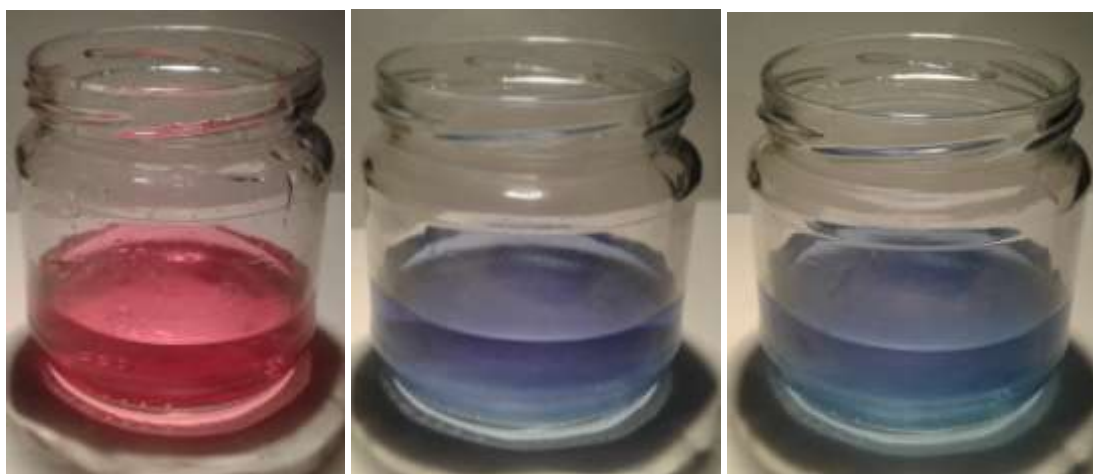
Η χρήση ακόμα και συνηθισμένων οικιακών καθαριστικών επιβαρύνει το περιβάλλον. Τα διαλύματα αμμωνίας έχουν pH 11, η σαπουνάδα έχει pH 12, η χλωρίνη και το καθαριστικό φούρνου 13, ενώ τα υγρά που χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό των αποχετεύσεων έχουν pH 14. Τα υγρά των μπαταριών έχουν 0 pH και θα πρέπει να απορρίπτονται με ειδικό τρόπο και όχι με τα οικιακά απορρίμματα. Στο Σχήμα 6 παρουσιάζεται η μέση τιμή του pH των αποβλήτων για κάθε οικιακή συσκευή. Από το Σχήμα 6 φαίνεται πως τα συνηθισμένα απορρυπαντικά που χρησιμοποιούνται στα σπίτια αλλάζουν το pH του νερού, μεταβάλλοντάς το σε αλκαλικό διάλυμα. Παρατηρούμε ότι στις διάφορες συσκευές το pH μεταβάλλεται από 6.4 έως το 10.6 (Tjandraatmadja et al, 2009). Το θέμα αυτό είναι ιδιαίτερα επιβαρυντικό για το περιβάλλον, επειδή δεν υπάρχουν προδιαγραφές για τα οικιακά απόβλητα, όπως υπάρχουν για τα βιομηχανικά.



Σχήμα 6. pH οικιακών απόβλητων (Tjandraatmadja et al, 2009).

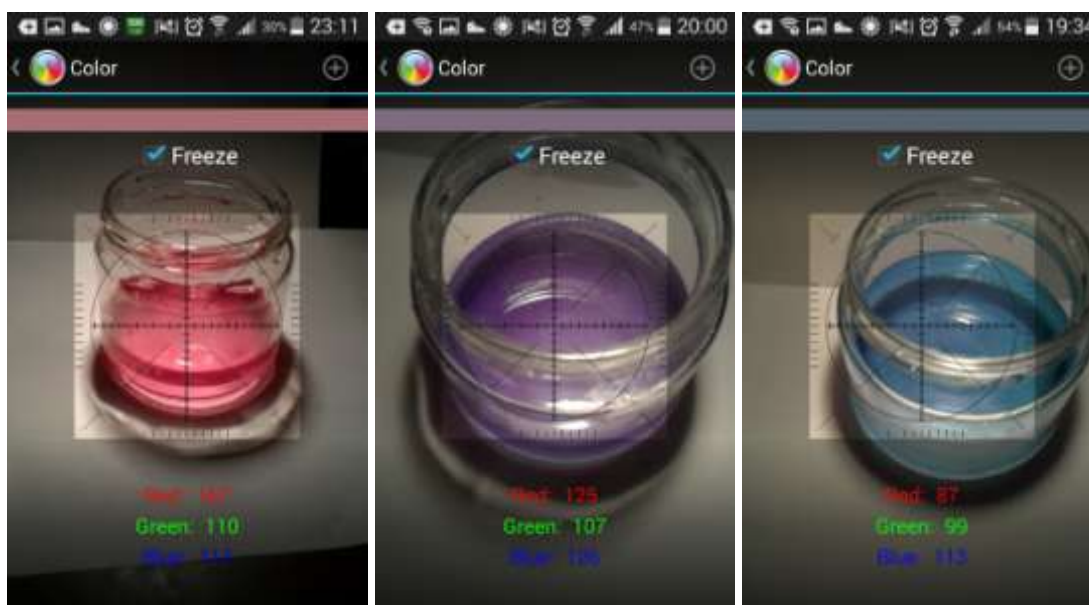
Αποτελέσματα

Για να δούμε πως μπορεί να εφαρμοστεί στην πράξη αυτή η εφαρμογή χρησιμοποιήσαμε εκχύλισμα από μπλε λάχανο, που αραιώθηκε με νερό. Σε αυτό προσθέσαμε ζύδι και μαγειρική σόδα. Το αποτέλεσμα φαίνεται στο Σχήμα 7.



Σχήμα 7. Εκχύλισμα μπλε λάχανου (μεσαίο βάζο), με ζύδι (αριστερό βάζο) και με μαγειρική σόδα (δεξί βάζο).

Ύστερα είδαμε τα χρώματα μέσα από την εφαρμογή Color της Smart Tools. Παραθέτουμε τα στιγμιότυπα που είδαμε με τη χρήση του κινητού στο Σχήμα 8, όπου το δα είναι το όξινο διάλυμα με RGB (167,110,117), το δβ το ουδέτερο διάλυμα με RGB (125,107,126) και το δγ το βασικό διάλυμα με RGB (87,99,113). Παρατηρούμε ότι εμφανώς στο όξινο διάλυμα υπερισχύει το κόκκινο χρώμα και σύμφωνα με τα σχόλια που έχουμε διατυπώσει πιο πάνω, ότι είναι μια απόχρωση του κόκκινου και ως εκ τούτου περιέχει και κάποιο ποσοστό από τα άλλα χρώματα. Το ίδιο μπορούμε να παρατηρήσουμε και για το αλκαλικό διάλυμα. Συνεπώς οι συνιστώσες RGB των διαλυμάτων μπορούν να βοηθήσουν να διακρίνουμε αν ένα διάλυμα είναι όξινο, ουδέτερο, ή αλκαλικό.



α β γ

Σχήμα 8. Στιγμιότυπα με την εφαρμογή Color. 8α είναι το οξύ διάλυμα, το 8β το ουδέτερο και το 8γ το βασικό διάλυμα.

Χρησιμοποιήσαμε την εφαρμογή Color της Smart Tools στο κινητό για τον προσδιορισμό της οξύτητας σε διαλύματα, καθώς και γενικά για αναγνώριση του περιβάλλοντος χώρου για χρήση για μη βλέποντες, σε συνεργασία με αναγνώστη κειμένου. Παρατηρήσαμε ότι βοήθησε τόσο στον προσδιορισμό της οξύτητας ή αλκαλικότητας διαφόρων διαλυμάτων, αλλά θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ακόμη για πολλές άλλες εφαρμογές, όπως ο προσδιορισμός επικινδυνότητας αποβλήτων, η καθαρότητα του πόσιμου νερού, καθώς και για την χρωματική ταυτοποίηση σχημάτων και φωτεινών πηγών του περιβάλλοντος.

Συμπεράσματα

Από την χρήση της εφαρμογής Color του πακέτου εφαρμογών Smart Tool Box προέκυψε ότι μπορούμε χρησιμοποιώντας εκχύλισμα μπλε λάχανου για δείκτη να προσδιορίσουμε την οξύτητα ή αλκαλικότητα διαλυμάτων με καθημερινά υλικά με καλή προσέγγιση. Επίσης η μέθοδος αυτή επιτρέπει την ανίχνευση ισχυρών οξέων και βάσεων, άρα μπορεί να διασφαλιστεί η ασφάλεια στον εντοπισμό τους και την κατάλληλη διαχείρισή τους. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι τα οικιακά απόβλητα επιβαρύνουν το περιβάλλον και να προσπαθούμε να χρησιμοποιούμε προϊόντα που να είναι λιγότερο επιβαρυντικά. Η σύγχρονη τεχνολογία που μας προσφέρει το κινητό τηλέφωνο σε συνδυασμό με διάφορες εφαρμογές μέτρησης μπορούν να αποτελέσουν ένα σύγχρονο εργαστήριο για πολλά πειράματα. Σε συνδυασμό με αναγνώστη κειμένου μπορεί επίσης με αυτό το τρόπο να δοθεί η δυνατότητα σε μη βλέποντες να έχουν φορητά εργαλεία που μπορούν να τους δώσουν πρόσβαση σε πολλές πληροφορίες από το περιβάλλον τους. Η εργασία αυτή είναι η αρχή μιας σειράς πειραμάτων με τη χρήση κινητών τηλεφώνων. Τα πρώτα αποτελέσματα είναι πολύ θετικά. Επίσης υπάρχει θετική εμπειρία και από αντίστοιχες έρευνες που έχουν γίνει στο εξωτερικό (Vogt et al, 2011). Θεωρούμε ότι έχουν πολλά να προσφέρουν, τόσο με το να κεντρίσουν το ενδιαφέρον των μαθητών, όσο και για να φανεί ότι ως συσκευή έχει πολλές δυνατότητες για πραγματοποίηση πειραμάτων αλλά επίσης ότι προσφέρει μια προσβάσιμη μέθοδο για άτομα με οπτικές αναπηρίες.

Αναφορές

- Åhlberg M., Äänismaa P., & Dillon, P. (2005) Education for Sustainable Living: Integrating theory, practice, design, and development. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 49(2), 167-185.
- Beck-Winchatz, B., Riccobono, M.A. (2008). Advancing participation of blind students in Science, Technology, Engineering, and Math. *Advances in Space Research*, 42(11), 1855–1858.

- Bitesize, (2014). Indicators and the pH scale, http://www.bbc.co.uk/bitesize/ks3/science/chemical_material_behaviour/acids_bases_metals/revision/4/, ημερομηνία προσέλασης: 5/1/2016.
- Boyd-Kimball, D. (2012). Adaptive Instructional Aids for Teaching a Blind Student in a Nonmajors College Chemistry Course. *Journal of Chemical Education*, 89(11), pp 1395–1399.
- Brazier, M., Parry, M., Fischbach, E. (2000). Blind students: Facing challenges in a college physics course.
- Carver, T.R. (1967). The Design and Use of a Light Probe for Teaching Science to Blind Students. *The Physics Teacher*, 5, 61.
- Christie, B.A., Miller, K.K., Cooke, R. & White, J.G. (2013). Environmental sustainability in higher education: how do academics teach? *Environmental Education Research*, 19(3), 385-414.
- Egelston-Dodd, J. (Ed.), (1995). *Improving science instruction for students with disabilities: Proceedings of a working conference on science for persons with disabilities*. IA: University of Northern Iowa.
- Ellis, G. & Weekes, T. (2008). Making sustainability 'real': using group-enquiry to promote education for sustainable development. *Environmental Education Research*, 14(4), 482-500.
- Fien, J. (1995). Teaching for a Sustainable World: the Environmental and Development Education Project for Teacher Education. *Environmental Education Research*, 1(1), 21-33.
- Journal of College Science Teaching*, 30(2), 114-116.
- Jucker, R. (2002). *Our common illiteracy: Education as if the Earth and people mattered*. Frankfurt am Main: Peter Laing.
- Melaku, S., Schreck, J.O., Griffin, K., & Dabke, R.B. (2016). Interlocking Toy Building Blocks as Hands-On Learning Modules for Blind and Visually Impaired Chemistry Students. *Journal of Chemical Education*, in press.
- Miecznikowski, J.R., Guberman-Pfeffer, M.J., Butrick, E.E., Colangelo, J.A., & Donaruma, C.E. (2015). Adapting Advanced Inorganic Chemistry Lecture and Laboratory Instruction for a Legally Blind Student. *Journal of Chemical Education*, 92(8), 1344–1352.
- Pereira, F., Ponte-e-Sousa, J.C., Fartaria, R.P.S., Bonifácio, V.D.B., Mata, P., Aires-de-Sousa, J., & Lobo, A.M. (2013). Sonified Infrared Spectra and Their Interpretation by Blind and Visually Impaired Students. *Journal of Chemical Education*, 90(8), 1028–1031.
- Plakitsi, K. et al (2013). *Activity Theory in Formal and Informal Science Education*. Series: Cultural perspectives in science education: research dialogs. Series editor: Kenneth Tobin, City University of New York, USA, and Catherine Milne, New York University. Editor and Co-authors: ATFISE group of the University of Ioannina (K. Plakitsi and PhD students) p. 252. Rotterdam: Sense Publishers.
- Roth, W.-M., Goulart, M.I.M., Plakitsi, K. (2013). *Science Education during Preschool Years. A Cultural-Historical Approach*. SERIES: Cultural Studies of Science Education. Series editor: Kenneth Tobin, City University of New York, USA, and Catherine Milne, New York University. Authors from University of Victoria, Canada and Universidade Federal de Minas Gerais, Brazil and University of Ioannina, Greece. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Sahin, M., Yorek, N. (2009). Teaching science to visually impaired students: A small-scale qualitative study. *US-China Education Review*, 6(4), 19-26.
- Segalàs, J., Ferrer-Balas, D., Wulder K.F. (2010). What do engineering students learn in sustainability courses? The effect of the pedagogical approach. *Journal of Cleaner Production*, 18, 275–284.
- Stanley, P. (2000). Students with disabilities in higher education: a review of the literature. *College Student Journal*, 34(2).
- Sterling, S. (2001). *Sustainable education: Re-visioning learning and change*. Totnes: Green Books.
- Sterling, S. (2010). Learning for resilience or the resilient learner? Towards a necessary reconciliation in a paradigm of sustainable education. *Environmental Education Research*, 16(5), 511-528.
- Tjandraatmadja, G., Pollard, C., Gozukara Y., & Sheedy, C. (2009). *Origins of priority contaminants in household wastewater — an experimental assessment*. CSIRO: Water for a Healthy Country National Research Flagship.
- UNESCO. (2009). *Review of Contexts and Structures for the Education for Sustainable development 2009*. Division for the Coordination of United Nations Priorities in Education, Paris: UNESCO.
- Van Scoy, F., McLaughlin, D., Fullmer, A. (2005). *Auditory augmentation of haptic graphs: developing a graphic tool for teaching precalculus skills to blind students*. Proceedings of ICAD 05-Eleventh Meeting of the International Conference on Auditory Display, Limerick, Ireland, July 6-9, 2005.
- Vogt, P., Kuhn, J. & Müller, S. (2011). Experiments Using Cell Phones in Physics Classroom Education: The Computer-Aided g Determination. *The Physics Teacher*, 49(6), 383-384.
- Walshe, N. (2013). Exploring and developing student understandings of sustainable development, *The Curriculum Journal*, 24(2), 224-249.
- Windelborn, A.F. (1999). Doing physics blind. *The Physics Teacher*, 37, 366.

Αξιοποίηση ΤΠΕ και δεδομένων μετεωρολογικών σταθμών για την κατανόηση της συμπεριφοράς μεγεθών της καταστατικής εξίσωσης στην ατμόσφαιρα

Μαρία Μπίρμπα

Φυσικός (PhD), 1ο ΓΕΛ Πύργου
maria_birba@yahoo.gr

Θεόδωρος Κονδύλης

Μηχανικός ηλεκτρονικών υπολογιστών, συνεργάτης Αστεροσκοπείου Αθηνών
th.kondilis@yahoo.gr

Ιωάννης Γεωργίου

Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, 1ο ΓΕΛ Πύργου
giageorgiou@sch.gr

Ηλίας Καλογήρου

Φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. ν. Ηλείας
ekfil@yahoo.gr

Περίληψη

Οι μαθητές της Β' Λυκείου διδάσκονται Θερμοδυναμική στη Φυσική Θετικής Κατεύθυνσης. Σκοπός του εγχειρήματος που παρουσιάζεται σε αυτή την εργασία ήταν η αξιοποίηση των ΤΠΕ και καινοτόμων προσεγγίσεων προκειμένου να εξοικειωθούν οι μαθητές με καταστατικά μεγέθη, όπως η θερμοκρασία του αέρα και η ατμοσφαιρική πίεση, καθώς και η συσχέτιση των δύο παραπάνω μεγεθών με άλλα πολύ σημαντικά φυσικά μεγέθη που χρησιμοποιούνται για την μελέτη της συμπεριφοράς της γήινης ατμόσφαιρας. Οι μαθητές επεξεργάστηκαν πρωτογενή δεδομένα από μετεωρολογικούς σταθμούς του Εθνικού Αστεροσκοπείου και μέσα από την ανάλυση και τη σύνθεσή τους προσπάθησαν να καταλάβουν τον τρόπο λειτουργίας της ατμόσφαιρας.

Λέξεις κλειδιά: ατμόσφαιρα, καταστατική εξίσωση, ΤΠΕ

Εισαγωγή

Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ) αποτελούν δομική συνιστώσα της σύγχρονης κοινωνίας στην οποία καλούνται να ζήσουν οι σημερινοί νέοι, και επηρεάζουν καθοριστικά κάθε δραστηριότητα αυτής (Παπαδόπουλος, 1998; Τζιμογιάννης & Κόμης, 2004). Η Εκπαίδευση θεωρείται το μέσο προώθησης της Κοινωνίας της Πληροφορίας (Τσαούσης, 1995).

Με τον όρο «Τεχνολογίες της Πληροφορίας» χαρακτηρίζονται οι τεχνολογίες που επιτρέπουν την επεξεργασία και τη μετάδοση μίας ποικιλίας μορφών αναπαράστασης της πληροφορίας (σύμβολα, εικόνες, ήχοι, βίντεο) καθώς και τα μέσα που είναι φορείς αυτών των άυλων μηνυμάτων (Κόμης, 2004). Η εξοικείωση με τις ΤΠΕ κι ο τεχνολογικός αλφαριθμητισμός αποτελούν τμήμα του πυρήνα της βασικής εκπαίδευσης, και είναι αντίστοιχης σπουδαιότητας με την ανάγνωση και τη γραφή (Unesco, 2000; ΥΠΕΠΘ, 1996). Σύμφωνα με το Παρατηρητήριο για την Κοινωνία της Πληροφορίας (2009), το σύγχρονο εκπαιδευτικό περιβάλλον θεωρεί τις ΤΠΕ ως αναπόσπαστο εργαλείο της εκπαιδευτικής διαδικασίας, το οποίο στοχεύει στην αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών, στην προώθηση της ενεργητικής συμμετοχής τους και τελικά στην αποτελεσματικότερη εκπαιδευτική διαδικασία. Καλούνται λοιπόν οι σύγχρονοι εκπαιδευτικοί να προσαρμόσουν τις γνώσεις και τις δεξιότητές τους ώστε να μπορέσουν να ανταπεξέλθουν στις νέες απαιτήσεις της εκπαίδευσης ανταποκρινόμενοι στην ανάγκη συνεχούς αναπροσαρμογής του εκπαιδευτικού συστήματος στα κοινωνικά δεδομένα (Μπρατίτσης κ.ά, 2003). Η χρήση των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία μπορεί να αναβαθμίσει το ρόλο του εκπαιδευτικού και να βελτιώσει την αποτελεσματικότητά του, ωστόσο απαιτεί από την πλευρά των εκπαιδευτικών την ανάπτυξη νέων ικανοτήτων καθώς και αναθεώρηση των παιδαγωγικών τους ιδεών προκειμένου να προσεγγίσουν με επιτυχία τα διδακτικά τους καθήκοντα

(Χρονάκη, 2004). Παρόλα αυτά, σειρά ερευνών καταλήγει στο συμπέρασμα πως οι ΤΠΕ βρίσκονται μάλλον στο περιθώριο και δεν αξιοποιούνται στην εκπαιδευτική διαδικασία (Hixon & Buckenmeyer, 2009).

Παράλληλα, σύγχρονες θεωρίες μάθησης τονίζουν την ανεπάρκεια των παραδοσιακών εκπαιδευτικών δομών και προβάλλουν την ανάγκη αξιοποίησης συνεργατικών μορφών μάθησης και την στροφή από μία δασκαλοκεντρική προσέγγιση σε μία άλλη που θα θεωρεί τον μαθητή ως κέντρο της και τον δάσκαλο ως διευκολυντή της μάθησης (Μακρή-Μπότσαρη, 2006). Τα παιδιά οικοδομούν τη γνώση, ενώ η μάθηση προωθεί την ανάπτυξη χωρίς ωστόσο να την διαχωρίζει από το κοινωνικό περιβάλλον (Vygotsky, 1978). Οι εξωσχολικές εμπειρίες των παιδιών συσχετίζονται με σχολικές εμπειρίες (Κόκκοτας, 2002). Σε μία τέτοια μορφή μάθησης, η συνεργατική μέθοδος μπορεί να αποτελέσει ένα εργαλείο που θα βοηθήσει τους μαθητές (Dillnbourg & Self, 1995) καθώς αυτοί εμπλέκονται ενεργά αφενός στη διατύπωση ερωτημάτων στη δική τους γλώσσα, αφετέρου στη συλλογική διαπραγμάτευση των μαθησιακών δραστηριοτήτων. Έτσι, δεν αρκούνται στην απλή αναπαραγωγή του υλικού ή της πληροφορίας που παρουσιάστηκε από το δάσκαλο ή υπάρχει σε ένα βιβλίο (Κόκκοτας, 2002). Η συνεργατική μέθοδος υλοποιείται, σύμφωνα με τους (Johnson et al, 1993), με μικρές ομάδες στις οποίες οι μαθητές εργάζονται μαζί, με σκοπό τη μεγιστοποίηση της μάθησης σε προσωπικό αλλά και συλλογικό επίπεδο, παρέχοντας με αυτόν τον τρόπο μία σειρά από θετικά αποτελέσματα (Johnson et al, 1986; Slavin, 1991; Johnson et al, 1993; Kagan, 1994).

Οι ΤΠΕ μπορούν να αξιοποιηθούν στη συνεργατική διαδικασία μάθησης με δύο μορφές: τη χρήση υπολογιστή (Computer-supported collaborative learning - CSCL) και τη συλλογική εργασία στον υπολογιστή (Computer-supported collaborative work - CSCW) (Σολωμονίδου, 2002). Έτσι, ο Crook (1994) διακρίνει τις μορφές σε αυτήν όπου οι μαθητές συγκεντρώνονται και συλλογικά αξιοποιούν τον υπολογιστή για να διερευνήσουν ένα θέμα, και σε εκείνη όπου συνεργάζονται μέσω υπολογιστών όπως π.χ. κατά την αξιοποίηση του διαδικτύου ή του cloud storing.

Η συνεργατική χρήση των ΤΠΕ παρουσιάζει σύμφωνα με τους Johnson et al (1986) μία σειρά από πλεονεκτήματα όπως ποσοτικότερη και ποιοτικότερη μαθητική εργασία, ικανότητα αναγνώρισης και αξιολόγηση πραγματικής πληροφόρησης, επιτυχία στην επίλυση σύνθετων προβλημάτων και ευχέρεια στη διαχείριση υπολογιστικών προγραμμάτων.

Μία σειρά από έρευνες (Cavalier & Klein, 1998; Singhanayok & Hooper, 1998; McConnell, 2000; Littleton & Light, 1999; Riel, 1990) επιβεβαιώνουν τα παραπάνω πλεονεκτήματα καταλήγοντας πως η συνεργατική μάθηση με χρήση υπολογιστών οδηγεί σε βελτίωση των σχέσεων, της κατανόησης και της αποδοχής ανάμεσα σε παιδιά που ανήκουν σε διαφορετικά πολιτισμικά περιβάλλοντα, στην ανάπτυξη του διαλόγου, στην ανταλλαγή ιδεών μεταξύ των μαθητών καθώς και στην μεγαλύτερη αυτοεκτίμηση και στη βελτιωμένη εικόνα του εαυτού τους.

Προσπαθώντας να εφαρμόσει τους παραπάνω άξονες στην σύγχρονη σχολική πραγματικότητα, και συγκεκριμένα στη Φυσική Β Λυκείου Θετικής Κατεύθυνσης όπου το 3^ο και το 4^ο κεφάλαιό της περιλαμβάνουν βασικές αρχές Θερμοδυναμικής, η συγγραφική ομάδα του παρόντος εγχειρήματος συνέδεσε βασικές αρχές Μετεωρολογίας με τμήμα της διδασκόμενης ύλης προκειμένου να επεκτείνει τη διδασκαλία και στη μελέτη του σημαντικότερου και πολυτιμότερου αερίου του πλανήτη μας. Συγκεκριμένα, μέσα από πραγματικά δεδομένα, επιχειρήθηκε η εξοικείωση των μαθητών με την θερμοκρασία του αέρα και την ατμοσφαιρική πίεση, καταστατικά μεγέθη τα οποία μαθαίνουν να χρησιμοποιούν -μηχανιστικά δυστυχώς- στις ασκήσεις του μαθήματος, καθώς και η συσχέτιση των δύο συγκεκριμένων μεγεθών με άλλα, επίσης πολύ σημαντικά φυσικά μεγέθη που χρησιμοποιούνται για την μελέτη της συμπεριφοράς της ατμόσφαιρας.

Οι δύο βαρύτιμοι πυλώνες της όλης διαδικασίας που περιγράφεται λεπτομερώς στην επόμενη παράγραφο, αποτέλεσαν η συνεργασία μας με το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών που μας εξασφάλισε πολυτιμότερα δεδομένα Μετεωρολογικών Σταθμών, και η εκτεταμένη χρήση των ΤΠΕ χωρίς τη βοήθεια των οποίων δεν θα είχε επιτευχθεί ο σκοπός του εγχειρήματος.

Με αυτή την προσπάθεια θελήσαμε να προτείνουμε μία υψηλού ακαδημαϊκού επιπέδου δραστηριότητα που να απευθύνεται σε όλους τους μαθητές, να προκληθεί το ενδιαφέρον τους εφόσον το αντικείμενο μελέτης τους ήταν τόσο οικείο, να κατανοήσουν βαθύτερα σημαντικές έννοιες, και να προετοιμαστούν ως μελλοντικοί ενεργοί πολίτες αφού μέσα από την κατανόηση της συμπεριφοράς της ατμόσφαιρας μπορούν να πάρουν θέση σε τρέχοντα περιβαλλοντικά ζητήματα.

Μεθοδολογία

Για την υλοποίηση του προγράμματος, αρχικά οι μαθητές εξοικειώθηκαν με την συμπεριφορά των προς μελέτη φυσικών μεγεθών στις πραγματικές συνθήκες, δηλαδή στη φύση. Ταυτόχρονα ο συνεργάτης του Εθνικού Αστεροσκοπείου πραγματοποίησε μια διδακτική επίσκεψη στην τάξη όπου και συζήτησε με τους μαθητές τις παραμέτρους της εργασίας και μπόρεσε να λύσει απορίες τους. Επίσης παρείχε τα δεδομένα από 2 μετεωρολογικούς σταθμούς: της Αρχαίας Ολυμπίας και της Ζαχάρως. Ο πρώτος σταθμός επιλέχτηκε λόγω της βαρύνουσας σημασίας του χώρου αλλά και λόγω της ημιορεινής θέσης του. Ο δεύτερος σταθμός επιλέχτηκε γιατί βρίσκεται δίπλα στη θάλασσα (η θάλασσα εκτείνεται νοτιοδυτικά του σταθμού) και σε βουνό (το βουνό Λαπίθας βρίσκεται ανατολικά-νοτιοανατολικά του σταθμού) οπότε είναι πολύ ενδιαφέρων από φυσικής άποψης. Αυτά τα μετεωρολογικά δεδομένα παρουσιάστηκαν στους μαθητές χωρίς να έχουν υποστεί επεξεργασία, προκειμένου να μπορέσουν να τα συνδυάσουν με τις έννοιες που είχαν διδαχτεί.

Στη συνέχεια οι μαθητές χωρίστηκαν σε 4 ομάδες καθεμία από τις οποίες ανέλαβε την επεξεργασία των δεδομένων για μια περιοχή και για μια περίοδο του χρόνου: χειμώνας Ολυμπίας, καλοκαίρι Ολυμπίας, χειμώνας Ζαχάρως, καλοκαίρι Ζαχάρως. Επιλέχτηκαν για μελέτη οι πιο ενδιαφέρουσες από μετεωρολογικής άποψης εποχές - χειμώνας και καλοκαίρι – διότι τότε παρατηρούνται εντονότερες μεταβολές στα προς μελέτη φυσικά μεγέθη.

Κάθε ομάδα κλήθηκε να δημιουργήσει 5 γραφήματα:

α) θερμοκρασίας αέρα, σημείου δρόσου, σχετικής υγρασίας και βροχόπτωσης, σε συνάρτηση με τον χρόνο (Σχήμα 1). Αρχικός στόχος αυτού του γραφήματος ήταν οι μαθητές να κατανοήσουν ότι όταν η θερμοκρασία του αέρα γίνεται ίση με την θερμοκρασία δρόσου, τότε η σχετική υγρασία φτάνει στο 100% και συνοδεύεται από βροχόπτωση, ενώ όσο πιο μεγάλη είναι η ατμοσφαιρική θερμοκρασία από το σημείο δρόσου, τόσο πιο πολύ ελαττώνεται η σχετική υγρασία.

β) θερμοκρασίας και ατμοσφαιρικής πίεσης, σε συνάρτηση με τον χρόνο (Σχήμα 2). Αρχικός στόχος αυτού του διαγράμματος ήταν να συσχετίσουν τις μεταβολές της πίεσης και της θερμοκρασίας στα χαμηλά και στα υψηλά βαρομετρικά συστήματα.

γ) ατμοσφαιρικής πίεσης και βροχόπτωσης, σε συνάρτηση με τον χρόνο (Σχήμα 3). Αρχικός στόχος αυτού του διαγράμματος ήταν να διαπιστώσουν ότι η πτώση της πίεσης συνδέεται με την βροχόπτωση.

δ) θερμοκρασίας αέρα και διεύθυνσης ανέμου, σε συνάρτηση με τον χρόνο (Σχήμα 4), Αρχικός στόχος αυτού του γραφήματος ήταν να συνδέσουν οι μαθητές τη διεύθυνση των ανέμων με τη θερμοκρασία (πχ ο βόρειος άνεμος προκαλεί πτώση της θερμοκρασίας).

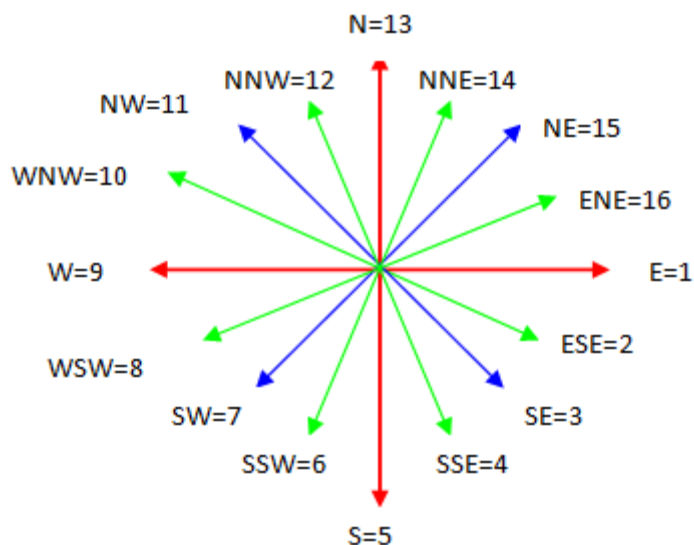
ε) σχετικής υγρασίας και διεύθυνσης ανέμου, σε συνάρτηση με τον χρόνο (Σχήμα 5). Αρχικός στόχος αυτού του γραφήματος ήταν να παρατηρήσουν ότι ο άνεμος, ανάλογα με την προέλευσή του, έχει και διαφορετικό φορτίο υγρασίας (πχ. όταν ο άνεμος έρχεται από τη θάλασσα, αυξάνεται η σχετική υγρασία της περιοχής).

Κάθε ομάδα είχε στην κατοχή της ένα πρωτογενές αρχείο δεδομένων σε μορφή Excel και επεξεργάστηκε τα δεδομένα με το συγκεκριμένο πρόγραμμα. Η επεξεργασία πραγματοποιήθηκε από τα παιδιά τόσο στο χώρο του εργαστηρίου πληροφορικής του σχολείου όσο και εκτός. Προκειμένου να υπάρξει η δυνατότητα αυτή οι μαθητές χρησιμοποίησαν τις δυνατότητες που τους παρείχαν web 2.0 εργαλεία όπως τα Google sheets και cloud storing. Έτσι, μετά από την επεξεργασία των δεδομένων δημιούργησαν τις γραφικές παραστάσεις που ακολουθούν. Στη συνέχεια κάθε ομάδα παρουσίασε τα αποτελέσματά της στην ολομέλεια και ακολούθησε σχολιασμός και σύνθεση των συμπερασμάτων προκειμένου να αντιστοιχήσουν τις μεταβολές των φυσικών μεγεθών που επεξεργάστηκαν οι ίδιοι, με τις πραγματικές καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν στην κάθε περιοχή. Παράλληλα πραγματοποιήθηκε μια προσπάθεια για βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη των καιρικών συνθηκών που αναμένεται να επικρατήσουν σε μια περιοχή, με βάση τα δεδομένα των σταθμών. Η όλη διαδικασία απαιτήσε περίπου 6 σχολικές ώρες, χωρίς να περιλαμβάνονται οι ώρες της εξωσχολικής απασχόλησης.

Αποτελέσματα

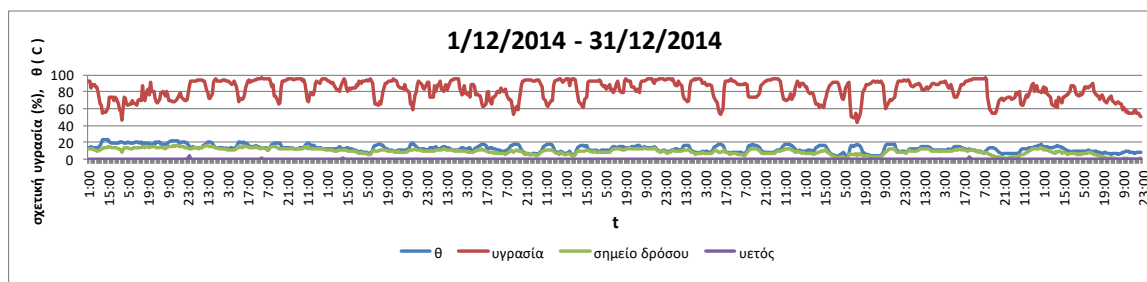
Παρακάτω παρατίθενται ενδεικτικά οι γραφικές παραστάσεις των δεδομένων του μετεωρολογικού σταθμού της Ζαχάρως για τον Δεκέμβριο 2014, τις οποίες κατασκεύασε μία από τις ομάδες των

μαθητών. Η μορφή του χρόνου στις γραφικές παραστάσεις είναι ω:λλ. Για τις διευθύνσεις του ανέμου χρησιμοποιήθηκε η σύμβαση της Εικόνας 1:



Εικόνα 1. Διευθύνσεις ανέμου

Ακολουθούν τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξαν τα παιδιά, χρησιμοποιώντας την μέθοδο της καθοδηγούμενης ανακάλυψης και εννοιολογικής αλλαγής (Σπυροπούλου-Κατσάνη, 2005).



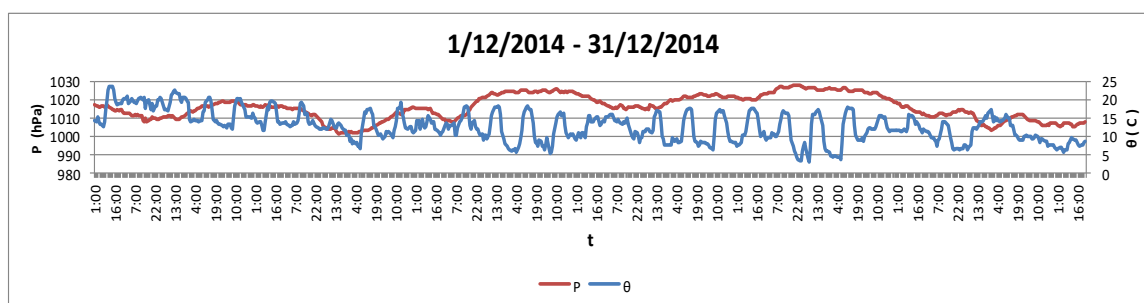
Σχήμα 1. Σχετική υγρασία, σημείο δρόσου, $\theta_{\text{αέρα}}$, υετός

Στο Σχήμα 1 παρατηρούμε ότι το 1^ο δεκαήμερο του Δεκεμβρίου η περιοχή βρίσκεται υπό την επίδραση θερμών αερίων μαζών, με το θερμομέτρο να φτάνει και να ξεπερνά τους 20°C, θερμοκρασίες πολύ υψηλές γι' αυτόν τον μήνα. Η χαμηλή σχετική υγρασία τις πρώτες ημέρες αυτού του δεκαημέρου μας δείχνουν πως υπήρξαν δύο εξάρσεις ενισχυμένων νοτιοανατολικών ανέμων οι οποίοι δρουν ως καταβάτες καθώς έρχονται από τον ορεινό όγκο που βρίσκεται ανατολικά-νοτιοανατολικά του σταθμού. Αυτού του είδους οι άνεμοι είναι θερμοί και ξηροί εκ φύσεως (Wallace & Hobbs, 2006). Τις υπόλοιπες ημέρες του δεκαημέρου συμπεραίνουμε πως λόγω ασθενών ανέμων η υγρασία παρουσίασε την αναμενόμενη για την εποχή και την αλλαγή νύχτας-ημέρας συμπεριφορά. Ο σχεδόν καθημερινός υετός που έχει καταγραφεί μας δείχνει πως ήπια άστατος καιρός επικράτησε στην περιοχή.

Καιρός νοτιάδων επικράτησε το 2^ο δεκαήμερο, με δύο βαρομετρικά χαμηλά. Αυτό φαίνεται ξεκάθαρα από την διατήρηση της μέγιστης θερμοκρασίας, παρά την μικρή πτώση, κοντά στους 20°C, καθώς και στην σταθερά αυξημένη υγρασία που συνοδεύτηκε από υετό, τόσο τις δυο πρώτες ημέρες του δεκαημέρου οπότε επηρεάστηκε η περιοχή από το 1^ο σύστημα, όσο και μετά τα μέσα του 2^{ου} δεκαημέρου οπότε επικρατεί το 2^ο σύστημα. Στα ενδιάμεσα χρονικά διαστήματα συμπεραίνουμε πως επικράτησε βελτιωμένος καιρός, ασθενείς άνεμοι με την υγρασία στα γνωστά και συνήθη αυξημένα ποσοστά της κατά την διάρκεια της νύχτας και στις φυσιολογικές πτώσεις της τις θερμές ώρες της ημέρας. Στο τέλος του δεκαημέρου, μπορούμε να συμπεράνουμε πως επικράτησε ανέφελος ουρανός και ασθενείς άνεμοι, ευνοϊκοί παράγοντες θερμοκρασιακής αναστροφής (η "βουτιά" της

θερμοκρασίας κατά την διάρκεια των νυχτερινών ωρών, λόγω της Γήινης ακτινοβολίας (Glickman, 2000).

Με βελτιωμένο καιρό ξεκινά το 3ο δεκαήμερο, με ασθενείς ανέμους και συνθήκες θερμοκρασιακής αναστροφής κατά την διάρκεια των νυχτερινών ωρών. Αυτό το καταλαβαίνουμε από το μεγάλο εύρος της θερμοκρασίας (σχεδόν κοντά στο μηδέν το πρωί - άρα ξαστεριά και νηνεμία) και την υγρασία στα γνωστά και συνήθη αυξημένα ποσοστά της κατά την διάρκεια της νύχτας και στις φυσιολογικές πτώσεις της τις θερμές ώρες της ημέρας. Βαρομετρικό χαμηλό φαίνεται να επηρέασε την περιοχή στα μέσα του 3ου δεκαημέρου, με νοτιάδες. Φαίνεται στην σταθερά αυξημένη υγρασία, ενώ η απότομη πτώση της υγρασίας προφανώς θα οφείλεται σε στροφή σε πιο ανατολικής συνιστώσας ανέμους (καταβάτες) και μάλιστα ενισχυμένους. Μάλιστα, αυτό φαίνεται και από την μικρή άνοδο της θερμοκρασίας. Καθώς το χαμηλό βαρομετρικό θα κινήθηκε ανατολικότερα στράφηκαν σταδιακά οι άνεμοι σε δυτικούς, άρα υετοφόρους (Changnon, 2006) όπως φαίνεται στην καταγραφή υετού και στην αύξηση της υγρασίας. Τέλος, το τελευταίο διήμερο του μήνα η σταθερή, χαμηλή θερμοκρασία (τόσο την ημέρα όσο και τη νύχτα, χωρίς να υπάρχει θερμοκρασιακή βύθιση τη νύχτα που να δηλώνει αναστροφή), και η σημαντική βύθιση του σημείου δρόσου σημαίνει αλλαγή στις αέριες μάζες. Πράγματι, ψυχρή εισβολή επηρέασε την περιοχή, με σημαντική πτώση υγρασίας, άρα προφανώς έπνεαν βορειοανατολικοί ενισχυμένοι άνεμοι που μεταφέρουν ψυχρές μάζες και που ταυτόχρονα είναι άνεμοι ξηροί άρα κατέρχονται από ορεινούς όγκους.

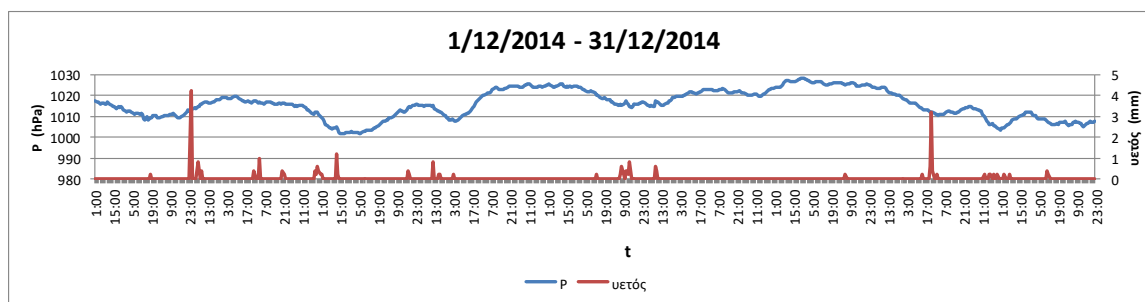


Σχήμα 2. P_{atm} , $\theta_{αέρα}$

Το Σχήμα 2, με την άνοδο της θερμοκρασίας σε συνδυασμό με την πτώση της πίεσης τις πρώτες ημέρες του 1^{ου} δεκαημέρου, μας μαρτυρά ότι η περιοχή επηρεάστηκε από εκτεταμένο βαρομετρικό χαμηλό (Φλόκας, 1997) το οποίο προκάλεσε θερμή εισβολή (τους καταβάτες, που προαναφέρθηκαν). Τις επόμενες ημέρες του δεκαημέρου η περιοχή διήλθε σε ομαλό πεδίο πιέσεων. Η αυξομείωση της θερμοκρασίας νύχτα- μέρα δείχνει μια συνήθη μεταβολή κατά την διάρκεια των 24ωρων. Τις τελευταίες μέρες του 1^{ου} δεκαημέρου εκ νέου βαθύ βαρομετρικό χαμηλό (σημαντική πτώση πίεσης) επηρέασε την περιοχή.

Όπως προαναφέρθηκε, κατά το 2^ο δεκαήμερο του μήνα αλληπάλληλα βαρομετρικά συστήματα επηρεάζουν την περιοχή: ξεκίνημα με τους νοτιάδες λόγω χαμηλού βαρομετρικού πεδίου, οι οποίοι διατηρούν την θερμοκρασία σε υψηλές τιμές, έπειτα πιο ομαλό πεδίο σχετικά υψηλών πιέσεων με την συνήθη διακύμανση της θερμοκρασίας (με ευνοϊκές συνθήκες αναστροφής κατά την διάρκεια της νύχτας), και το 2^ο βαρομετρικό χαμηλό μετά τα μέσα του δεκαημέρου με την επικράτηση νοτιάδων.

Με συνθήκες υψηλών πιέσεων κύλησε το πρώτο μισό του 3^{ου} δεκαημέρου. Αυτό σημαίνει καλοκαιρία, ενώ οι βυθίσεις της θερμοκρασίας (αναστροφή) κατά την διάρκεια των νυχτερινών ωρών προκάλεσαν ξαστεριά και νηνεμία. Πτώση πίεσης και απουσία αναστροφικών θερμοκρασιών παρατηρούμε στα μέσα του 3^{ου} δεκαημέρου, οπότε συμπεραίνουμε ότι βαρομετρικό χαμηλό επηρέασε την περιοχή. Προφανώς το σύστημα στην συνέχεια βάθυνε περισσότερο όπως φαίνεται στην πτώση της πίεσης, ενώ η άνοδος της θερμοκρασίας που παρατηρούμε μας δίνει να καταλάβουμε πως ενισχύθηκαν οι καταβάτες. Η περιοχή βρίσκεται σταθερά σε πεδίο χαμηλών πιέσεων αφού δεν έχουμε θερμοκρασιακή αναστροφή τη νύχτα (που θα συνοδευόταν από νηνεμία και θα αποτελούσε μαρτυρία υψηλού βαρομετρικού) και η σταθερή, χαμηλή θερμοκρασία (ημέρα - νύχτα) φανερώνει ψυχρή εισβολή όπως τονίστηκε παραπάνω.

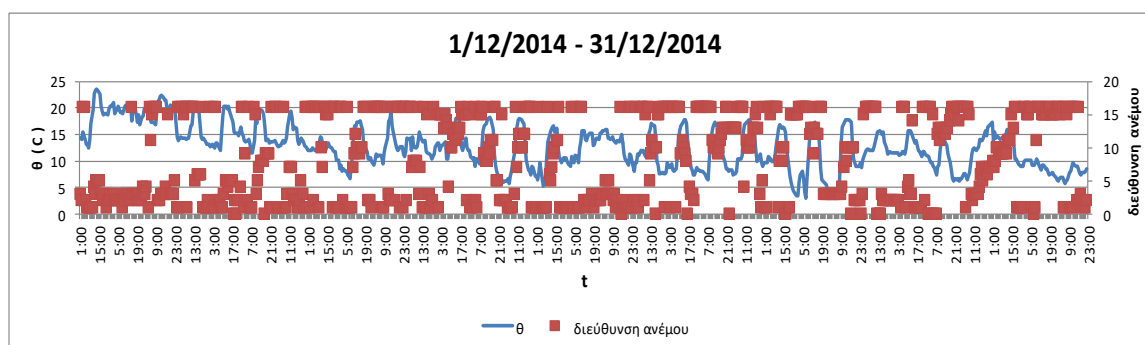


Σχήμα 3. P_{atm} , υετός

Το Σχήμα 3 μας δίνει μικρό ποσό υετού στα μέσα του 1^{ου} δεκαημέρου, όταν επικράτησε ομαλό πεδίο πιέσεων, κάτι που μαρτυρά ότι μικροδιαταραχές επηρέασαν την περιοχή.

Στο 2^ο δεκαήμερο, το 1^ο χαμηλό βαρομετρικό το βλέπουμε και στον υετό που έδωσε. Στην συνέχεια το πεδίο είναι ομαλό με σχετικά υψηλές πιέσεις, χωρίς υετό. Η ένδειξη υετού 0.2mm φανερώνει ιδιαίτερα αυξημένη υγρασία, άρα φαινόμενο δρόσου. Το 2^ο βαρομετρικό χαμηλό επηρέασε εκ νέου την περιοχή δίνοντας συνεχή υετό.

Με συνθήκες υψηλών πιέσεων κύλησε το πρώτο μισό του 3ου δεκαημέρου, άρα με καλοκαιρία την ημέρα και αυξημένη υγρασία τη νύχτα όταν και διακρίνουμε την καταγραφή δρόσου 0.2mm. Η πτώση πίεσης (βαρομετρικό χαμηλό) στα μέσα του δεκαημέρου, που επηρέασε την περιοχή, φαίνεται και στον αυξημένο υετό.

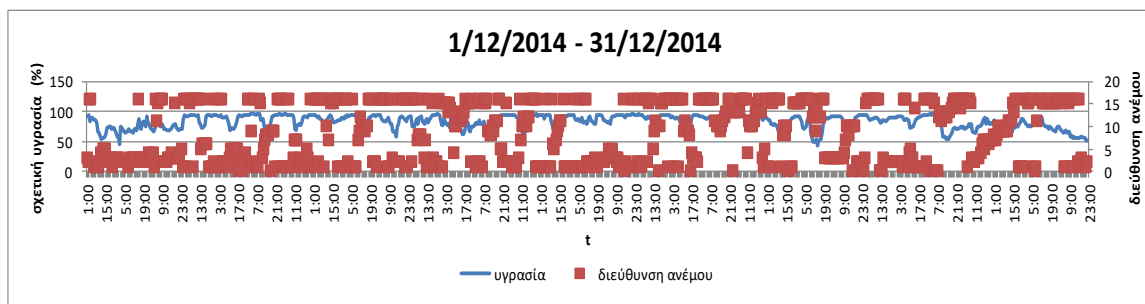


Σχήμα 4. $\theta_{αέρα}$, διεύθυνση ανέμου

Στο Σχήμα 4, τις πρώτες ημέρες του 1^{ου} δεκαημέρου βλέπουμε τους θερμούς νοτιοανατολικούς ανέμους. Τις επόμενες ημέρες βλέπουμε μεταβλητούς ανέμους με την συνηθισμένη αυξομείωση της θερμοκρασίας νύχτα- μέρα, συνεπώς οι άνεμοι δεν πρέπει να ήταν πάνω από μέτριοι σε ένταση.

Οι άνεμοι στις αρχές του 2ου δεκαημέρου και στα μέσα αυτού ήταν ανατολικοί-νοτιοανατολικοί που, λόγω των ταυτόχρονων υψηλών θερμοκρασιών, δρουν στην περιοχή ως καταβάτες λόγω των χαμηλών βαρομετρικών πιέσεων.

Οι δυτικοί-βορειοδυτικοί άνεμοι στις αρχές του 3^{ου} δεκαημέρου με τις βυθίσεις της θερμοκρασίας τη νύχτα μας κάνουν να συμπεράνουμε πως επικράτησε καλοκαιρία με ασθενείς γενικά ανέμους έως και νηνεμία. Η στροφή των ανέμων στα μέσα αυτού του δεκαημέρου σε νοτιοανατολικούς φανερώνουν την επιρροή βαρομετρικού χαμηλού. Στο διάγραμμα αποτυπώνεται εντυπωσιακά η κίνηση του βαρομετρικού χαμηλού με την βαθμιαία στροφή των ανέμων από νοτιοανατολικούς σε νότιους, νοτιοδυτικούς, δυτικούς, βορειοδυτικούς φανερώνοντας την κίνηση ενός καλά οργανωμένου βαρομετρικού χαμηλού (Ahrens, 2013). Στο τέλος η επικράτηση βορειοανατολικών ανέμων και η σταθερή, χαμηλή θερμοκρασία φανερώνουν ενισχυμένους ψυχρούς ανέμους, συνεπώς ψυχρή εισβολή.



Σχήμα 5. Σχετική υγρασία, διεύθυνση ανέμου

Στο Σχήμα 5, η χαμηλή σχετική υγρασία τις πρώτες ημέρες του 1^{ου} δεκαημέρου με τις δυο σημαντικές βυθίσεις οφείλεται στους ξηρούς καταβάτες. Τις υπόλοιπες ημέρες συμπεραίνουμε από τις αυξομειώσεις της υγρασίας πως επικράτησαν σχετικά ασθενείς άνεμοι μεταβλητών διευθύνσεων με την υγρασία στα συνηθισμένα, αυξημένα ποσοστά της κατά την διάρκεια της νύχτας και στις φυσιολογικές πτώσεις της τις θερμές ώρες της ημέρας (Schaefer, 1991).

Βελτιωμένος καιρός με ασθενείς γενικά άνεμους συμπεραίνουμε πως επικράτησε από την αρχή του 2^{ου} δεκαημέρου έως τα μέσα, καθώς κατά την διάρκεια της ημέρας βλέπουμε να επικρατούν δυτικοί και κατά την διάρκεια της νύχτας ανατολικών διευθύνσεων άνεμοι, δηλαδή θαλάσσια αύρα την ημέρα και απόγεια αύρα τη νύχτα (Birroughs, 1991), υποδηλώνοντας ήπιο καιρό. Από τα μέσα του δεκαημέρου οι νότιοι-νοτιοανατολικοί που επικρατούν υποδηλώνουν βαρομετρικό χαμηλό και η αυξημένη υγρασία συνεχώς βροχοπτώσεις. Στην συνέχεια, προς το τέλος του δεκαημέρου βλέπουμε και πάλι να επικρατούν δυτικοί και κατά την διάρκεια της νύχτας ανατολικών διευθύνσεων άνεμοι, δηλαδή θαλάσσια αύρα την ημέρα και απόγεια αύρα τη νύχτα, υποδηλώνοντας βελτιωμένο καιρό.

Με θαλάσσια αύρα και απόγεια αύρα ξεκινά το 3^ο δεκαήμερο, συνεπώς με καλοκαιρία. Βαρομετρικό χαμηλό επηρέασε την περιοχή στα μέσα του δεκαημέρου όπως φαίνεται με τους νότιους-νοτιοανατολικούς ανέμους που επικράτησαν. Η στροφή των ανέμων στα μέσα του δεκαημέρου σε νοτιοανατολικούς φανερώνουν την επιρροή βαρομετρικού χαμηλού. Και στο Σχήμα 5 αποτυπώνεται εντυπωσιακά η κίνηση του βαρομετρικού χαμηλού που περιγράφηκε προηγουμένως, όσο και η τελική εισβολή ψυχρών και ξηρών αέριων μαζών λόγω των βορειοανατολικών ανέμων.

Συμπεράσματα

Τις παραπάνω διδακτικές ώρες οι μαθητές εργάστηκαν σε ομάδες, με θετικότατο κλίμα συνεργασίας, όπου και έδειξαν ιδιαίτερο ζήλο και επιθυμία για συμμετοχή καθώς ασχολήθηκαν με κάτι που ξέφευγε από το συνηθισμένο πλαίσιο των μαθημάτων. Παράλληλα, η συμμετοχή του συνεργάτη του Εθνικού Αστεροσκοπείου βελτίωσε το κύρος της όλης διαδικασίας και δημιούργησε θετικά συναισθήματα στους μαθητές. Ο συνδυασμός αυτός δημιούργησε ένα περιβάλλον ασφάλειας μέσα στο οποίο μπόρεσαν να συμμετέχουν ενεργά όλοι, άλλος για τη δημιουργία των γραφημάτων, άλλος για την αισθητική μορφοποίησή τους, άλλος για την ερμηνεία τους. Παράλληλα, οι εκπαιδευτικοί προσπάθησαν να εμπνεύσουν τα παιδιά ώστε αυτά να επεξεργαστούν τα δεδομένα, να εκφραστούν, να συζητήσουν και να καταλήξουν τα ίδια σε συμπεράσματα μέσα από τη σύνθεση των απόψεών τους.

Ακολουθήθηκε το Εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας (Kelly, 1955; Ράπτης & Ράπτη, 2001) διότι χρησιμοποιήθηκαν οι προϋπάρχουσες θέσεις των μαθητών – τα «νοητικά μοντέλα» τους (Driver et al, 1993; Κουλαϊδής, 1994; Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001). Οι εκπαιδευτικοί διευκόλυναν και οργάνωσαν την διαδικασία της εννοιολογικής εξέλιξης, και οι μαθητές ήταν σε θέση να παρακολουθήσουν την πορεία αυτής της γνωστικής εξέλιξής τους. Χρησιμοποιήθηκαν οι διδακτικές τεχνικές της πρόβλεψης, της παρατήρησης, της εξήγησης, και τελικά της εφαρμογής σε νέα, αυθεντικά προβλήματα (Ollerenshaw & Ritchie, 1993; Κόκκοτας, 2002).

Με αυτή τη διαδικασία επήλθε σύνδεση της παρεχόμενης επιστημονικής γνώσης (Lemeignan & Weil-Borais, 1997) με την καθημερινότητα των μαθητών (Ραβάνης, 2003) γιατί κατανόησαν πλειάδα συνήθων καιρικών φαινομένων, ως επέκταση των σχολικών γνώσεών τους για τα φυσικά μεγέθη που εμπεριέχει η καταστατική εξίσωση. Άλλωστε, επιτέλους μελέτησαν ένα πραγματικό αέριο, και μάλιστα το πολυτιμότερο της Γης, κι όχι μόνο τα αέρια που είναι κλεισμένα σε δοχεία και τα οποία

έχουν την αποκλειστικότητα τόσο στη θεωρία όσο και στις ασκήσεις των δύο κεφαλαίων της Θερμοδυναμικής.

Πραγματοποιήθηκε γνωστική ανατροφοδότηση καθώς απέκτησαν θεμελιώδεις δεξιότητες για βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη του καιρού. Επίσης, έχοντας πλέον στοιχειωδώς κατανοήσει τη συσχέτιση και αλληλεπίδραση των εξεταζόμενων φυσικών μεγεθών, οι μαθητές συμμετέχοντας ενεργά σε όλη την διαδικασία προχώρησαν στη δόμηση ενός εκπαιδευτικού σεναρίου που περιέχει ερωτήσεις για την μελέτη κι άλλων φυσικών μεγεθών τις τιμές των οποίων μπορούμε να πάρουμε από τις συσκευές που χρησιμοποιούνται στους μετεωρολογικούς σταθμούς.

Γνώρισαν τις δυνατότητες που παρέχουν οι ΤΠΕ τόσο με τη μορφή υπολογιστικών προγραμμάτων όσο και με τη δυνατότητα που τους παρέχουν να συνεργάζονται και να επεξεργάζονται δεδομένα συνεργατικά ακόμα και όταν δε βρίσκονται στον ίδιο χώρο.

Τελικά, οι μαθητές εντυπωσιάστηκαν από την όλη διαδικασία:

α) από την Φύση, για τη Λογική που την διέπει,

β) από την χρήση της Τεχνολογίας ως πολυτιμότεο αλλά και εύχρηστο εργαλείο που έχουν στα χέρια τους για να τους βοηθήσει στην κατανόηση των εννοιών που διδάσκονται παραδοσιακά, προσφέροντας υψηλού ακαδημαϊκού επιπέδου εργαλεία για την πραγματοποίηση αυτής της διαδικασίας,

γ) από την συνεργασία με τον επιστημονικό φορέα (Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών) που είναι εγκατεστημένος στη περιοχή μας.

Προτάσεις

α) Ενώ αφιερώνεται σχεδόν η μισή ύλη της Φυσικής Θετικής Κατεύθυνσης Β' Λυκείου στη Θερμοδυναμική, δεν προχωράμε στην ουσιαστική πρακτική εφαρμογή των διδασκόμενων θεμάτων. Θεωρώντας απαράδεκτο αυτό το γεγονός, προτείνουμε να αφιερωθούν επίσημα 3 διδακτικές ώρες σε βασικά μετεωρολογικά θέματα.

β) Να καταστρωθούν κατάλληλα δομημένα πειράματα για επαλήθευση στην ατμόσφαιρα της αδιαβατικής μεταβολής και της καταστατικής εξίσωσης, με τη χρήση μετεωρολογικών δεδομένων.

γ) Να γενικευτεί και σε άλλους τομείς της Φυσικής η λογική της επέκτασης της διδακτικής ύλης στην εξήγηση φαινομένων της καθημερινότητας των μαθητών και στην κατάστρωση πειραμάτων με πραγματικό ενδιαφέρον – όχι πειράματα, για τα πειράματα. Είναι αδιανόητο π.χ. να διδάσκεται η οριζόντια βολή ηλεκτρικών φορτίων μέσα σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο, χωρίς να προχωρούμε στη μελέτη του παλμογράφου.

Αναφορές

- Ahrens, C. D. (2013). *Meteorology today, an introduction to Weather, Climate, and the Environment*. Belmont Canada: Cengage Learning/Brooks/Cole.
- Burroughs, W. J., (1991). *Watching the world's weather*, New York: Cambridge University Press.
- Cavalier, J. C., & Klein, J. D. (1998). *Effects of cooperative versus individual learning and orienting activities during computer-based instruction*. Educational Technology Research and Development, 46 (1)
- Changnon, S. A., (2006). *Railroad and weather: from fog to floods and heat to hurricanes*, Boston Ma: American Meteorological Society.
- Dillnbourg, P., & Self, J. A. (1995). Designing human-computer collaborative learning. In C. E. O'Malley (Ed.), *Computer Supported Collaborative Learning*. Hamburg: Springer-Verlag.
- Driver, R., Guesne, E., Tiberchien, A. (1993). *Οι ιδέες των παιδιών στις φυσικές επιστήμες*. Αθήνα: Ένωση Ελλήνων Φυσικών.
- Glickman, S. (2000). *Glossary of Meteorology*. Boston: American Meteorological Society.
- Hixon, E., & Buckenmeyer, J. (2009). Revisiting technology integration in schools: Implications for professional development. *Computers in the Schools*, 26 (2).
<http://www.pi-schools.gr/hdte/material/ict.htm>
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Holubec, E. J. (1993). *Circles of learning: Cooperation in the classroom Edina*. M.N.: Interaction
- Johnson, R., Johnson, D., & Stanne, M. (1986). Comparison of Computer assisted cooperative, competitive and individualistic learning. *American Educational Research Journal*, 23, 382-392.
- Kagan, S. (1994). *Cooperative Learning*. San Juan Capistrano, CA: Kagan Cooperative Learning.
- Kelly, G. (1955). *The Psychology of personal constructs 1 and 2*, New York: Norton.

- Lemeignan, G., Weil-Barais, A. (1997). *Η οικοδόμηση των εννοιών στη Φυσική. Η διδασκαλία της Μηχανικής*, Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Littleton, K., & Light, P. (1999). *Learning with computers: Analysing productive interactions*. London: Routledge.
- McConnell, D. (2000). *Implementing Computer Supported Cooperative Learning*, London: Kogan Page Ltd.
- Ollerenshaw, C., Ritchie, R. (1993). *Primary science: Making it work*. London: David Fulton.
- Riel, M. (1990). Cooperative learning across classrooms in electronic Learning Circles. *Instructional Science*, 19, 445- 466.
- Schaefer, V. J. (1991). *Peterson first guide to clouds and weather*. Boston Ma: Houghton Mifflin.
- Singhanayok, C., & Hooper, S. (1998). The effects of cooperative learning and learner control on students' achievement, option selections and attitudes. *Educational Technology Research and Development*, 46 (2), 17-33.
- Slavin, R. (1991). Synthesis of research on cooperative learning. *Educational Leadership*, 48, 71-82.
- Unesco. (1994). *Informatics for Secondary Education. A Curriculum for Schools*. Paris: UNESCO
- Wallace, J. M., Hobbs, P. V. (2006). *Atmospheric science: an introductory survey*, Burlington Ma: Academic Press.
- Κόμης, Β.(2004). *Εισαγωγή στις εκπαιδευτικές εφαρμογές των τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών*. Αθήνα: Νέες Τεχνολογίες.
- Κόκκοτας, Π. (2002). *Διδακτική των φυσικών επιστημών II. Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών*, Αθήνα: Γρηγόρης.
- Κουλαϊδής, Β. (1994). *Αναπαραστάσεις του φυσικού κόσμου*, Αθήνα: Gutenberg.
- Μακρή – Μπότσαρη, Ε. (2006). Σύγχρονες αντιλήψεις για τη μάθηση και τη διδασκαλία και η εφαρμογή τους με εργαλεία υπολογιστικής και δικτυακής τεχνολογίας. Στο: *Επιμορφωτικό υλικό γενικού μέρους του προγράμματος σπουδών για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών*. Αθήνα, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.
- Μπρατίτσης, Θ., Χλαπάνης, Γ., Μηναιΐδη, Α., Δημητρακοπούλου, Α. (2003). *Σχεδιασμός Προγράμματος διαρκούς επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών από απόσταση, με βάση δεδομένα έρευνας από τρέχουσα επιμόρφωση στις τεχνολογίες της Πληροφορίας και της επικοινωνίας*. Ανακτήθηκε στις 9 Ιανουαρίου στο: http://www.rhodes.aegean.gr/LTEE/papers/paper_docs/hlapanis/%D4%E5%EB%E9%EA%FC%20%A2%F1%E8%F1%EF%20%C5%C1%D0.doc
- Παπαδόπουλος, Γ. (1998). *Η πληροφορική στο σχολείο: Ο σχεδιασμός και το έργο του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου*. Ανακτήθηκε στις 9 Ιανουαρίου 2016 από το δικτυακό τόπο
- ΠΚτΠ (2009). *Έκθεση αναφοράς αποτελεσμάτων έρευνας χρήσης Των Νέων Τεχνολογιών στα Σχολεία* Παρατηρητήριο για την Κοινωνία της Πληροφορίας. Ανακτήθηκε στις 9 Ιανουαρίου 2016 από το δικτυακό τόπο http://www.ekped.gr/files/upload_files/tpe_sch_sep_09.pdf
- Ραβάνης, Κ. (2003). *Εισαγωγή στη Διδακτική των φυσικών επιστημών*, Αθήνα: Νέες Τεχνολογίες.
- Ράπτης, Α., Ράπτη, Α. (2001). *Μάθηση και διδασκαλία στην εποχή της πληροφορίας*. Αθήνα: Αυτοέκδοση.
- Σπυροπούλου-Κατσάνη, Δ. (2005). *Διδακτικές και παιδαγωγικές προσεγγίσεις στις φυσικές επιστήμες*, Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Τζιμογιάννης, Α., Κόμης, Β. (2004). Στάσεις και αντιλήψεις εκπαιδευτικών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την εφαρμογή των ΤΠΕ στη διδασκαλία τους. *Πρακτικά 4ου συνεδρίου ΕΤΠΕ*. Αθήνα: Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Τσαούσης, Δ. (1995). *Η πρόκληση της κοινωνίας της γνώσης στην εκπαίδευση στο ΠΟΕΒ, ΕΚΕΒΙ, ΕΕΒ*. Αθήνα: ΕΚΕΒΙ.
- ΥΠΕΠΘ. (1998). *Η Πληροφορική στο σχολείο*. Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.
- Φλόκας, Α. (1997). *Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας*. Θεσσαλονίκη: Ζήτη.
- Χατζηνικήτα, Β., Χρηστίδου, Β. (2001). Πρακτικο-βιωματική γνώση των μαθητών: Γενικά χαρακτηριστικά. Στο Β. Κουλαϊδής (επιμ.). *Διδακτική των φυσικών επιστημών*, τόμος Α. Πάτρα: ΕΑΠ.
- Χρονάκη, Α. (2004). *Θεωρίες Μάθησης και Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών*. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Μελέτη της απλής αρμονικής ταλάντωσης με χρήση του Wii Remote

Αιμιλία Νούση

Μεταπτυχιακή φοιτήτρια Τμ. Φυσικής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
anousi@cc.uoi.gr

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αφορά την πειραματική διερεύνηση των ποσοτικών χαρακτηριστικών της απλής αρμονικής ταλάντωσης συστήματος σώματος - ελατηρίου. Το ρόλο του ταλαντούμενου σώματος παίζει το χειριστήριο της κονσόλας Wii, Wii Remote. Το όργανο αυτό με το ενσωματωμένο επιταχυνσιόμετρο και την κάμερα υπερύθρων που περιέχει καθιστά δυνατή, μέσω ειδικού λογισμικού H/Y, τη συλλογή και καταγραφή δεδομένων επιτάχυνσης, μετατόπισης και χρόνου. Η πειραματική διαδικασία έχει σχεδιαστεί για εφαρμογή σε μαθητές Γ' Λυκείου και τα αποτελέσματα των πειραμάτων είναι ικανοποιητικά για χρήση της προτεινόμενης διάταξης στο σχολικό εργαστήριο Φυσικών Επιστημών.

Λέξεις κλειδιά: Απλή αρμονική ταλάντωση, Wiimote, πειραματική διδασκαλία

Εισαγωγή

Η Φυσική εξ' ορισμού είναι πειραματική επιστήμη. Για διάφορους λόγους όμως η πειραματική διδασκαλία της στη χώρα μας δεν έχει προαχθεί ικανοποιητικά, και έτσι δεν παρέχεται η δυνατότητα στους μαθητές να στήσουν μόνοι τους διατάξεις, να πειραματιστούν, να καταλήξουν σε συμπεράσματα και να αντιληφθούν σε βάθος τις φυσικές έννοιες. Η εισαγωγή των Νέων Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών καθιστά τη διδασκαλία πιο ενεργητική, το κέντρο του μαθήματος γίνονται οι μαθητές που δεν είναι πλέον παθητικοί δέκτες των όσων γίνονται στην τάξη καθώς εργάζονται και ανακαλύπτουν τη γνώση μόνοι τους. Λόγω λοιπόν των χαρακτηριστικών του αλλά και του ιδιαίτερα χαμηλού κόστους του το Wiimote έχει κερδίσει το ενδιαφέρον των εκπαιδευτικών τα τελευταία χρόνια. Έχει ήδη χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή της κεντρομόλου επιτάχυνσης στην ομαλή κυκλική κίνηση (Ochoa et all, 2011) και στην επιβεβαίωση της αρχής της διατήρησης της ορμής (Tomarken et all, 2012).

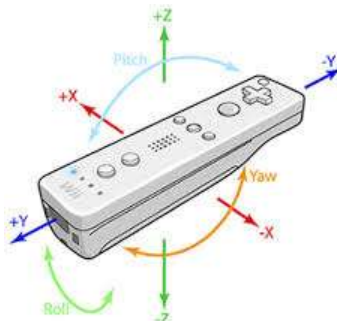
Στην παρούσα εργασία περιγράφονται τέσσερα πειράματα που αναφέρονται στην απλή αρμονική ταλάντωση συστήματος σώματος-ελατηρίου. Αρχικά, γίνεται υπολογισμός της περιόδου T στην απλή αρμονική ταλάντωση. Στη συνέχεια επιβεβαιώνεται η ανεξαρτησία της περιόδου από το πλάτος A της ταλάντωσης. Ακόμα διερευνάται η εξάρτηση της περιόδου της ταλάντωσης από τη μάζα m του ταλαντούμενου σώματος. Τέλος, γίνεται επιβεβαίωση του κινηματικού μοντέλου της α.α.τ., με προσδιορισμό των εξισώσεων κίνησης, καθώς και επιβεβαίωση του δυναμικού μοντέλου της α.α.τ. με απόδειξη της γραμμικότητας της σχέσης που συνδέει τη συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα κατά τη διάρκεια της ταλάντωσης με την απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας.

Παρότι έχουν και παλαιότερα προταθεί (Πιερράτος κ.ά., 2010) πειραματικές δραστηριότητες με Wiimote για τη μελέτη της α.α.τ. η παρούσα πρόταση πλεονεκτεί καθώς συλλέγονται ταυτόχρονα πειραματικά δεδομένα θέσης-χρόνου και επιτάχυνσης-χρόνου, επιτρέποντάς μας τη λεπτομερέστερη μελέτη του κινηματικού μοντέλου της α.α.τ. Επίσης, πειραματικές δραστηριότητες έχουν παρουσιαστεί για τη μελέτη της α.α.τ. με το σύστημα συγχρονικής λήψης MultiLog, όπου χρησιμοποιείται είτε μόνο αισθητήρας απόστασης είτε ο αισθητήρας απόστασης και ο αισθητήρας δύναμης ταυτόχρονα. Η πρότασή μας πλεονεκτεί ως προς το γεγονός ότι χρησιμοποιεί μόνο μετρήσεις κινηματικού χαρακτήρα (θέση και επιτάχυνση), μέσω των οποίων εξάγει το κινηματικό και το δυναμικό μοντέλο με τρόπο ανάλογο της συνήθους θεωρητικής διδασκαλίας της α.α.τ.

Το Wiimote - Χαρακτηριστικά

Η Nintendo λάνσαρε τη Wii Console και εισήγαγε το Wii Remote controller (Wiimote) ως το βασικό χειριστήριο της κονσόλας. Το Wiimote χρησιμοποιεί ένα ενσωματωμένο επιταχυνσιόμετρο,

που έχει τη δυνατότητα να μετράει τις επιταχύνσεις και στους τρεις άξονες x,y,z (Εικόνα 1) μέχρι $\pm 3g$. Με τις τρεις αυτές τιμές της επιτάχυνσης μπορεί να υπολογιστεί η γωνία που σχηματίζει το Wiimote με τους άξονες, δηλαδή προσδιορίζεται ο προσανατολισμός του στο χώρο. Επίσης, στην κορυφή του, περιέχει κάμερα υπέρυθρων που δίνει τη δυνατότητα στην κονσόλα να καταγράφει τη θέση του Wiimote μέχρι και 5 m μακριά απ' αυτήν. Τα δύο αυτά όργανα δίνουν στο Wiimote τη δυνατότητα ανίχνευσης των κινήσεων του χρήστη σε πραγματικό χρόνο.

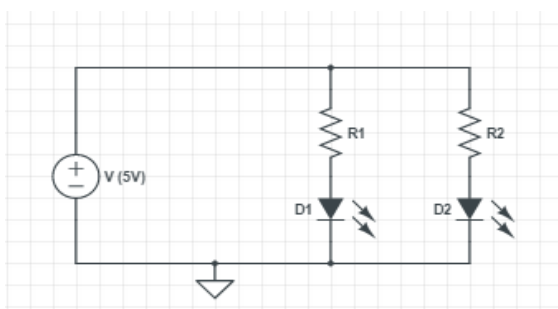


Εικόνα 1. Οι 3 άξονες μέτρησης επιτάχυνσης του Wiimote

Όσον αφορά τη λειτουργία των επιταχυνσιόμετρων, αυτά δεν μπορούν να ξεχωρίσουν την επιτάχυνση λόγω της βαρύτητας και την επιτάχυνση λόγω της κίνησης. Δηλαδή, τα επιταχυνσιόμετρα δεν μετράνε επιτάχυνση λόγω αλλαγής της ταχύτητάς τους. Τέλος, πρέπει ν' αναφερθεί πως μετράνε την επιτάχυνση σε μονάδες g και όχι m/s^2 .

Όπως ήδη αναφέρθηκε παραπάνω, το επιταχυνσιόμετρο του Wiimote έχει κλίμακα $\pm 3g$, δηλαδή έχει εύρος $6g$. Το αναλογικό σήμα από το επιταχυνσιόμετρο οδηγείται στις 8 bit εισόδους του περιεχόμενου αναλογικού-ψηφιακού μετατροπέα (Lee, 2008). Συνεπώς, αντιστοιχούν $2^8=256$ διαφορετικές ψηφιακές τιμές στο πλήρες εύρος ($6g$) της κλίμακας. Οπότε, η διακριτική ικανότητα του επιταχυνσιόμετρου είναι $\frac{6g}{256} \approx 0.02g$. Αν θεωρήσουμε ότι το σφάλμα στο ψηφιοποιημένο σήμα κατά τη μέτρηση της επιτάχυνσης είναι ± 1 ψηφίο, συμπεραίνουμε πως σε μονάδες g το σφάλμα κατά τη μέτρηση είναι $\sigma_a = \pm 0,02g$. Δηλαδή, σε μονάδες S.I. θα έχουμε: $\sigma_a = \pm 0,02 m/s^2$.

Την ενσωματωμένη κάμερα του Wiimote θα χρησιμοποιήσουμε στα πειράματά μας. Λειτουργεί αποκλειστικά στα υπέρυθρα μήκη κύματος, στα 940 nm περίπου, χάρη στο IR-pass φίλτρο που περιέχει και απορρίπτει όλα τα υπόλοιπα μήκη κύματος. Σε συνδυασμό με τον αισθητήρα υπέρυθρων (Sensor Bar) της κονσόλας, που περιέχει 10 LED υπέρυθρου φωτός, 5 σε κάθε άκρη του, και συνήθως τοποθετείται μπροστά ή πάνω από την τηλεόραση, μας επιτρέπει, μέσω της διαδικασίας του τριγωνισμού, να μετράμε την απόσταση μεταξύ του Wiimote και του αισθητήρα υπέρυθρων.



Εικόνα 2. Το κύκλωμα του ιδιοκατασκευασμένου αισθητήρα υπέρυθρων

Στα πειράματά μας χρησιμοποιήσαμε ιδιοκατασκευασμένο αισθητήρα υπέρυθρων με μόνο 2 LED υπέρυθρων τοποθετημένα σε απόσταση $d=13,5$ cm μεταξύ τους και τροφοδοτούμενα από προσωπικό υπολογιστή μέσω καλωδίου USB. Για την κατασκευή του δικού μας Sensor bar χρησιμοποιήσαμε μόλις 2 LED, 2 αντιστάσεις, 2 κομμάτια ξύλου κατάλληλα κομμένα και ένα καλώδιο USB. Μέσω κατάλληλων συνδέσεων των αντιστάσεων, των LED και του καλωδίου τελικά το κύκλωμά μας πήρε

την τελική του μορφή και τροφοδοτείται με 5V από τον υπολογιστή μας. Στην Εικόνα 2 απεικονίζεται το κύκλωμα που χρησιμοποιήθηκε.

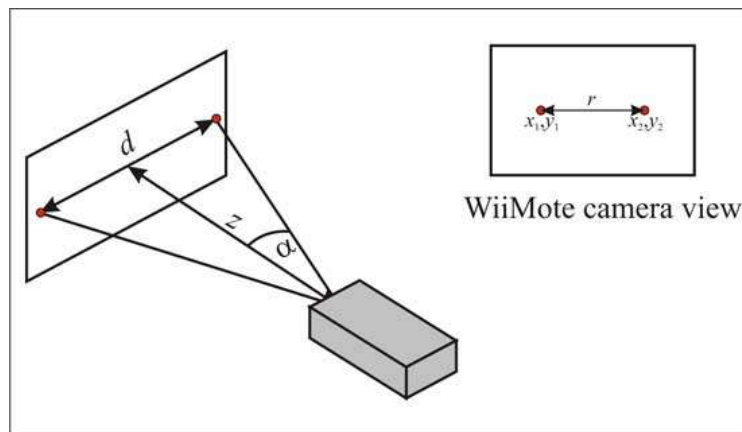
Αφού πραγματοποιήθηκε η σύνδεση των ηλεκτρονικών μας (αντιστάσεις, LED, καλώδιο USB) και έγινε η τοποθέτησή τους στο ένα κομμάτι ξύλου, κολλήσαμε από πάνω το άλλο κομμάτι. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν πάνω από τα ξύλα κομμάτια λευκού πλαστικού, καθαρά για αισθητικούς λόγους. Στην Εικόνα 3 φαίνεται ο ολοκληρωμένος αισθητήρας υπερέυθρων με 2 LED στις άκρες του.



Εικόνα 3. Ολοκληρωμένος αισθητήρας υπερέυθρων με 2 LED στις άκρες του

Αναφέρθηκε παραπάνω ότι το Wiimote μας δίνει τη δυνατότητα υπολογισμού της απόστασής του από τον αισθητήρα υπερέυθρων μέσω της διαδικασίας του τριγωνισμού. Στη δική μας περίπτωση το Wiimote καταγράφει υπέρυθρο φως μόνο από δύο πηγές και έτσι η διαδικασία που ακολουθείται για τον υπολογισμό της απόστασης είναι η εξής:

Οι πηγές υπερέυθρων (IR LEDs) βρίσκονται σε απόσταση d μεταξύ τους και το Wiimote βρίσκεται σε απόσταση z από τις πηγές. Το Wiimote καταγράφει το φως από τις πηγές σαν να ήταν δύο σημεία που απέχουν απόσταση r (Εικόνα 4).



Εικόνα 4. Τριγωνομετρική μέθοδος υπολογισμού θέσης του Wiimote

Για να μπορέσουμε να υπολογίσουμε την απόσταση z που ζητάμε πρέπει πρώτα να υπολογίσουμε τη γωνία α που φαίνεται στο σχήμα.

Γνωρίζοντας τις τιμές για το οριζόντιο και το κάθετο οπτικό πεδίο της κάμερας, 41ο και 31ο αντίστοιχα, μπορούμε να υπολογίσουμε το γωνιακό οπτικό πεδίο ανά pixel της κάμερας του Wii Remote. Υπάρχουν 1024 pixels στην οριζόντια διεύθυνση και 768 pixels στην κάθετη (Distance measurements with the Wii Remote, 2010). Έτσι έχουμε:

$$\text{Γωνιακό Οπτικό Πεδίο} = \theta = \frac{\left(\frac{41^\circ}{1024} + \frac{31^\circ}{768} \right)}{2}$$

Η απόσταση μεταξύ των δύο σημειακών πηγών φωτός στην κάμερα του Wiimote υπολογίζεται από τις συντεταγμένες τους:

$$r = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

Έτσι λοιπόν η ολική γωνία που περιέχεται μεταξύ των 2 LED και της κάμερας του Wiimote είναι:

$$2\alpha = r\theta = \frac{\left(\frac{41^\circ}{1024} + \frac{31^\circ}{768}\right) \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}}{2}$$

άρα η γωνία α υπολογίζεται ως

$$2\alpha = r\theta = \frac{\left(\frac{HFOV}{1024} + \frac{VFOV}{768}\right) \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}}{2}$$

όπου, HFOV=Οριζόντιο οπτικό πεδίο (Horizontal Field Of View) και VFOV= Κάθετο οπτικό πεδίο (Vertical Field Of View).

Τέλος μέσω απλής τριγωνομετρίας υπολογίζουμε την απόσταση z :

$$\tan(\alpha) = \frac{\frac{d}{2}}{z} \Rightarrow z = \frac{d}{2 \tan(\alpha)} \Rightarrow$$

$$z = \frac{d}{2 \tan \left(\frac{\left(\frac{41^\circ}{1024} + \frac{31^\circ}{768}\right) \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}}{4} \right)}$$

Με χρήση της παραπάνω εξίσωσης το Wii Remote υπολογίζει με ακρίβεια την απόσταση μεταξύ αυτού και του αισθητήρα υπερύθρων και έτσι καταγράφεται η θέση του χρήστη στο χώρο. (Distance measurements with the Wii Remote, 2010)

Το Wiimote επικοινωνεί με την κονσόλα μέσω Bluetooth, αποστέλλοντας δεδομένα από το επιταχυνσιόμετρο και την κάμερα υπερύθρων. Το ίδιο πρωτόκολλο επικοινωνίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σύνδεσή του με ηλεκτρονικό υπολογιστή και καθιστά έτσι δυνατή, μέσω ειδικού λογισμικού (Wiimote Physics), την καταγραφή και επεξεργασία δεδομένων απόστασης, επιτάχυνσης και χρόνου.

To Wiimote Physics

Το Wiimote Physics είναι μια εφαρμογή για Windows, ανεπτυγμένη σε γλώσσα C# από τον Martyn Wheeler, που επιτρέπει τη συλλογή και απεικόνιση δεδομένων από το Wiimote σε πραγματικό χρόνο. Το πρόγραμμα δηλαδή, μας δίνει τη δυνατότητα να παρακολουθούμε τη χρονική εξέλιξη του φαινομένου σχεδιάζοντας τη γραφική παράσταση των μετρήσεων παράλληλα με την καταγραφή τους.

Έχει μια σειρά από προκαθορισμένους τρόπους λειτουργίας και έτσι μας δίνει τη δυνατότητα να καταγράφουμε σε γραφικές παραστάσεις και να προσδιορίζουμε από αυτές την απόσταση του Wiimote από τον αισθητήρα υπερύθρων και την επιτάχυνσή του. Η εφαρμογή ανήκει στο ελεύθερο λογισμικό και δεν απαιτείται κανενός είδους πληρωμή για τη χρήση της. Ακόμα, ο προγραμματιστής παρέχει τον κώδικά του και μπορούμε έτσι να επέμβουμε σε αυτόν και να κάνουμε όποιες αλλαγές επιθυμούμε. Αξιοποιώντας αυτή τη δυνατότητα, έχει προστεθεί η δυνατότητα αποστολής των πειραματικών δεδομένων στο Microsoft Excel για περαιτέρω επεξεργασία.

Η πειραματική διάταξη

Πρόκειται για μία διάταξη απλής αρμονικής ταλάντωσης συστήματος σώματος-ελατηρίου, με το Wiimote να παίζει το ρόλο του σώματος. Το σύστημα μπορεί να ταλαντώνεται στην κατακόρυφη διεύθυνση στερεωμένο σε κατάλληλη βάση στήριξης (Εικόνα 5). Κάτω από το Wiimote και στην ίδια κατακόρυφη με αυτό έχει τοποθετηθεί και στερεωθεί ο ιδιοκατασκευασμένος αισθητήρα υπερύθρων. Έτσι το Wiimote Physics θα παίρνει μετρήσεις επιτάχυνσης-χρόνου αλλά και μετρήσεις απομάκρυνσης-χρόνου.



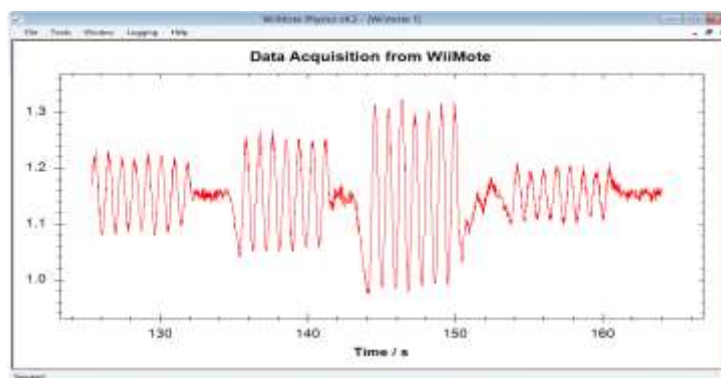
Εικόνα 5. Η πειραματική διάταξη

Στο Wiimote Physics στην καρτέλα «Scan Parameters» που ενεργοποιείται μέσω του μενού «Tools»-«Collection Mode» επιλέγουμε:

- Ως «Scan Mode» την τιμή 1-D Motion.
- Εμφάνιση των τιμών Distance και y Acceleration
- Μήκος του αισθητήρα υπερέυθρων=0,135m

1ο Πείραμα

Θέτουμε σε ταλάντωση το Wiimote και ενεργοποιούμε στο Wiimote Physics την καταγραφή των δεδομένων θέσης. Μετά από 6-7 περιόδους, αλλάζουμε το πλάτος A της ταλάντωσης χωρίς να σταματάμε τη δειγματοληψία. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία 4 φορές συνολικά (Εικόνα 6).



Εικόνα 6. Γραφική παράσταση $x=f(t)$ για 4 διαφορετικά πλάτη

Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα αυτά θα υπολογίσουμε την περίοδο της α.α.τ. και θα αποδείξουμε την ανεξαρτησία της περιόδου από το πλάτος της ταλάντωσης.

Έχοντας ενεργοποιήσει την επιλογή «Show Point Values» στο Wiimote Physics, προσδιορίζουμε το χρονικό διάστημα Δt μεταξύ πρώτου και πέμπτου μεγίστου της α.α.τ. και για συγκεκριμένο πλάτος. Η περίοδος της κίνησης υπολογίζεται ως: $T = \frac{\Delta t}{5} = 0,904 \text{ s}$. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία και για τα άλλα πλάτη της καταγραφής.

Πίνακας 1. Αποτελέσματα πειράματος

| α/α | t_1 (sec) | t_2 (sec) | Δt (sec) | T (sec) |
|-----------------|-------------|-------------|------------------|-----------|
| 1 | 126,481 | 131,003 | 4,522 | 0,904 |
| 2 | 135,801 | 140,346 | 4,545 | 0,909 |
| 3 | 144,564 | 149,111 | 4,547 | 0,909 |
| 4 | 154,204 | 158,707 | 4,503 | 0,901 |

Παρατηρούμε ότι η περίοδος για διάφορες τιμές του πλάτους παρουσιάζει μια πολύ μικρή απόκλιση (μέγιστο 0,6%) περί τη μέση τιμή των 0,906 s. Μπορούμε λοιπόν να συμπεράνουμε πως «η περίοδος T μιας απλής αρμονικής ταλάντωσης είναι ανεξάρτητη του πλάτους της ταλάντωσης A ». Η πρόταση αυτή αποτελεί κοινή εναλλακτική ιδέα ανάμεσα σε μαθητές που διδάσκονται την απλή αρμονική ταλάντωση, αφού μεγάλο ποσοστό αυτών πιστεύουν ότι αν μεταβάλλουμε το πλάτος της ταλάντωσης θα μεταβληθεί και η περίοδος της (Κασσέτας, 2013)

2ο Πείραμα

Καταγράφοντας τόσο τα δεδομένα θέσης-χρόνου όσο και δεδομένα επιτάχυνσης-χρόνου (Εικόνα 7) για την απλή αρμονική κίνηση του συστήματος WiiMote (συν δύο μπαταρίες)-ελατηρίου θα επιβεβαιώσουμε το κινηματικό μοντέλο της α.α.τ., ότι δηλαδή (Ιωάννου κ.ά, 1999):

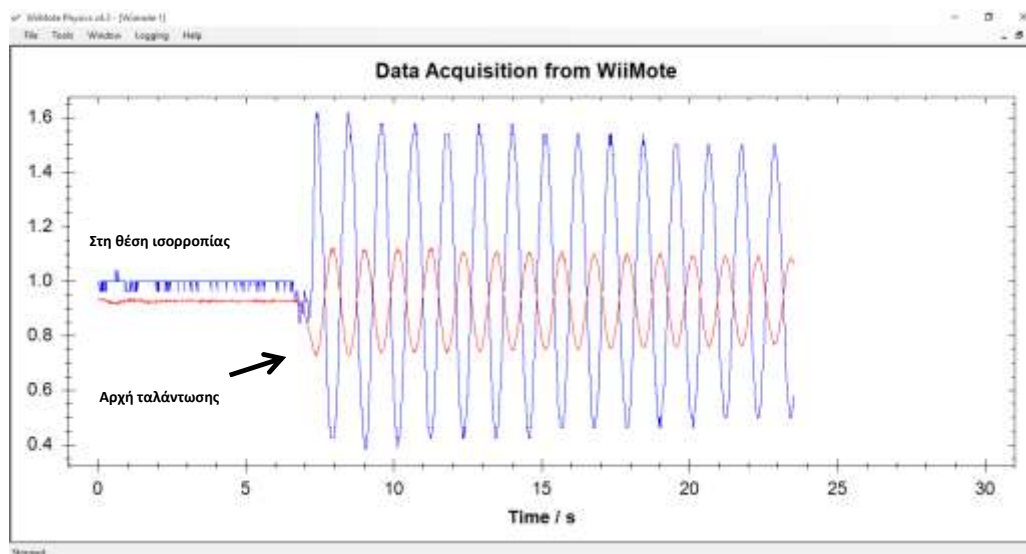
$$y = A\eta\mu(\omega t + \varphi_0), v = v_{max} = \sigma\upsilon\nu(\omega t + \varphi_0), a = -\alpha_{max}\eta\mu(\omega t + \varphi_0)$$

όπου,

$$v_{max} = \omega A \text{ και } \alpha_{max} = \omega^2 A$$

Ήδη από τις γραφικές παραστάσεις $y-t$, $a-t$ που έχουν σχεδιαστεί στο κεντρικό παράθυρο του WiiMote Physics διαφαίνεται ότι η διαφορά φάσης επιτάχυνσης-απομάκρυνσης είναι $\Delta\varphi=\pi$. Επίσης, με την τεχνική που έχουμε ήδη περιγράψει υπολογίζουμε την περίοδο της α.α.τ.: $T=1,108$ s και συνεπώς $\omega=5,672$ rad. Ακόμα, για τον υπολογισμό του πλάτους της ταλάντωσης ισχύει ότι η τιμή peak to peak (y_{pp}) ισούται με το διπλάσιο του πλάτους A . Περνώντας το ποντίκι μας πάνω από 2 κορυφές της απομάκρυνσης (μέγιστο-ελάχιστο), το WiiMote Physics μας εμφανίζει την τιμή της απομάκρυνσης σε εκείνο το σημείο και έτσι θα έχουμε:

$$y_{p-p} = y_{max} - y_{min} = 2A \Rightarrow A = \frac{y_{max} - y_{min}}{2} = 0,186 \text{ m}$$



Εικόνα 7. Δεδομένα $y-t$, $a-t$

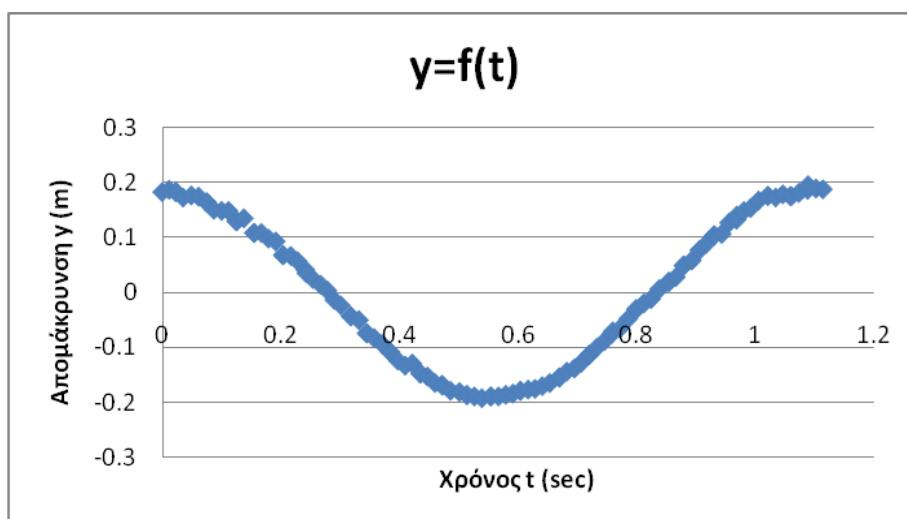
Όλα τα δεδομένα μεταφέρονται στο Excel. Διαγράφονται όλα τα αρχικά δεδομένα από τη χρονική στιγμή $t_0=0$ μέχρι τη χρονική στιγμή του πρώτου μεγίστου της απομάκρυνσης. Διαγράφονται επίσης

όλα τα δεδομένα από το δεύτερο μέγιστο της απομάκρυνσης και μετά. Δηλαδή, θα κρατήσουμε για επεξεργασία μόνο μετρήσεις για χρονικό διάστημα μιας περιόδου της α.α.τ. Το κινηματικό μοντέλο της α.α.τ. προϋποθέτει σύστημα αξόνων που έχει την αρχή του στη θέση ισορροπίας (Θ.Ι.) της ταλάντωσης και ο ένας άξονας συμπίπτει με τον άξονα της κίνησης. Πρέπει λοιπόν να προσαρμόσουμε τα πειραματικά δεδομένα για ένα τέτοιο σύστημα αξόνων. Θα μετατοπίσουμε επίσης την αρχή μέτρησης των χρόνων, ώστε η πρώτη μέτρηση να αντιστοιχεί στη χρονική στιγμή $t_0=0$.

Καθώς έχουμε καταγράψει το σύστημα αρχικά στη Θ.Ι. μπορούμε από το Wiimote Physics να προσδιορίσουμε την απόσταση της θέσης ισορροπίας του Wiimote από τον αισθητήρα υπερύθρων. Προκύπτει $y_0=0,9268$. Η μεταφορά της αρχής του συστήματος αξόνων στη Θ.Ι. πραγματοποιείται αφαιρώντας από κάθε μέτρηση απομάκρυνσης το y_0 . Αντίστοιχα η μετατόπιση της αρχής των χρόνων πραγματοποιείται αν από τη χρονική στιγμή που αντιστοιχεί σε κάθε μέτρηση αφαιρέσουμε τη χρονική στιγμή της πρώτης μέτρησης. Δημιουργούμε έτσι στο Excel δύο νέες στήλες με τις τροποποιημένες τιμές y , t και κατασκευάζουμε τη γραφική παράσταση της σχέσης $y=f(t)$ (Εικόνα 8).

Διδακτικά, μπορούμε να αξιοποιήσουμε τη γραφική παράσταση της Εικόνας (8) καθοδηγώντας τους μαθητές και επικαλούμενοι τη μαθηματική τους διαίσθηση, ώστε να προτείνουν ένα μαθηματικό μοντέλο που να ικανοποιεί αυτά τα πειραματικά δεδομένα. Οι μαθητές της Γ' Λυκείου όπου διδάσκεται το αντίστοιχο θέμα, εύκολα μπορούν να προβλέψουν μια συνάρτηση της μορφής:

$$y = A\sin(\omega t) \text{ ή } y = A\eta\mu(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

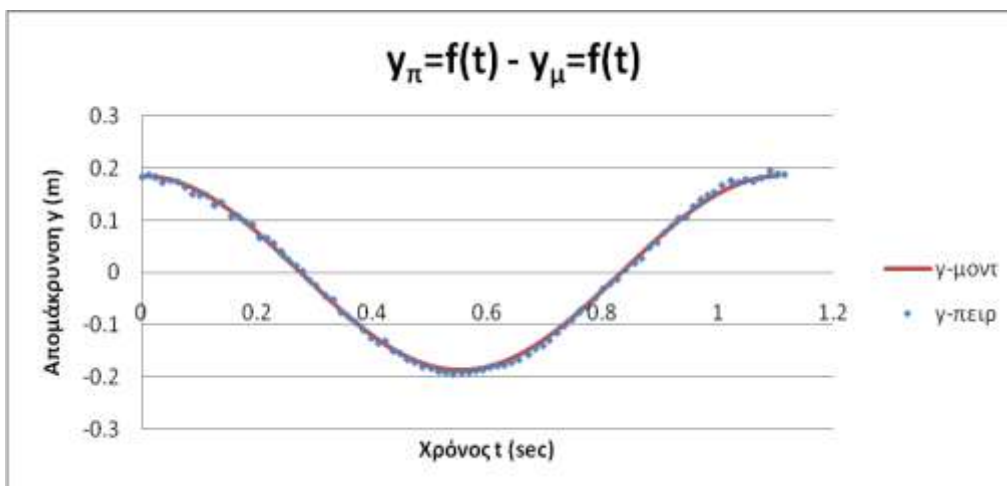


Εικόνα 8. Γραφική παράσταση πειραματικών δεδομένων $y=f(t)$

Η ακρίβεια της πρόβλεψης μπορεί να ελεγχθεί αν δημιουργήσουμε στο Excel δύο ακόμα στήλες: μία με τις χρονικές στιγμές όπου το χρονικό διάστημα μεταξύ πρώτης και τελευταίας μέτρησης το χωρίζουμε σε ίσα χρονικά διαστήματα και μία με τις αντίστοιχες τιμές του προτεινόμενου μοντέλου. Στη γραφική παράσταση των πειραματικών δεδομένων $y=f(t)$ (μπλε χρώμα) επισυνάπτουμε τη γραφική παράσταση του προτεινόμενου μαθηματικού μοντέλου (κόκκινο χρώμα) (Εικόνα 9).

Παρατηρούμε εξαιρετική σύμπτωση μεταξύ των πειραματικών δεδομένων και του αντίστοιχου θεωρητικού μοντέλου.

Για την επιβεβαίωση και του θεωρητικού μοντέλου της επιτάχυνσης, θα εργαστούμε αντίστροφα. Δηλαδή, με αριθμητική παραγωγή στο μοντέλο απομάκρυνσης-χρόνου θα υπολογίσουμε τις αντίστοιχες ταχύτητες και εν συνεχεία με νέα αριθμητική παραγωγή τις τιμές της επιτάχυνσης στις αντίστοιχες χρονικές στιγμές. Η αριθμητική παραγωγή μέσω της μεθόδου των κεντρικών διαφορών είναι ο λόγος που αναγκαστήκαμε να χρησιμοποιήσουμε διαφορετικές και ισαπέχουσες χρονικές στιγμές για τη δημιουργία του αντίστοιχου μαθηματικού μοντέλου. Επιπλέον, δεν ακολουθήσαμε την φαινομενικά λογικότερη διαδικασία αριθμητικής παραγωγής των πειραματικών τιμών καθώς μέσω αυτής τα σφάλματα πολλαπλασιάζονται.

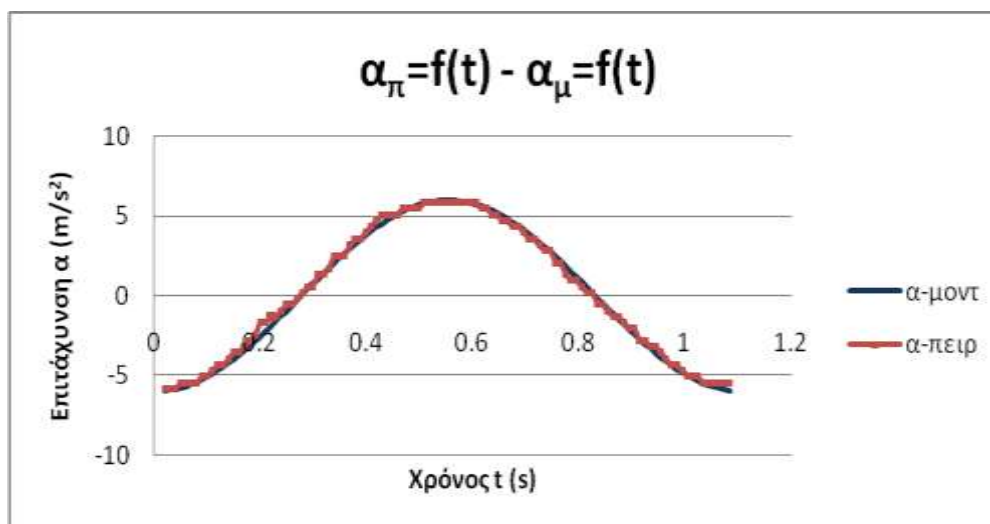


Εικόνα 9. Σύγκριση πειραματικών δεδομένων και μαθηματικού μοντέλου

Πίνακας 2-Μέρος πειραματικών δεδομένων και δεδομένων θεωρητικού μοντέλου

| t (s) | y (m) | a (m/s ²) | t μοντέλου (s) | y μοντέλου (m) | v μοντέλο (m/s) | a μοντέλο (m/s ²) |
|--------|-------|-----------------------|----------------|----------------|-----------------|-------------------------------|
| 0 | 0,182 | -5,85 | 0 | 0,1860 | - | - |
| 0,0116 | 0,186 | -5,85 | 0,009948 | 0,1857 | -0,05946 | - |
| 0,0225 | 0,182 | -5,85 | 0,019896 | 0,1848 | -0,11874 | -5,93955 |
| 0,0236 | 0,182 | -5,85 | 0,029844 | 0,1833 | -0,17763 | -5,89214 |
| 0,0353 | 0,172 | -5,85 | 0,039792 | 0,1813 | -0,23596 | -5,82598 |

Τις τιμές του μοντέλου της επιτάχυνσης (μπλε χρώμα) επισυνάπτουμε στη γραφική παράσταση των πειραματικών δεδομένων αυτής (κόκκινο χρώμα). (Εικόνα 10)



Εικόνα 10. Σύγκριση μαθηματικού μοντέλου και πειραματικών δεδομένων

Και σε αυτή την περίπτωση τα πειραματικά δεδομένα βρίσκονται σε πολύ καλή συμφωνία με το θεωρητικό μοντέλο.

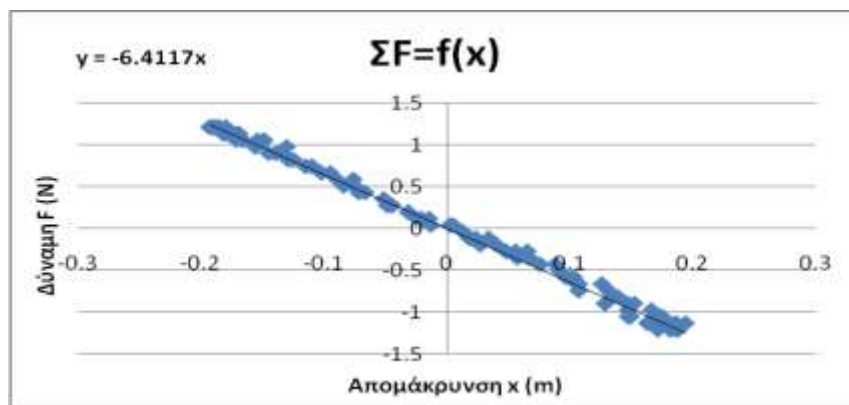
3ο Πείραμα

Το δυναμικό μοντέλο για την α.α.τ. προβλέπει πως η συνολική δύναμη που ασκείται πάνω στο ταλαντούμενο σώμα μάζας m είναι της μορφής $\Sigma F = -Dx$, όπου D ονομάζεται η σταθερά επαναφοράς

της ταλάντωσης και είναι $D=m\omega^2$ (Ιωάννου κ.ά., 1999). Με τα πειραματικά δεδομένα του προηγούμενου πειράματος, επιδιώκουμε να επιβεβαιώσουμε τα παραπάνω.

Η συνολική δύναμη που δέχεται ένα σώμα μάζας m και είναι υπεύθυνη για την επιτάχυνσή του είναι $\Sigma F=ma$. Πολλαπλασιάζοντας τις τιμές των πειραματικών δεδομένων της επιτάχυνσης του Wiimote με τη μάζα του θα έχουμε τη συνολική δύναμη που δέχεται κατά τη διάρκεια της ταλάντωσής του. Η μάζα του Wiimote μετρήθηκε και βρέθηκε με $m=0,207 \text{ kg}$. Με τη βοήθεια του Excel σχεδιάζουμε τη γραφική παράσταση της συνάρτησης $\Sigma F = f(x)$, όπου και διαπιστώνεται η γραμμικότητα της σχέσης (Εικόνα 11).

Από την κλίση της ευθείας προκύπτει τελικά $D=6,4 \text{ N/m}$. Γνωρίζουμε πως στην α.α.τ συστήματος σώματος ελατηρίου είναι $D=k_{ελ.}$, συνεπώς $k_{ελ.}=6,4 \text{ N/m}$.



Εικόνα 11. Γραφική παράσταση $\Sigma F=f(x)$

Συμπεράσματα

Με το Wiimote, τον αισθητήρα υπερύθρων και το λογισμικό Wiimote Physics σχεδιάστηκε μια σειρά εργαστηριακών δραστηριοτήτων με τις οποίες υπολογίστηκαν διάφορα χαρακτηριστικά μεγέθη της απλής αρμονικής ταλάντωσης, και επιβεβαιώθηκε τόσο το κινηματικό όσο και το δυναμικό της μοντέλο. Θα πρέπει να τονιστεί βέβαια πως με την ίδια διάταξη θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν και άλλα πειράματα όπως για παράδειγμα να επιβεβαιωθεί η γραμμικότητα της σχέσης $T^2=f(m)$.

Οι προτεινόμενες εργαστηριακές δραστηριότητες αλλά και άλλες που έχουν κατά καιρούς προταθεί, μπορούν εύκολα να προσαρμοστούν σε διερευνητικού τύπου διδασκαλία και να αποτελέσουν τη βάση ενός ολοκληρωμένου διδακτικού σεναρίου για την απλή αρμονική ταλάντωση. Εξάλλου η χρήση οικείων στους μαθητές αντικειμένων, όπως το Wiimote, μπορεί να αποτελέσει το έναυσμα ώστε να καταστεί η Φυσική πιο «φιλική» και προσιτή, το μάθημα να γίνει ελκυστικότερο και τελικά να πετύχουμε την ενεργητικότερη συμμετοχή των μαθητών στη διδασκαλία, διέγερση του ενδιαφέροντός τους, αύξηση της προσοχής και τελικά της επίδοσής τους στο μάθημα.

Αναφορές

- Lee, J. C. (2008, Ιούλιος-Σεπτέμβριος). Hacking the nintendo Wii remote. *PERVASIVE computing*, σσ. 39-45, Retrieved February, 2016, from <http://www.cs.cmu.edu/~15-821/CDROM/PAPERS/>.
- Ochoa, R., Rooney, F. G., & Somers, W. J. (2011). Using the Wiimote in introductory physics experiments. *The Physics Teacher*, 49, 16-18.
- Physics with a Wiimote*, (2010). <http://wiiphysics.site88.net/physics.html>. Ημερομηνία προσπέλασης: Δεκέμβριος 2014.
- Tomarken, S. L., Simons, D. R., Helms, R. W., Johns, W. E., Schriver, K. E., & Webster, M. S. (2012). Motion tracking in undergraduate physics laboratories with the Wii remote. *American Journal of Physics*, 80.
- Ιωάννου, Α., Ντάνος, Γ., Πήττας, Α., & Ράπτης, Σ. (1999). *Φυσική Θετικής & Τεχνολογικής κατεύθυνσης, Γ' τάξη Γενικού Λυκείου*. Αθήνα: Οργανισμός εκδόσεως διδακτικών βιβλίων.

- Κασσέτας, Α. (2013). *Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών*. Ανάκτηση από <http://users.sch.gr/kassetas/0%20000%200%200%20aaAlterIDEAS2.htm>, Ημερομηνία πρόσπελάσης: Φεβρουάριος 2016
- Πιερράτος, Θ., Κολτσάκης, Ε., Σκουλίδης, Ν., Τσακμάκη, Π., & Πολάτογλου, Χ. (2010). Διερεύνηση των δυνατοτήτων αξιοποίησης του Wiimote και του Motion plus σε εργαστηριακές δραστηριότητες Φυσικής. *13ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΕΕΦ*. Πάτρα: Ένωση Ελλήνων Φυσικών.

Πειραματικές δράσεις για το χρώμα και συντονισμός για όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης

Σταματία Αρτέμη

Υπ. Διδάκτορας Τμήματος Φυσικής, Α.Π.Θ.
stamart84@gmail.com

Ανθούλα Μαΐδου

Τεχνολόγος, Υπ. Διδάκτορας Π.Τ.Ν. Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
anthoula.maidou@gmail.com

Νικόλαος Δίντσιος

Φυσικός, Υπ. Διδάκτορας Τμήματος Φυσικής, Α.Π.Θ.
nikos.dintsios@gmail.com

Αικατερίνη Σουσαμίδου

Σχολική Σύμβουλος Π.Ε. ν. Θεσσαλονίκης
sous@windtools.gr

Χρήστος Παπαδόπουλος

Σχολικός Σύμβουλος Δ.Ε. 12.10
ch.d.papado@gmail.com

Σοφία Βαβέτση

Σχολική Σύμβουλος Προσχολικής Αγωγής
svavetsi@sch.gr

Χαρίτων Πολάτογλου

Καθηγήτρια, Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ.
hariton@physics.auth.gr

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία περιγράφεται η διαδικασία, τα εργαλεία και οι πειραματικές δραστηριότητες που χρησιμοποιήθηκαν και ακολούθησαν νηπιαγωγοί, δάσκαλοι, καθηγητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και μαθητές για την πραγματοποίηση της διερευνητικής διαθεματικής εργασίας με τίτλο “Η μαγεία των χρωμάτων”. Όλες οι βαθμίδες συμβάλλουν στη δημιουργία ενός ενιαίου διδακτική σειρά, όπου μαθητές συνεργάζονται και πειραματίζονται μαθαίνοντας για τα χρώματα και φαινόμενα γύρω από αυτά. Στο τμήμα Φυσικής έχει εγκατασταθεί μια πλατφόρμα σύγχρονης και ασύγχρονης τηλεεκπαίδευσης, όπου οργανώνονται τα βήματα που μπορούν να ακολουθήσουν νηπιαγωγοί, δάσκαλοι, καθηγητές και μαθητές ανάλογα με τις δυνατότητές τους για την εξοικείωσή τους με το βασικό αυτό θέμα. Τα βήματα αυτά αποτελούνται από μία προτεινόμενη σειρά πειραματικών, αλλά και διερευνητικών δράσεων γύρω από το χρώμα, που καλούνται να εκτελέσουν αλλά και να συνεργαστούν οι μαθητές διαφορετικών βαθμίδων μεταξύ τους για διερεύνηση και εξαγωγή πολύτιμων συμπερασμάτων. Στην εισήγηση που ακολουθεί θα περιγραφεί το περιεχόμενο της δράσης, όπως παρουσιάζεται στην πλατφόρμα τηλεεκπαίδευσης (moodle), την οποία χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί, η παιδαγωγική προσέγγιση των βημάτων, καθώς και τα πρώτα αποτελέσματα της δράσης στην πιλοτική της εφαρμογή. Η δράση αυτή έχει χαρακτηριστεί ως καινοτόμα δράση από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο και εφαρμόζεται πιλοτικά από τις αρχές του σχολικού έτους 2015-2016.

Λέξεις κλειδιά: συνεργασία πρωτοβάθμιας – δευτεροβάθμιας – τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, πειραματικές δράσεις, moodle

Εισαγωγή

Αναζητώντας τον όρο “συνεργασία” στη βιβλιογραφία (partnership, collaboration) μεταξύ πανεπιστημίου και σχολείων, μεταξύ βαθμίδων εκπαίδευσης κλπ., συμπεραίνει κανείς ότι ο όρος αυτός καταλαμβάνει μία ευρεία εννοιολογικά προσέγγιση δράσεων που μετέχοντες είναι οι παραπάνω αναφερόμενοι (Walkington, 2007). Ο όρος αυτός αφορά οποιαδήποτε σχέση ή σύνδεση αναπτύσσουν οι δύο πλευρές, με την κυριολεκτική και ευρύτερη απόδοσή του. Συνεργασία θεωρείται η συμμετοχή μαθητών σε πανεπιστημιακή έρευνα με τη συμπλήρωση κάποιου ερωτηματολογίου. Επίσης μπορεί να περιγραφεί με τον ίδιο όρο η προετοιμασία - επιμόρφωση των καθηγητών μέσω ημερίδων ή σεμιναρίων. Τέτοιες μορφές συνεργασίας, όπως οι προαναφερόμενες, δεν έχουν αμφίδρομη ανάδραση και συνήθως συνοδεύονται από μεγάλες διαφοροποιήσεις στις απόψεις των μετεχόντων. Έχουν εκφραστεί απόψεις ότι παρατηρείται χάσμα συνεννόησης ανάμεσα στις δύο πλευρές, με τους καθηγητές των σχολείων να αναφέρουν ότι η πανεπιστημιακή πλευρά δεν λαμβάνει υπ’ όψιν, ή αδυνατεί να καταλάβει, τις ανάγκες τους και τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν ή εκφράζουν δυσαρέσκεια αναφορικά με το εκτενές πρόγραμμα που καλούνται να ολοκληρώσουν (Peters, 2002; Utley et al, 2003). Το χάσμα ενισχύεται, όταν τα πεδία έρευνας, μελέτης αλλά και το παραγόμενο έργο των δύο πλευρών δεν συσχετίζονται, όταν δηλαδή οι δύο πλευρές δρουν ανεξάρτητα. Μία προσέγγιση που μπορεί να γίνει, για να μειωθεί το χάσμα αυτό είναι η επανεξέταση του όρου “συνεργασία” και η υπενθύμιση του ορθού ορισμού του στους μετέχοντες. Ο όρος αυτός πρέπει να αφορά δράσεις όπου συμμετέχουν ενεργά και οι δύο πλευρές, προσφέροντας εξίσου τα ανάλογα και να εξελίσσονται με τον χρόνο έχοντας αμφίδρομη ανάδραση.

Σεβόμενες οι δύο πλευρές την έννοια του όρου και τηρώντας τις δεσμεύσεις ως προς την εκτέλεση των οδηγιών και των ρόλων που από κοινού έχουν θέσει (Goodland, 2004), αναφερόμαστε ήδη σε μια πιο αποτελεσματική συνεργασία. Αξίζει να σημειωθεί ότι τέτοιου είδους συνεργασίες μπορούν να προσφέρουν στην Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη (ΕΑΑ), να έχουν διάρκεια στον χρόνο, να ερευνούν θέματα με ολιστικό τρόπο με καθορισμένους στόχους και σκοπούς ως προς την καλλιέργεια τρόπων σκέψης για την επίλυση προβλημάτων με αειφόρο τρόπο (Αρτέμη κ.ά., 2014)

Για να πετύχει η παραπάνω προσπάθεια, οφείλει να πραγματοποιηθεί σε πλαίσιο όπου μπορούν να μετέχουν φορείς από διαφορετικές γεωγραφικά περιοχές για να συγκεντρωθεί όσο μεγαλύτερο και αντιπροσωπευτικότερο δείγμα. Ένα περιβάλλον που φιλοξενεί ένα σύνολο σωστών τεχνολογικά εργαλείων που υποστηρίζουν τη δράση και θα είναι προσιτά σε όλους, θα είναι χρήσιμα για το σκοπό αυτό. Ένα περιβάλλον που θα αποτελεί σημείο συνάντησης των μετεχόντων, όπου θα μπορούν να επικοινωνούν, να πειραματίζονται, να προσφέρουν γνώσεις, υλικό, αποτελέσματα για άμεση ανάδραση όχι μόνο μεταξύ τους, αλλά και με την κοινωνία.

Ερευνητική ομάδα του τμήματος Φυσικής του ΑΠΘ σε συνεργασία με σχολικούς συμβούλους της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, δημιούργησαν μία συνεργασία που επιθυμεί να ενισχύσει την ενιαία εκπαίδευση και την σύνδεση όλων των βαθμίδων γύρω από μια διαθεματική δράση. Το περιεχόμενο της δράσης αυτής στήθηκε από την ερευνητική ομάδα, βασισμένο σε προβληματοκεντρικά ομαδοσυνεργατικά μοντέλα μάθησης (Problem Oriented Project Based Learning methods- POPBL) (Yasin & Rahman, 2011) και ανανεώνεται συνεχώς από τους συντονιστές όλων των βαθμίδων. Τα εμπόδια όσον αφορά την ταυτόχρονη συμβολή πολλών στο περιεχόμενο της δράσης, ο συνολικός προγραμματισμός και οι συνεχείς ενημερώσεις των μετεχόντων, δεν θα μπορούσαν να προσπεραστούν, εάν δεν είχε στηθεί διαδικτυακά ένα περιβάλλον διαχείρισης εκπαιδευτικού περιεχομένου (Learning Management System - LMS). Μια τέτοια πλατφόρμα, που στην περίπτωση μας είναι το γνωστό Moodle, κρίθηκε κατάλληλο για τους σκοπούς (Martín-Blas & Serrano-Fernández, 2009) και έθεσε τη βάση για τη δόμηση της δράσης. Παρακάτω περιγράφεται η μέθοδος που ακολουθήθηκε για να συντονιστεί η δράση, το περιεχόμενό της και τα πρώτα αποτελέσματα από την πιλοτική εφαρμογή των πειραματικών δράσεων.

Μέθοδος

Η βασική ιδέα της δράσης “Η μαγεία των χρωμάτων”, είναι η διαθεματική διερεύνηση ενός προβλήματος, που τίθεται σε ενιαία σε όλες τις βαθμίδες, παρέχοντας εποικοδομητική εκπαίδευση των μαθητών γύρω από το θέμα. Κάθε μαθητής, ανάλογα με την τάξη που βρίσκεται, διερευνά και μαθαίνει καινούρια πράγματα, ενώ όσο ανεβαίνει βαθμίδα, γίνονται πιο πολύπλοκα. Επίσης ο ίδιος προσφέρει τις εμπειρίες και το υλικό έρευνάς του στους υπόλοιπους μέσω της πλατφόρμας, ώστε

μαθητές μικρότερων βαθμίδων να μπορούν να το χρησιμοποιήσουν. Ξεκινώντας λοιπόν από τις βασικές πληροφορίες και εφαρμογές, ένας μαθητής εμβαθύνει και εμπλουτίζει τις γνώσεις του, γύρω από το θέμα, ακολουθώντας τα βήματα και τις περαιτέρω πειραματικές δράσεις, καλλιεργώντας κάθε φορά ικανότητες - κλειδιά (Χαραλάμπους, 2010), ανάλογες της βαθμίδας που βρίσκεται, με κυριότερη την κριτική σκέψη.

Η δράση αυτή βασίζεται σε ομαδοσυνεργατικά μοντέλα με πρωταγωνιστή το μαθητή στην εκπαιδευτική διαδικασία που διερευνά, δημιουργεί και προσφέρει συνεργαζόμενος όχι μόνο με ομάδες της ίδιας βαθμίδας, αλλά και με διαφορετικές. Στόχος μας είναι η παραγωγή εκπαιδευτικού υλικού και πειραματικών προτάσεων από μαθητές όλων των βαθμίδων και παρουσίαση και προσφορά στους υπόλοιπους, για την καλύτερη κατανόηση εννοιών γύρω από το θέμα.

Περιγραφή διδακτικής σειράς

Με τη συνεργασία και συμμετοχή των σχολικών συμβούλων και της ερευνητικής ομάδας του τμήματος Φυσικής του ΑΠΘ τέθηκαν θέματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από όλες τις βαθμίδες σύμφωνα με τους παραπάνω στόχους. Ερευνήθηκαν θέματα που μπορούν να υπάρχουν πειραματικές δραστηριότητες σχεδόν σε όλες τις βαθμίδες, που θα βοηθούν στη διερεύνηση αντίστοιχων - ανάλογης δυσκολίας θεμάτων. Επίσης, σημαντικό για την ομάδα ήταν η επιλογή του θέματος με στόχο τη δημιουργία μιας δραστηριότητας κλειδί, όπου μαθητές γυμνασίου και λυκείου θα μπορούσαν να εκτελέσουν και να παράγουν υλικό που θα χρησιμοποιούσαν μικρότερες βαθμίδες για την κατανόηση του θέματος.

Με βάση τα παραπάνω, επιλέχθηκε ως βασικό θέμα το χρώμα. Η ομάδα θεώρησε ότι η θεματολογία γύρω από το χρώμα προσφέρεται για να χρησιμοποιηθεί σε κάθε βαθμίδα εκπαίδευσης και ότι κάθε θεματική ενότητα που θα στηνόταν θα μπορεί να συνδεθεί ομαλά με την επόμενη βαθμίδα. Τα χρώματα και οι ιδιότητές τους συνδέονται με πολλά φαινόμενα οπτικής, χημείας, ψυχολογίας και τεχνολογίας, και οι μαθητές μπορούν να πειραματιστούν και να συγκεντρώσουν υλικό σε όλα αυτά.

Έτσι λοιπόν, όλοι οι μαθητές, όλων των βαθμίδων, ακολουθούν μία διδακτική σειρά, που είναι χωρισμένη σε βήματα και σε κάθε βήμα προτείνονται δράσεις και πειράματα. Επομένως ο μαθητής αντιμετωπίζει ένα θέμα με ολιστικό τρόπο, και οικοδομεί - εμπλουτίζει τις γνώσεις του γύρω από το ίδιο θέμα κατανοώντας το κάθε φορά και καλύτερα. Ιδανικά, εάν ένας μαθητής εφαρμόσει τη δράση αυτήν καθ' όλη τη διάρκεια των μαθητικών του χρόνων, θα μελετά το ίδιο θέμα από διαφορετική σκοπιά με τελικό σκοπό την κατανόηση του θέματος αυτού από όλες τις πλευρές. Παράλληλα θα αναπτύσσονται και ικανότητες κλειδιά.

Έχουν οργανωθεί τα βήματα με τέτοιο τρόπο, ώστε κάθε δραστηριότητα να σχετίζεται με το χρώμα και να εκτελούνται κάθε μορφής πειράματα που συνδέονται με τους διδακτικούς στόχους του βήματος. Προτείνεται το ομαδοσυνεργατικό μοντέλο στην εκπαιδευτική διαδικασία, όπου συντονιστής είναι ο εκπαιδευτικός και με πρωταγωνιστές τους μαθητές, χωρίζονται σε ομάδες και ορίζουν κάθε φορά την αποστολή της κάθε ομάδας για τη διενέργεια του κάθε βήματος. Η αυτενέργεια του μαθητή παίζει καθοριστικό ρόλο στη διερεύνηση, καθώς δεν του δίνονται σαφείς οδηγίες (φύλλο εργασίας), αλλά τα κατάλληλα εργαλεία και το πρόβλημα που θα κληθεί να λύσει με τα εργαλεία αυτά.

Η ερευνητική πανεπιστημιακή ομάδα, καλείται να προτείνει το περιεχόμενο, τους διδακτικούς στόχους και τις προτεινόμενες δραστηριότητες, καθώς και ενδεικτικά τον τρόπο και ρόλο που πρέπει να ακολουθήσουν οι συντονιστές της δράσης, σε συνεργασία με τους υπόλοιπους. Βασιζόμενοι σε όλα τα παραπάνω, η δράση αποτελείται από 9 βήματα, όπου οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να διερευνήσουν την έννοια του χρώματος και τα είδη του, τον τρόπο σχηματισμού των παράγωγων χρωμάτων, τη διαδικασία του πως αντιλαμβανόμαστε τα χρώματα και κάποιες ιδιότητές τους, καθώς και να συνδέσουν τα χρώματα με σύγχρονα τεχνολογικά θέματα, όπως είναι να συνθέτουμε χρώματα μέσω φωτοδίοδων ή, τέλος, να διακρίνουν τη διαφορά της ζωγραφικής με χρώματα στο χαρτί σε σχέση με τον υπολογιστή κ.ά. Τα βήματα είναι σαφώς διαχωρισμένα και ανεξάρτητα μεταξύ τους, ώστε ο συντονιστής να επιλέξει αυτό που επιθυμεί και θεωρεί κατάλληλο για την ηλικιακή ομάδα και γνωστική ικανότητα των μαθητών. Η δομή κάθε βήματος είναι ξεκάθαρη και κοινή σε όλα τα βήματα:

1. Ανάλυση διδακτικών στόχων: υπάρχει περιγραφή των στόχων και σκοπών του βήματος, καθώς και λειτουργικές οδηγίες για το συντονιστή (εκπαιδευτικό).
2. Οδηγίες: στην ενότητα αυτή, υπάρχει μία μικρή θεωρητική εισαγωγή για το περιεχόμενο του βήματος και πλήρεις οδηγίες για τις πειραματικές δραστηριότητες (κείμενο,

φωτογραφικό υλικό, βίντεο, προσομοιώσεις, πραγματικά πειράματα από απόσταση). Οι οδηγίες είναι γραμμένες με τέτοιον τρόπο, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλείο και από τους μαθητές.

3. Υλικό: υπάρχει προτεινόμενο υλικό που μπορούν οι συντονιστές να χρησιμοποιήσουν είτε μερικώς είτε αυτούσιο μέσα στις τάξεις ή χρήσιμο για αυτούς για το πώς να ξεκινήσουν και πώς να συντονίσουν την ίδια τη δράση. Το υλικό αυτό είναι παρουσιάσεις, βίντεο, επιστημονικά άρθρα, χρήσιμοι σύνδεσμοι κλπ.

4. Πρακτικά: η ενότητα αυτή είναι ένας χώρος όπου θα συγκεντρώνονται τα πρακτικά των ομάδων για κάθε βήμα. Τα πρακτικά, έχουν την έννοια περιγραφής δράσεων και σκέψεων κάθε ομάδας, καθώς και των συμπερασμάτων τους.

Η πανεπιστημιακή ερευνητική ομάδα συνεργάζεται με τους σχολικούς συμβούλους όλων των βαθμίδων, και αυτοί με τη σειρά προτείνουν σε διάφορα σχολεία να συμμετέχουν στη δράση αυτή. Οι νηπιαγωγοί, δάσκαλοι και καθηγητές, ορίζονται συντονιστές της δράσης και με σκελετό την παραπάνω δομή, ακολουθούν τα βήματα και διερευνούν τη “Μαγεία των χρωμάτων”.

Περιγραφή περιβάλλοντος (moodle)

Η πανεπιστημιακή ερευνητική ομάδα καλείται λοιπόν να προτείνει, να εκπαιδεύσει και να συντονίζει την παραπάνω δράση για τους συντονιστές και τις ομάδες των μαθητών διαφόρων τάξεων & βαθμίδων, σχολείων & περιοχών. Το εγχείρημα αυτό χαρακτηρίζεται σχεδόν ακατόρθωτο, εάν έχριζε της φυσικής παρουσίας ατόμων της ομάδας σε κάθε σχολείο, είτε για την εκπαίδευση των συντονιστών, είτε για τη διενέργεια της δράσης. Γίνεται όμως λειτουργικό, δομώντας την παραπάνω διδακτική σειρά σε μία πλατφόρμα σύγχρονης και ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης, σε ένα Σύστημα Διαχείρισης Εκπαιδευτικού Περιεχομένου (LMS-Learning Management System), και πιο συγκριμένα σε μία πλατφόρμα moodle (Moodle, 2016).

Μέσω των βοηθημάτων που έχει η πλατφόρμα, χρησιμοποιούνται τα κατάλληλα εργαλεία για κάθε στόχο που έχει τεθεί από την πανεπιστημιακή ερευνητική ομάδα:

1. Αρχικά, έχει στηθεί η παραπάνω υποδομή (στόχοι, οδηγίες, υλικό, δυνατότητα ανεβάσματος πρακτικών κλπ) και είναι διαθέσιμη μέσω διαδικτύου προς όλους τους συντονιστές και τους μαθητές, αρκεί να ζητήσουν κωδικό πρόσβασης.

2. Για τη σύγχρονη επικοινωνία και μικρο-εκπαίδευση των σχολικών συμβούλων και συντονιστών, υπάρχει η δυνατότητα της τηλεδιάσκεψης μέσω του πρόσθετου που διαθέτει το moodle, του Big Blue Button (BBB). Το BBB είναι μία πλατφόρμα σύγχρονης τηλεκπαίδευσης με εύχρηστο περιβάλλον για παρουσιάσεις, ανταλλαγή υλικού και τηλεδιασκέψεις εν γένει πολλών χρηστών ταυτόχρονα.



3. Για την ασύγχρονη επικοινωνία σχολικών συμβούλων, συντονιστών, μαθητών και πανεπιστημίου, υπάρχει η δυνατότητα επικοινωνίας μέσω forum που έχει στηθεί μέσα στο moodle. Εκεί μπορεί να υπάρξουν περαιτέρω οδηγίες, δυνατότητα για ανταλλαγή απόψεων, εμπειριών και ανταλλαγής υλικού μεταξύ των ομάδων κλπ.

Η χρήση τέτοιου εργαλείου LMS, βοηθά την ομάδα να επικοινωνεί και να συνεργάζεται με περισσότερους την ίδια στιγμή. Έχοντας τον πυρήνα της δράσης σε μία τέτοια διαδικτυακή πλατφόρμα, δίνεται η δυνατότητα και στους ίδιους τους μετέχοντες, ο καθένας από τον δικό του ρόλο, να προσφέρει υλικό και να εμπλουτίσει το περιεχόμενο της δράσης αυτής, προσφέροντας τη δική τους οπτική στους υπόλοιπους συμμετέχοντες και αφήνοντας κληρονομιά για τους επόμενους συμμετέχοντες, τα μετέπειτα χρόνια να γνωρίσουν και να κατανοήσουν καλύτερα θέματα και φαινόμενα γύρω από τα χρώματα. Μέσω όλων των βοηθημάτων που αναφέρθηκαν, το περιεχόμενο της δράσης θα εμπλουτίζεται και θα ανανεώνεται με τον καιρό, δίνοντας έτσι μια πιο συμπληρωμένη εικόνα γύρω από το κεντρικό θέμα της δράσης.

Η δράση αυτή βρίσκεται αυτήν τη στιγμή σε εξέλιξη, με ομάδες μαθητών και εκπροσώπους όλων των βαθμίδων, να συμμετέχουν ενεργά. Η πλατφόρμα φιλοξενείται στην σελίδα με υπερσύνδεσμο τον παρακάτω <http://e-science.web.auth.gr/moodle/course/category.php?id=6>. Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται στιγμιότυπο της υποδομής της δράσης, όπως περιγράφηκε παραπάνω.


Σύγχρονα – ασύγχρονα μέσα επικοινωνίας

Σε αυτήν την ενότητα, μπορούμε να επικοινωνήσουμε μεταξύ μας. Υπάρχει η δυνατότητα του forum, ανταλλάσσοντας ασύγχρονα απόψεις με τους μετέχοντες με το κοινό και η δυνατότητα προγραμματισμένης τηλεδιάσκεψης όποτε κληθεί απαραίτητο για άμεση επικοινωνία

 Forum επικοινωνίας
 Τηλεδιάσκεψη





1 Μαγεία των χρωμάτων

Καλωσήλαθε στην δράση μας, Παρακαλώ επισκεφτείτε τον παρακάτω σύνδεσμο

 Καλωσήλαθε

2 Χρωματικός κύκλος

Χρωματικός κύκλος (τροχός) - ανάμειξη χρωμάτων

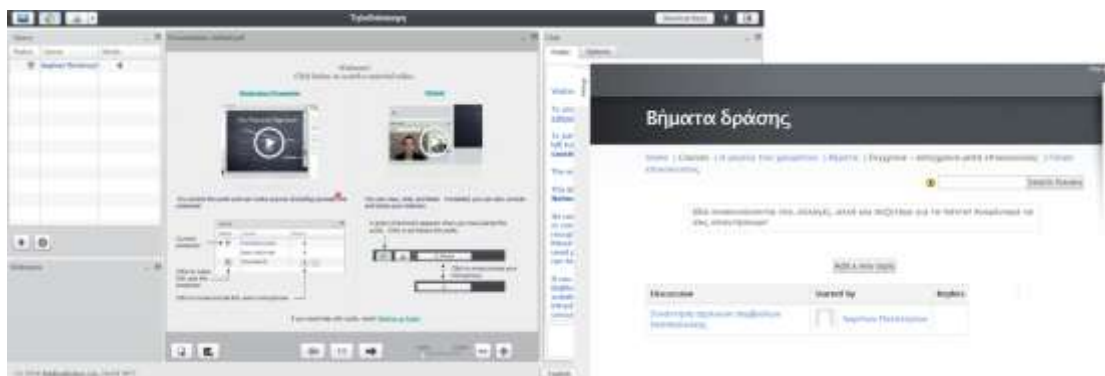
 Διδακτικοί στόχοι
 Οδηγίες
 Γλυκό
 Πρακτικά

3 Τα χρώματα...όπως τα βλέπουμε!

Τι σχέση έχουν τα χρώματα όπως τα συζητήσαμε στο προηγούμενο βήμα με τα χρώματα...που

Σχήμα 1. Στιγμιότυπο από τη δράση

Το forum και η σύγχρονη πλατφόρμα τηλεκαίτευσης έχουν τη δομή που παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.



Σχήμα 2. Το forum και η σύγχρονη πλατφόρμα τηλεκαίτευσης

Περιγραφή βημάτων – δράσεις και πειράματα

Τα βήματα, όπως αναφέρθηκαν και παραπάνω, αποτελούν τη σταδιακή διερεύνηση του χρώματος και των πτυχών του όπως τις συναντούμε στην καθημερινότητα μας. Σκοπός είναι η διαθεματική του προσέγγιση και για αυτό το λόγο σε κάθε βήμα γίνεται προσπάθεια σύνδεσης της έννοιας του χρώματος από διαφορετικό τομέα. Σε κάθε βήμα, υπάρχουν κοινές δραστηριότητες, που όλες οι βαθμίδες εκτελούν με διαφορετικό τρόπο, αλλά και πρόσθετες για κάθε βαθμίδα ξεχωριστά. Στην πλατφόρμα τηλεκαίτευσης υπάρχουν οδηγίες για κάθε βαθμίδα, καθώς και οι ίδιοι οι καθηγητές ενημερώνουν για το πώς οι ίδιοι προσέγγισαν το κάθε βήμα. Ακολουθούν η περιγραφή, ενδεικτικά και επιγραμματικά, της πορείας κάποιων βημάτων, έτσι όπως έχουν διαμορφωθεί μέχρι τώρα:

Χρωματικός κύκλος: στο βήμα αυτό, οι ομάδες των μαθητών, αναζητούν πληροφορίες γύρω από το χρώμα, τα είδη χρωμάτων και το τι είναι ο χρωματικός κύκλος. Έπειτα καλούνται να δημιουργήσουν το δικό τους χρωματικό κύκλο με τέμπερες.



Σχήμα 3. Στιγμιότυπο βήματος – φτιάχνω τον δικό μου χρωματικό κύκλο

Σε ακόλουθο βήμα, οι μαθητές χρησιμοποιώντας τον χρωματικό κύκλο, μελετούν τα συμπληρωματικά χρώματα, τα θερμά και τα ψυχρά, τους τόνους των χρωμάτων, καθώς και αναζητούν πληροφορίες γύρω από τη ψυχολογική και φυσιολογική επίδραση των χρωμάτων στον άνθρωπο, τόσο στην διάθεσή του ή τις καταναλωτικές του συμπεριφορές, κλπ.

Τα χρώματα...όπως τα βλέπουμε!: σε συνέχεια του χρωματικού κύκλου, οι μαθητές καλούνται να αναζητήσουν απάντηση στη διαφοροποίηση των χρωμάτων του χρωματικού κύκλου και στα χρώματα που βλέπουμε, με κύριο ερώτημα το εξής: Αναμειγνύοντας τα χρώματα στον χρωματικό κύκλο, βγάζουμε το μαύρο χρώμα, το λευκό φως που περιέχει όλα τα χρώματα....γιατί είναι λευκό και όχι μαύρο;

Μελετούν το φαινόμενο του φωτός και πως αντιλαμβανόμαστε ότι είναι λευκό, διερευνώντας σταδιακά το φαινόμενο απορρόφησης ακτινοβολιών με δύο δράσεις. Η μία αφορά δραστηριότητα που γίνεται μέσα στην τάξη με τη χρήση του προτζέκτορα:

Δημιουργώντας ένα αρχείο Power point που θα έχει μονόχρωμες διαφάνειες, πρώτα των βασικών χρωμάτων του φωτός (κόκκινο, πράσινο, μπλε) και έπειτα κάποιου δευτερεύοντος χρώματος τοποθετούνται χρωματισμένα κομμάτια χαρτόνι εκεί που φωτίζει ο προτζέκτορας. Τα κομμάτια χαρτόνι πρέπει να είναι κρυφά, ώστε οι μαθητές να μην γνωρίζουν από πριν το χρώμα. Εξηγώντας στους μαθητές ότι πρόκειται να φωτιστούν με φως που δεν είναι λευκό, τα κομμάτια αυτά, τίθεται το πρόβλημα: "εάν φωτίσουμε, με κόκκινο φως, τι θα συμβεί για κάθε κομμάτι ξεχωριστά;".

Γίνεται συζήτηση των ομάδων γύρω από τις προβλέψεις τους και εκτελείται η δράση πολλές φορές από τους ίδιους και με διαφορετικού χρώματος διαφάνειες. Επόμενο στάδιο είναι η δημιουργία ενός λίγο πιο πολύπλοκου σεναρίου, χρησιμοποιώντας τη διαφάνεια δευτερεύοντος χρώματος, τίθεται πάλι το ερώτημα πρόβλεψης του χρώματος των κομματιών χαρτονιών.

Η δεύτερη δραστηριότητα, πραγματοποιείται μέσα στην τάξη, χρησιμοποιώντας ένα εξ αποστάσεως πείραμα, παρόμοιου περιεχομένου με περισσότερες δυνατότητες. Είναι μία δραστηριότητα που αφορά μαθητές μεγαλύτερων βαθμίδων Το πείραμα αυτό βασίζεται στην τεχνολογία arduino και είναι ένα RGB LED που ο χρήστης μπορεί να αυξομειώνει ποσοστώςεις κόκκινου, πράσινου και μπλε φωτός, δημιουργώντας φως διαφόρων χρωματισμών και να παρατηρεί και να προβλέψει το χρώμα των χρωματισμένων λωρίδων, όπως φαίνεται στα στιγμιότυπα παρακάτω:



Σχήμα 4. Στιγμιότυπο βήματος – RGB LED

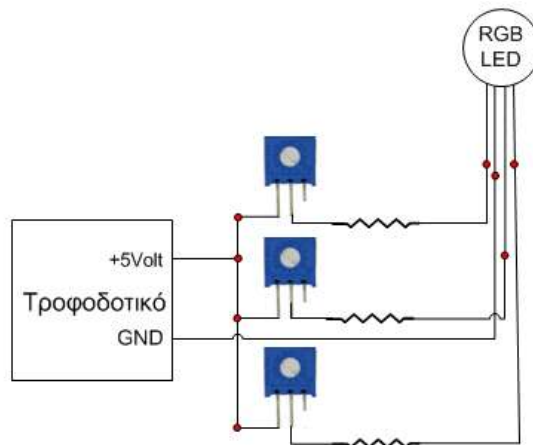
Στο παραπάνω βήμα οι μαθητές αναζητούν πληροφορίες γύρω από το φως και έρχονται σε μία πρώτη επαφή με την τεχνολογία των LED και την πορεία εξέλιξής τους.

Χρώματα στα LED: οι μαθητές επαγγελματικού λυκείου της Θεσσαλονίκης και πιο συγκεκριμένα του ΕΠΑ.Λ Ευόσμου υλοποίησαν εκπαιδευτική συσκευή που αφορά στη σύνθεση των χρωμάτων.

Οι συσκευές που κατασκευάστηκαν αποτελούνται από:

- RGB LED (LED τριών χρωμάτων (κόκκινο, πράσινο, μπλε)
- μεταβλητούς αντιστάτες (trimmers) ή κομβία
- αντιστάτες
- τροφοδοτικό
- κατασκευή από Plexiglas (η οποία περιέχει το όλο ηλεκτρικό κομμάτι της συσκευής) ή χαρτόνι

Το ηλεκτρικό κύκλωμα αποτυπώνεται σχηματικά στην παρακάτω εικόνα



Σχήμα 5. Το ηλεκτρικό κύκλωμα της συσκευής που κατασκεύασαν οι μαθητές

Η όλη κατασκευή έχει τη μορφή της εικόνας που παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.

Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος ρυθμίζεται με τη βοήθεια των μεταβλητών αντιστάτων, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η ένταση της φωτοβολίας του κάθε χρώματος. Έτσι για παράδειγμα αν ο ροοστάτης στραφεί με τέτοιο τρόπο ώστε να έχει τη μέγιστη δυνατή αντίστασή του, τότε το αντίστοιχο χρώμα του RGB LED δεν φωτοβολεί. Αντιθέτως, αν στραφεί προς το άκρο του εκείνο που εμφανίζει μηδενική αντίσταση τότε το αντίστοιχο χρώμα φωτοβολεί με τη μέγιστη δυνατή του ένταση. Επίσης, για την προστασία του LED έχει συνδεθεί σε σειρά με τους μεταβλητούς αντιστάτες και μία αντίσταση.



Σχήμα 6. Συσκευή που κατασκεύασαν οι μαθητές

Οι συσκευές αυτές κατασκευάστηκαν και θα παρουσιαστούν από τους μαθητές-κατασκευαστές σε μαθητές δημοτικών και γυμνασίων της Θεσσαλονίκης, τα σχολεία των οποίων μετέχουν στην προαναφερθείσα καινοτομία. Οι μαθητές σχεδιάζουν τις οδηγίες και τις εργασίες που θα καλέσουν τους μικρότερους μαθητές να εκτελέσουν, ώστε να αντιληφθούν τον τρόπο λειτουργίας της συσκευής αυτής, καθώς και την κυρίως θεματολογία, τη σύνθεση του φωτός.

Χημεία και χρώμα: η σύνδεση των χρωμάτων με τον κλάδο της Χημείας, επιλέχθηκε να γίνει με το πείραμα πεχαμέτρησης διαφόρων ουσιών που συναντούμε στην καθημερινότητά μας, χρησιμοποιώντας ως δείκτη το μωβ λάχανο. Χωρίς να οριστούν από την αρχή οι έννοιες βασικό, όξινο, ουδέτερο διάλυμα ή τι είναι ο δείκτης, εκτελείται το πείραμα και οι ομάδες καλούνται να συζητήσουν και να απαντήσουν σε ερωτήματα όπως: Τι παρατηρείτε;

- Πώς γίνεται η ίδια ουσία που ρίχνω σε κάθε ποτήρι να αλλάζει χρώμα;
- Έχει σχέση η ουσία που έχω μέσα στο ποτήρι;
- Εάν ξέρουμε τι έχει το ποτήρι, τι παρατηρούμε;
- Υπάρχουν ουσίες που έχουν παρόμοιο χρώμα;
- Τι άλλο παρόμοιο μπορούμε να βρούμε για τις ουσίες αυτές; Τις έχουμε συναντήσει στην καθημερινότητά μας;
- Μπορώ να τις βάλω σε κάποιες ομάδες;
- Εάν δεν γνωρίζω μια ουσία, μπορώ κάνοντας το ίδιο πείραμα να καταλάβω σε ποιά από τις παραπάνω ομάδες ανήκει;

Σε μεγαλύτερες βαθμίδες, γίνεται και η μέτρηση του pH χρησιμοποιώντας την πεχαμετρική κλίμακα του μωβ λάχανου, καθώς και το πείραμα μέτρησης pH ενός ισχυρού οξέος κατά την σταδιακή αραιώσή του.

Η πιλοτική εφαρμογή της καινοτόμας δράσης βρίσκεται σε εξέλιξη και αυτήν την στιγμή συμμετέχουν ομάδες μαθητών από το Νηπιαγωγείο Δελασάλ, το 2^ο, 4^ο και 15^ο Δημοτικό Καλαμαριάς, το Γυμνάσιο Βαθυλάκκου και το 2^ο ΕΠΑΛ Ευόσμου.

Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία περιγράφηκε η συνεργασία, στα πλαίσια μιας καινοτόμου δράσης όλων των βαθμίδων της εκπαίδευσης και ο συντονισμός της δράσης που εφαρμόζεται αυτήν τη στιγμή πιλοτικά σε ομάδες μαθητών διαφόρων τάξεων και περιοχών από πανεπιστημιακή ερευνητική ομάδα. Η δράση αυτή έχει κύριο θέμα τη διαθεματική ανάλυση και διερεύνηση φαινομένων γύρω από τα χρώματα. Αναλύθηκαν οι στόχοι και σκοποί της δράσης, η διαδικασία συντονισμού και αναφέρθηκαν ενδεικτικά βήματα της δράσης με τις πειραματικές τους δραστηριότητες. Ο στόχος για ευρεία και ταυτόχρονη συμμετοχή πολλών, αλλά και συντονισμό αυτών, στις δραστηριότητες, αποτέλεσε επιτακτική ανάγκη για τη δημιουργία διαδικτυακού σημείου συνάντησης και συγκέντρωσης υλικού, χρησιμοποιώντας γνωστή πλατφόρμα LMS. Με αυτόν τον τρόπο γεφυρώθηκαν οι γεωγραφικές αποστάσεις, ανταλλάχθηκαν απόψεις, εμπειρίες και γνώσεις μεταξύ των συμμετεχόντων και συντονίστηκαν ευκολότερα οι ομάδες. Το εγχείρημα αυτό συντέλεσε στο να μικρύνει το χάσμα μεταξύ των βαθμίδων εκπαίδευσης και η συνεργασία τους σε κοινό πλαίσιο και ενιαίο σκοπό ήταν επιτυχημένη. Η δράση βρίσκεται σε εξέλιξη και τα αποτελέσματά της συγκεντρώνονται και βρίσκονται υπό μελέτη και ανάλυση.

Αναφορές

- Goodlad, J. I. (2004) *A place called school (2nd edn)* New York, McGraw-Hill
- Martín-Blas, T., Serrano-Fernández, A. (2009). The role of new technologies in the learning process: Moodle as a teaching tool in Physics. *Computers & Education*, 52, 35–44. Retrieved January 02, 2016 from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036013150800095X>
- Peters, J. (2002). University–school collaboration: identifying faulty assumptions, *Asia-Pacific Journal of Teacher Education*, 30(3), 229–242. Retrieved September 09, 2015 from <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1359866022000048394>
- Utley, B.L., Basile, C.G. & Rhodes, L. K. (2003). Walking in two worlds: master teachers serving as site coordinators in partner schools. *Teaching and Teacher Education*, 19, 515–528. Retrieved September 09, 2015 from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0742051X03000490>

Walkington, J. (2007). Improving partnerships between schools and universities: professional learning with benefits beyond preservice teacher education. *Teacher Development: An international journal of teachers' professional development*, 11(3), 277-294. Retrieved September 09, 2015, DOI: 10.1080/13664530701644581 from <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13664530701644581>

Yasin, R.M., & Rahman, S. (2011). Problem Oriented Project Based Learning (POPBL) in Promoting Education for Sustainable Development. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 15, 289–293. Retrieved December 15, 2015 from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042811002679>

Αρτέμη, Σ., Μαΐδου, Α., Δίντσιος, Ν., Πολάτογλου, Χ. (2014). Εκπαιδευτικό υλικό για εξ-αποστάσεως εκπαίδευση στο πλαίσιο ερευνητικής εργασίας – συνεργασία τριτοβάθμιας με σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Στο Σκουμπουρδή Χ. και Σκουμιός Μ. *Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»*, 890-905 ISBN: 978-960-86791-5-3. Ρόδος

Moodle (2016). <https://moodle.org/>. Ημερομηνία προσπέλασης: 05/01/2016

Χαραλάμπους, Μ. (2010). Οι «ικανότητες – κλειδιά» και η καλλιέργεια τους μέσω της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. *Διδακτορική διατριβή*, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής εκπαίδευσης Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Συνεδρία Δ2

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Η εργαστηριακή διδασκαλία της Φυσικής προσαρμοσμένη στη σχολική πραγματικότητα του Γενικού Λυκείου

Νικόλαος Αναστασάκης
Φυσικός, συνεργάτης Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων
nikos.anastasakis@sch.gr

Δημοσθένης Μαρκογιαννάκης
Χημικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων
dgmarko55@gmail.com

Περίληψη

Η χρήση του Εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών στο Γενικό Λύκειο, αν και θεωρητικά είναι αναβαθμισμένη, στην πράξη υποβαθμίζεται συνεχώς για διάφορους λόγους. Προσπαθώντας να επαναφέρουμε το μάθημα της Φυσικής στο φυσικό του περιβάλλον, αυτό της αλληλεπίδρασης με την φύση, προτείνουμε μια σειρά δραστηριοτήτων με πειράματα για τη Φυσική της Α' Λυκείου. Η διδασκαλία της κάθε ενότητας του αναλυτικού προγράμματος συμπληρώνεται από απλές δραστηριότητες που μπορούν να γίνουν μέσα στην τάξη από τους μαθητές, ώστε να εφαρμόσουν ή και να ανακαλύψουν «ζωντανά» την θεωρία που διδάσκονται. Μετά την ολοκλήρωση της ενότητας, χρησιμοποιείται και το Σχολικό Εργαστήριο για κάποια/ες από τις εργαστηριακές ασκήσεις που προτείνουμε ή προβλέπει το αναλυτικό πρόγραμμα και κρίνει κατάλληλη/ες ο εκπαιδευτικός, ανάλογα με το επίπεδο του μαθήματος που έχει προηγηθεί και τον εξοπλισμό που διαθέτει.

Λέξεις κλειδιά: Φυσική Λυκείου, εργαστήριο, πειραματική δραστηριότητα, εργαστηριακή άσκηση.

Εισαγωγή

Ένα βασικό συστατικό της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών πρέπει να είναι η πειραματική δραστηριότητα, δηλαδή η αλληλεπίδραση του μαθητή με τον κόσμο γύρω του. Όμως αυτό είναι δύσκολο στο σημερινό Λύκειο, με τμήματα 20-25 ατόμων, με ύλη καθορισμένη και προσανατολισμένη στις Πανελλήνιες εξετάσεις της Γ' Λυκείου, εργαστηριακές αίθουσες σε καθεστώς αδράνειας, εκπαιδευτικούς απογοητευμένους και συχνά υπερφορτωμένους με δραστηριότητες, και προπάντων μαθητές που συχνά βλέπουν τις Φυσικές Επιστήμες ως αναγκαίο κακό για την εισαγωγή τους σε μία σχολή.

Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει, πέρα από την προσωπική εμπειρία, μέσα και από την διενέργεια σχετικής έρευνας σε συναδέλφους και σχολικές μονάδες Γυμνασίων – Λυκείων της περιοχής μας (ΠΑΝΕ.Κ.Φ.Ε., 2015): Σε σύνολο 16 εργαστηρίων, τα 8 χρησιμοποιούνται ως αίθουσες διδασκαλίας/προβολών για μαθήματα εκτός των Φυσικών Επιστημών ενώ από τα υπόλοιπα σχεδόν τα μισά χρησιμοποιούνται 2-3 φορές τον μήνα. Μόνο σε 3 (επαρχιακές) σχολικές μονάδες ο αριθμός των μαθητών που καλούνται να συμμετάσχουν στις εργαστηριακές δραστηριότητες είναι κάτω των 18. Συνολικά, πλήρη αξιοποίηση έχει μόλις το 25% των εργαστηρίων του νομού.

Οι σύγχρονες τεχνολογίες συχνά επιστρατεύονται ως αντιστάθμιση στην παραγκώνιση του εργαστηρίου. Μάλιστα, θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι έχουν γίνει «της μόδας» τα τελευταία χρόνια καθώς αποτελούν ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο στην αποσαφήνιση δύσκολων εννοιών αλλά και στην διάδοση της γνώσης μέσω της δημιουργίας εύκολα προσβάσιμων παγκόσμιων «βιβλιοθηκών». (Φωτόδεντρο, Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, κ.ά). Όμως η Φυσική, και γενικότερα οι Φυσικές Επιστήμες, είναι επιστήμες της φύσης και η ζωντανή αλληλεπίδραση με αυτήν θεωρούμε ότι δεν μπορεί να αντικατασταθεί από τη χρήση προσομοιώσεων ή/και την προβολή video. Άλλωστε, τα εποπτικά αυτά μέσα έχουν σαν στόχο να δώσουν ζωή στον ψυχρό «μαυροπίνακα» και όχι να καταργήσουν το (ήδη ζωντανό) εργαστήριο.

Επέκταση του εργαστηρίου στη σχολική τάξη

Ως μία ενδεχόμενη λύση στα παραπάνω προβλήματα έχουμε εφαρμόσει στην πράξη και συνεχίζουμε να εξελίσσουμε, μία διδακτική προσέγγιση που αξιοποιεί δραστηριότητες στην τάξη με απλά υλικά και χρήση των ΤΠΕ καθώς και εργαστηριακές ασκήσεις.

Αρχικά, εισάγουμε πειραματικές δραστηριότητες στο καθημερινό μάθημα, με χρήση αντικειμένων και δομών που ήδη βρίσκονται στην τάξη, (θρανία, βιβλία, στυλό, σελίδες χαρτί, οδηγίες & σχήματα στον πίνακα, βιντεοπροβολέας – διαδίκτυο, κ.ά.) σε συνδυασμό με λιγιστά εργαστηριακά αντικείμενα που μπορεί να έχει μαζί του ο εκπαιδευτικός (βαρίδια, νήμα, χρονόμετρα, δυναμόμετρα κ.λπ.). Οι μαθητές καθοδηγούνται στις δράσεις τους μέσω απλών και σύντομων φύλλων εργασίας και εφαρμόζουν στην πράξη την θεωρία που έχουν ήδη διδαχθεί ή διδάσκονται.

Μετά την ολοκλήρωση της κάθε διδακτικής ενότητας μέσω των δραστηριοτήτων «τάξης», οι μαθητές μπορούν να ασκηθούν και σε εργαστηριακές ασκήσεις μεγαλύτερης κλίμακας, «εργαστηρίου». Αυτές είναι προσαρμοσμένες στον εξοπλισμό των σημερινών σχολικών εργαστηρίων.

Οι πειραματικές δραστηριότητες

Οι δραστηριότητες που προτείνουμε προέρχονται από τις δράσεις μας μέσα στην σχολική τάξη και από ιδέες - προτάσεις συναδέλφων από τα Λύκεια του νομού Χανίων. Για τη συλλογή τους, έχουμε φτιάξει κατάλληλη φόρμα στη ιστοσελίδα του Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων (<http://ekfe.chan.sch.gr/Lykeio/labLyk.html>) όπου βρίσκεται και ο συγκεντρωτικός οδηγός των δραστηριοτήτων. Σ' αυτόν περιέχονται ανά διδακτική ενότητα: Οι στόχοι, σύντομη θεωρητική εισαγωγή, περιγραφή των απαιτούμενων υλικών και διατάξεων, βασικές οδηγίες για την εκτέλεση, φύλλα εργασίας, αλλά και ενδεικτικές τιμές μετρήσεων και παρατηρήσεις από την εκτέλεση των δραστηριοτήτων (στο Ε.Κ.Φ.Ε., ή σε σχολική τάξη). Επιπλέον υπάρχει συνοδευτικό υλικό όπως οδηγίες χρήσης συσκευών, κατασκευή διατάξεων, links σε ιστοσελίδες προσομοιώσεων κ.λπ..

Οι δραστηριότητες «τάξης» είναι δομημένες έτσι, ώστε να ακολουθούν τη ροή της διδασκαλίας του σχετικού αντικειμένου και να γίνονται παράλληλα με το μάθημα. Ειδικά σε αυτές δεν ενδιαφέρει η ακρίβεια στις μετρήσεις, όσο η κατανόηση της φυσικής σημασίας των μεγεθών και της τάξης μεγέθους τους.

Παρακάτω θα δώσουμε μία σύντομη περιγραφή του περιεχομένου για τις ενότητες «ευθύγραμμη κίνηση» και «δυνάμεις». Επιπλέον, θα γίνει ενδεικτικά αναλυτική περιγραφή μίας από τις αναφερόμενες δραστηριότητες για την καλύτερη κατανόηση της διδακτικής προσέγγισης.

Ευθύγραμμες κινήσεις

Ευθύγραμμη Ομαλή Κίνηση

Α. Στα τρία φύλλα εργασίας δραστηριοτήτων τάξης οι μαθητές χρησιμοποιούν τη διάταξη με τον κλειστό γυάλινο σωλήνα που περιέχει νερό και μία φυσαλίδα αέρα (Εικόνα 1), για να παρατηρήσουν την κίνηση (Αντωνίου, 2013, σ. 34).



Εικόνα 1. Γυάλινος σωλήνας με νερό και φυσαλίδα αέρα

Σημειώνουν τις διαδοχικές θέσεις της φυσαλίδας, υπολογίζουν την ταχύτητά της και φτιάχνουν το διάγραμμα μετατόπισης - χρόνου. Παράλληλα παρατηρούν και σχετική προσομοίωση (ιστοσελίδα PhET, «κινούμενος άνδρας»).

Β. Στις δύο εργαστηριακές ασκήσεις που προτείνουμε, χρησιμοποιούμε ένα παιδικό παιχνίδι - τρενάκι (Εικόνα 2) που κινείται με σταθερή ταχύτητα συνδεδεμένο με την χαρτοταινία του χρονομετρητή (Μπισδικιάν, 2002, σ. 28).

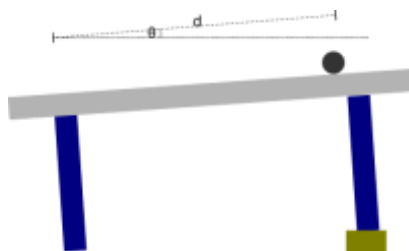


Εικόνα 2: Παιδικό αμαξάκι μπαταρίας

Οι μαθητές χρησιμοποιούν τις ενδείξεις της χαρτοταινίας για να παρατηρήσουν τον νόμο της κίνησης (ίσες αποστάσεις σε ίσα χρονικά διαστήματα). Η κατασκευή των διαγραμμάτων $x-t$ και $v-t$ γίνεται με χρήση της χαρτοταινίας όπως προτείνεται στον σχολικό εργαστηριακό οδηγό για την επιταχυνόμενη κίνηση, (Βλάχος, 2013, σ. 46) ή, στην δεύτερη άσκηση, με την κλασική μέθοδο (πίνακας τιμών τις οποίες σημειώνουν από τις ενδείξεις της χαρτοταινίας).

Ευθύγραμμη Ομαλά Μεταβαλλόμενη κίνηση

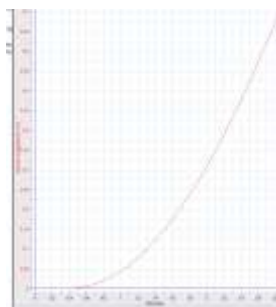
Α. Στα τρία φύλλα εργασίας δραστηριοτήτων τάξης οι μαθητές χρησιμοποιούν ως κεκλιμένο επίπεδο το θρανίο τους όπως στο Σχήμα 1. Αφήνουν ένα μικρό κύλινδρο (π.χ. βαρίδι εργαστηρίου) να κινηθεί ακολουθώντας τις οδηγίες των φύλλων εργασίας τους καταγράφουν την κίνηση (απόσταση, χρόνος) και φτιάχνουν τα διαγράμματα $\Delta x - t$ & $\Delta x - t^2$.



Σχήμα 1. Θρανίο σε ρόλο κεκλιμένου επιπέδου

Επίσης παρακολουθούν μία προσομοίωση της κίνησης (φτιαγμένη με κατάλληλο λογισμικό, π.χ. Modellus) και με την βοήθεια ενός τυπωμένου στιγμιότυπου όπου φαίνονται οι διαδοχικές θέσεις του αντικειμένου, φτιάχνουν το διάγραμμα $v - t$.

Β. Για το εργαστήριο προτείνονται 3 ασκήσεις, με διαφορετικές απαιτήσεις και επίπεδο δυσκολίας. Η κίνηση εκτελείται είτε από εργαστηριακό αμαξάκι και βαρίδι, είτε με μπίλια σε κεκλιμένο επίπεδο. Η καταγραφή των μετρήσεων γίνεται με χρονομετρητή, με φωτοπύλες ή με τη βοήθεια του Multilog. Στην Εικόνα 3 δίνεται ενδεικτικό διάγραμμα που προκύπτει από δεδομένα που συλλέγονται με το Multilog.



Εικόνα 3. Διάγραμμα μετατόπισης χρόνου με την συσκευή καταγραφής Multilog

Δυνάμεις

Δυνάμεις στη φύση

Α. Οι διατάξεις που χρησιμοποιούνται στήνονται στην έδρα από τον εκπαιδευτικό και είναι αυτές που αναπαριστώνται στο Σχήμα 2. Στα τρία φύλλα εργασίας που προτείνονται οι μαθητές καταγράφουν δυνάμεις γύρω τους, τις σχεδιάζουν, υπολογίζουν την συνισταμένη με τον νόμο του παραλληλογράμμου και αναλύουν σε συνιστώσες.



Σχήμα 2. Διατάξεις για τον υπολογισμό της συνισταμένη δύναμης (αριστερά) και συνιστώσας δύναμης (δεξιά)

Τριβή

Α. Μέσα στην τάξη, χρησιμοποιούμε ένα αντικείμενο με επιφάνειες διαφορετικής υφής (π.χ. κύβος σειράς οργάνων μηχανικής). Με ένα δυναμόμετρο ή μέσω του παιδικού παιχνιδιού – τραινάκι (Εικόνα 4), ασκούμε δύναμη ώστε ο κύβος να κινείται με σταθερή ταχύτητα. Οι μαθητές μέσω των φύλλων εργασίας τους καταγράφουν την τιμή της τριβής για τις διάφορες επιφάνειες του κύβου, τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται και υπολογίζουν το συντελεστή της.



Εικόνα 4. Παιδικό τραινάκι κύβος και δυναμόμετρο για τις δραστηριότητες της τριβής

Β. Στο εργαστήριο χρησιμοποιούμε το κεκλιμένο επίπεδο της σειράς οργάνων μηχανικής (Εικόνα 5) και εκτελούμε μια παραλλαγή της κλασικής εργαστηριακής άσκησης όπου μεταβάλλοντας την γωνία κλίσης υπολογίζουμε τον συντελεστή (οριακής) τριβής (Βλάχος, 2013, σ. 74).



Εικόνα 5. Υλικά για το στήσιμο της διάταξης κεκλιμένου επιπέδου

Δύναμη και κίνηση

Α. Μέσω τεσσάρων δραστηριοτήτων οι μαθητές υπολογίζουν την τιμή της επιτάχυνσης την τάση του νήματος που ασκείται σε ένα βαρίδι, αλλά και την τριβή που ασκείται σε ένα τετράδιο κατά την ολίσθηση του πάνω σε θρανίο. Χρησιμοποιούν διάταξη αυτοσχέδιας τροχαλίας στα θρανία τους, ένα χρονόμετρο και χάρακα. (Η δραστηριότητα περιγράφεται παρακάτω αναλυτικά). Ακόμα μπορούν να παρακολουθήσουν ένα βίντεο ελεύθερης πτώσης (BBC2, «Brian Cox visits the world's biggest vacuum chamber») και να συμπληρώσουν το σχετικό φύλλο εργασίας.

Β. Στο εργαστήριο, εκτός της άσκησης του σχολικού εργαστηριακού οδηγού (Εργ. Οδηγός Α' Λυκείου, άσκηση 2α), μπορεί να γίνει και μία παραλλαγή της όπου αντί για βαρίδι χρησιμοποιούμε μία ποσότητα νερού σε ένα ποτηράκι ώστε να υπολογίσουμε την τιμή της τριβής που ασκείται στο κινούμενο αντικείμενο.

Επιπλέον των προηγούμενων, χρήσιμες είναι και οι ακόλουθες προσομοιώσεις, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν παράλληλα με τις δραστηριότητες ή την εργαστηριακή άσκηση (ανάλογα με την δυνατότητα προβολής που έχουμε):

Forces and Motion: basics (Phet-Interactive Simulations, 2015).

2ος Νόμος Νεύτωνα (α)(β) (Seilias, Physics & Photography, 2011)

Για την περίπτωση της ελεύθερης πτώσης, προτείνουμε δύο εργαστηριακές ασκήσεις υπολογισμού της επιτάχυνσης της βαρύτητας: Μέσω χρονομετρητή χαρτοταινίας και με χρήση φωτοπυλών.



Εικόνα 6. Διάταξη για την μέτρηση της επιτάχυνσης της βαρύτητας με χρήση φωτοπυλών

Περιγραφή της 1ης και 2ης δραστηριότητας από την ενότητα «δύναμη και κίνηση»

Στόχοι

Οι μαθητές:

- να συσχετίσουν την αιτία (δύναμη) με το αποτέλεσμα (επιτάχυνση)
- να εφαρμόσουν τις εξισώσεις που έχουν μάθει στη θεωρία (εξισώσεις κίνησης - θεμελιώδης νόμος μηχανικής) σε πραγματικά προβλήματα

Θεωρητικό υπόβαθρο

- Νόμοι Νεύτωνα, Θεμελιώδης νόμος μηχανικής, εξισώσεις επιταχυνόμενης κίνησης.

Υλικά

- Ξυλάκι από σουβλάκι, καλαμάκι αναψυκτικού, νήμα, ένα βαρίδι 50-100g, τρία βιβλία, δυναμόμετρο, χρονόμετρο χειρός.

Εκτέλεση

Οι μαθητές έχουν ανά δύο ή τρεις στα θρανία τους την διάταξη της Εικόνας 7. Η κίνηση με την οποία ασχολούνται είναι αυτή του βαριδιού. Το βιβλίο που συνδέεται στο άλλο άκρο του σχοινιού χρησιμεύει ως φρένο.

Μετρούν με το δυναμόμετρο την μάζα του βαριδιού και σχεδιάζουν τις δυνάμεις που του ασκούνται όταν αυτό ισορροπεί. Ελευθερώνουν το σύστημα έτσι ώστε το βαρίδι να αρχίσει να κινείται και καταγράφουν τον χρόνο που χρειάζεται για να κατέβει συγκεκριμένη απόσταση (π.χ. δύο φορές το πλάτος του βιβλίου της Φυσικής είναι περίπου 40 cm). Σχολιάζουν το είδος της κίνησης και καταγράφουν την εξίσωση της μετατόπισης. Χρησιμοποιώντας την μέτρηση του χρόνου και της απόστασης υπολογίζουν την επιτάχυνση. Εφαρμόζοντας τον θεμελιώδη νόμο της μηχανικής, υπολογίζουν τη συνισταμένη δύναμη που δέχεται το βαρίδι αλλά και την τάση που του ασκείται από το νήμα.

Αν ο χρόνος για την ολοκλήρωση της δραστηριότητας στην τάξη δεν είναι αρκετός, ολοκληρώνουν την επεξεργασία του φύλλου εργασίας στα σπίτια τους.



Εικόνα 7. Αυτοσχέδια τροχαλία με βαρίδι και βιβλία.

Αξιολόγηση της διδακτικής στρατηγικής

Επιχειρώντας την πιλοτική αποτίμηση της εφαρμογής της διδακτικής αυτής στρατηγικής σε Λύκεια του νομού Χανίων, δώσαμε ένα ερωτηματολόγιο σε 23 μαθητές Α' Λυκείου ενός Λυκείου. Τα πρώτα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά: Το 78% των μαθητών απάντησαν ότι ο συγκεκριμένος τρόπος διδασκαλίας τους βοηθάει στην κατανόηση των εννοιών που διδάσκονται, ενώ το μάθημα γίνεται πιο κατανοητό και ευχάριστο (56% και 35% αντίστοιχα). Αναλυτικά τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Ερωτηματολόγιο σε ΓΕ.Λ του νομού Χανίων, Δεκέμβριος 2015

| Ερωτηματολόγιο για την διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής | | | | |
|---|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---|
| | Όχι | Λίγο | Αρκετά | Πολύ |
| Πιστεύεις ότι ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η παράδοση του μαθήματος σε βοηθάει να κατανοήσεις τις έννοιες της φυσικής που διδάσκονται; | 1 | 4 | 13 | 5 |
| Πιστεύεις ότι ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η παράδοση του μαθήματος σε βοηθάει να λύνεις ασκήσεις μόνος/ή σου; | 2 | 9 | 9 | 3 |
| Τα φύλλα εργασίας που χρησιμοποιείς στις δραστηριότητες σε καθοδηγούν στο τι πρέπει να κάνεις; | | 5 | 8 | 9 |
| Οι εργαστηριακές δραστηριότητες που κάνεις στην τάξη | κάνουν το μάθημα πιο αγχωτικό | κάνουν το μάθημα πιο ευχάριστο | κάνουν το μάθημα πιο κατανοητό | δεν έχουν σχέση με αυτά που διδάσκονται στην θεωρία |
| | 2 | 8 | 13 | |

| | | | | |
|--|--------------------|---|--|-----------------------------------|
| Αν μπορούσες να επιλέξεις τρόπο διδασκαλίας ποιόν θα διάλεγες; | Περισσότερη Θεωρία | Περισσότερες εργαστηριακές δραστηριότητες | Η αναλογία θεωρίας / δραστηριοτήτων που υπάρχει είναι καλή | Έτοιμα τυπολόγια να τα αποστηθίζω |
| | 4 | 13 | 4 | 2 |

Συμπεράσματα

Πριν 200 χρόνια ο Κ. Μ. Κούμας έλεγε: «Πειραματικά όργανα μεταχειρίζομαι καθ' εκάστην εις τας παραδόσεις μου». Τα λόγια αυτά αποτελούν μέρος του σημερινού λογότυπου του Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων και βέβαια, όχι τυχαία.

Σήμερα, παρά το ότι τα περισσότερα σχολεία διαθέτουν εξοπλισμό ενώ οι ΤΠΕ έχουν γίνει βασικό συστατικό της υποδομής τους, συχνά η διδασκαλία της Φυσικής γίνεται ως διάλεξη συνοδευόμενη από (συχνά δυσνόητες) ασκήσεις, διανθισμένη ενίοτε με παθητικά video που μετατρέπουν τον βιντεοπροβολέα σε σύγχρονο μαυροπίνακα.

Η πειραματική δραστηριότητα πρέπει να είναι αναπόσπαστο κομμάτι της διδασκαλίας της Φυσικής, όχι μόνο στο εργαστήριο αλλά και στην τάξη. Ένας τρόπος που μπορεί αυτό να πραγματοποιηθεί, πιστεύουμε, αναδείχτηκαν με τα προηγούμενα.

Θέλουμε να πιστεύουμε ότι η πρότασή μας συμμετέχει στην προσπάθεια η πειραματική διδασκαλία να «ανθίσει» και μέσα στην τάξη, βοηθώντας τους μαθητές μας να κατανοήσουν την Φυσική μέσω μια βασικής της αρχής: αυτήν της αλληλεπίδρασης!

Αναφορές

BBC2, «Brian Cox visits the world's biggest vacuum chamber» <https://youtu.be/E43-CfukEgs> Ημερομηνία προσπέλασης 27/2/2016.

<http://ekfe.chan.sch.gr/Lykeio/labLyk.html> Ημερομηνία προσπέλασης: 23/12/2015

<http://phet.colorado.edu/el/simulation/forces-and-motion-basics> Ημερομηνία προσπέλασης: 18/12/2015

<http://www.panekfe.gr/press/346-2015-erwtimatologio-xrxis-sefe-epeaek> Ημ. προσπέλασης 17/12/2015.

PhET Colorado, “Forces and Motion- basics”:

PhET Colorado, “Moving Man”:
<http://phet.colorado.edu/el/simulation/forces-and-motion-basics> Ημερομηνία προσπέλασης: 18/12/2015

Αναστασάκης, Ν. (2013). *Εργαστηριακός Οδηγός Φυσικής Α' Λυκείου*. Χανιά: Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων

Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., Παπατσίμπα, Λ. (2013). *Φυσική Β' Γυμνασίου*. Αθήνα: Ινστιτούτο Τεχνολογίας και Υπολογιστών Διόφαντος

Βλάχος, Ι., Γραμματικάκης, Ι., Καραπαναγιώτης Β., Κόκκοτας, Π., Περιστερόπουλος, Π., Τιμοθέου, Γ. (2013). *Φυσική Α' Λυκείου*. Αθήνα: Ινστιτούτο Τεχνολογίας και Υπολογιστών Διόφαντος

Βλάχος, Ι., Γραμματικάκης, Ι., Καραπαναγιώτης, Β., Κόκκοτας, Π., Περιστερόπουλος, Π., Τιμοθέου, Γ. (2013). *Εργαστηριακός Οδηγός Φυσικής Α' Λυκείου*. Αθήνα: Εκπαιδευτικές Τομές Ορόσημο ΑΕ.

Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων, *Προτάσεις για την εργαστηριακή διδασκαλία στο Λύκειο*:

ΙΕΠ, *Ιστορική Συλλογή*: <http://elibrary.iep.edu.gr/iep/index.html> Ημερομηνία προσπέλασης 3/3/2016

Μπισδικιάν, Γ., Μολοχίδης, Τ. (2002). *Κατάλογος Οργάνων και συσκευών Εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών* Αθήνα: ΟΕΔΒ.

ΠΑΝΕ.Κ.Φ.Ε., *Ερωματολογία για την χρήση των ΕΠΕΑΕΚ εργαστηρίων*:

Φυσική και Φωτογραφία, 2^{ος} Νόμος Νεύτωνα: <http://www.seilias.gr/> Ημερομηνία προσπέλασης: 18/12/2015

Φωτόδεντρο: <http://photodentro.edu.gr/aggregator/> Ημερομηνία προσπέλασης 3/3/2016

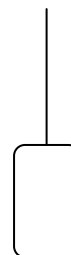
Παράρτημα

Φύλλο εργασίας

1η Δραστηριότητα: (Μέτρηση επιτάχυνσης)

Χρησιμοποίησε το καλαμάκι, το ξυλάκι, το νήμα και τρία βιβλία ώστε να φτιάξεις την διάταξη του σχήματος. Στερέωσε το σύστημα ώστε το βαρίδι να μην κινείται.

1. Ποιες δυνάμεις ασκούνται στο βαρίδι;
2. Σχεδιάσε τες στο διπλανό σχήμα:
3. Πόση είναι η μάζα του βαριδιού και πόσο το βάρος του;



$m = \dots\dots\dots$ $w = \dots\dots\dots$

Μέτρησε απόσταση $s = 40 \text{ cm}$ από την «τροχαλία» προς το βιβλίο πάνω στο θρανίο και σημείωσε την πάνω στο νήμα με δύο σημάδια.

3. Άφησε ελεύθερο το βαρίδι και μέτρησε τον χρόνο που χρειάστηκε για να διανύσει την απόσταση s . $\Delta t = \dots\dots\dots$

4. Τι είδους κίνηση εκτέλεσε το βαρίδι; $\dots\dots\dots$

5. Χρησιμοποιώντας την εξίσωση της μετατόπισης και τον χρόνο που είχες μετρήσει πριν, υπολόγισε την επιτάχυνση του.

$\dots\dots\dots$

2η Δραστηριότητα: (Υπολογισμός τάσης του νήματος)

1. Εφάρμοσε τον θεμελιώδη νόμο της μηχανικής και υπολόγισε την συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο βαρίδι.

$\dots\dots\dots$

2. Πόση είναι η δύναμη που ασκεί το νήμα στο βαρίδι; $\dots\dots\dots$

3. Επίλεξε την πιο αντιπροσωπευτική από τις επόμενες προτάσεις:

Η δύναμη που ασκεί το νήμα στο βαρίδι σε σχέση με το βάρος του, είναι

A. ίση με αυτό

B. μικρότερη από αυτό

Γ. μεγαλύτερη από αυτό

Δ. ίση με το βάρος όταν το βαρίδι ισορροπεί και μικρότερη από αυτό όταν το βαρίδι πέφτει.

Μαθαίνοντας από το σφάλμα ή ζώντας με την αβεβαιότητα

Παναγιώτης Μουρούζης
Φυσικός (P/H), Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Κέρκυρας
ekfel@otenet.gr

Περίληψη

Η μεθοδολογία των Φυσικών Επιστημών βασίζεται στη δημιουργία μαθηματικών μοντέλων. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από ένα μοντέλο συγκρίνονται με τα πειραματικά αποτελέσματα. Για να γίνει, όμως, μία αξιόπιστη σύγκριση μοντέλου-πειράματος, πρέπει να γίνει ο σωστός προσδιορισμός του πειραματικού σφάλματος, αφού ο υπολογισμός του σφάλματος καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τα συμπεράσματα που διεξάγονται από το πείραμα. Ενώ, όμως, το σφάλμα παίζει έναν καθοριστικό ρόλο στην επιστήμη, αποτελεί έναν αποδιοπομπαίο τράγο στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Εκεί το σφάλμα κρύβεται κάτω από το χαλί, αφού αποτελεί ένα βασικό λόγο αποφυγής εκτέλεσης κάποιων πειραμάτων και αντικατάστασης αυτών με προσομοιώσεις οι οποίες είναι απαλλαγμένες από σφάλματα. Οι προσομοιώσεις είναι «αλάνθαστες». Αυτήν ακριβώς την αντίφαση, μεταξύ επιστήμης και εκπαίδευσης στη Δ.Ε. προσπαθούμε να αναδείξουμε και να γεφυρώσουμε σε αυτή την εργασία.

Λέξεις κλειδιά: μοντέλα, σφάλματα, προσομοιώσεις, πειράματα

Εισαγωγή

Ένας από τους πολλούς λόγους που κάποιος εκπαιδευτικός δεν πραγματοποιεί μία εργαστηριακή δραστηριότητα είναι ο φόβος της αποτυχίας. Μία εργαστηριακή άσκηση μπορεί να έχει ως διδακτικό στόχο την επαλήθευση ενός φυσικού νόμου. Πολλές φορές, όμως, ο στόχος αυτός αποτυγχάνει πλήρως. Τότε ο εκπαιδευτικός αισθάνεται εκτεθειμένος στα μάτια των μαθητών του, αφού μερικές φορές ούτε ο ίδιος μπορεί να προσδιορίσει την αιτία της αποτυχίας.

Αυτό συμβαίνει γιατί στην εκπαιδευτική διαδικασία δεν έχουμε «αγκαλιάσει» το λάθος (Μουρούζης, 2010). Δεν έχουμε συνειδητοποιήσει ότι οι μεγαλύτερες ανακαλύψεις της επιστήμης έγιναν γιατί κάτι πήγε στραβά. Η προς τα πίσω εκτροπή των σωματιδίων α στο πείραμα του Ράδερφορντ, το κάψιμο του φιλμ του Μπεκερέλ, η ανωμαλία της κίνησης του Ερμή, η σταθερότητα της ταχύτητας του φωτός κλπ ήταν μη αναμενόμενα αποτελέσματα από κάποια πειράματα ή παρατηρήσεις. Κάποιος θα μπορούσε να τα αγνοήσει λαμβάνοντάς τα ως απλά λάθη και να μην ασχοληθεί επισταμένως με αυτά.

Επίσης, εμείς οι εκπαιδευτικοί της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης (Δ.Ε.) δεν έχουμε αναγνωρίσει την αξία υπολογισμού του σφάλματος σε μία πειραματική δραστηριότητα. Και αυτό γιατί τόσο η εκπαίδευσή μας στη Δ.Ε. όσο και στην Τριτοβάθμια Εκπαίδευση ήταν ανισομερώς επικεντρωμένη στη μεριά της θεωρίας απαξιώνοντας σε μεγάλο βαθμό το πείραμα.

Η αβεβαιότητα των μετρήσεων και οι διδακτικοί στόχοι

Η αξία προσδιορισμού του σφάλματος σε ένα πείραμα θεωρούμε ότι θα πρέπει να έχει τους παρακάτω διδακτικούς στόχους:

1. Να μάθουν οι μαθητές μας ότι όσο πιο μεγάλο το μέγεθος που μετράμε σε σχέση με το μέτρο που χρησιμοποιούμε για τη μέτρηση αυτού του μεγέθους, τόσο μικρότερο το σφάλμα της μέτρησης. Έτσι, σε οποιαδήποτε μέτρηση θα μπορούν να έχουν μία εικόνα της ακρίβειας της μέτρησης συγκρίνοντας το μέτρο που χρησιμοποιείται σε σχέση με το μέγεθος που μετρείται.

2. Να μάθουν πώς μπορούν να προσδιορίσουν το σφάλμα μιας μέτρησης και πώς να γράφουν σωστά ένα πειραματικό αποτέλεσμα. Αν, για παράδειγμα, διαθέτουμε ένα ρολόι κουζίνας το οποίο έχει ακρίβεια μέτρησης 1s και μετρήσουμε 10 περιόδους ενός εκκρεμούς και βρούμε ότι διαρκούν 16s, αυτό που συμπεραίνουμε είναι ότι οι 10 περίοδοι θα έχουν διάρκεια από 15 έως 17 s, άρα το πειραματικό αποτέλεσμα θα πρέπει να γραφτεί ως εξής: $10T=16\pm 1$ s.

3. Να μάθουν για τη σωστή γραφή των δεκαδικών και των σημαντικών ψηφίων, ώστε να γράφουν σωστά τα πειραματικά δεδομένα. Η μη σωστή γραφή των πειραματικών δεδομένων μπορεί να οδηγήσει σε λάθος συμπεράσματα.

4. Να μάθουν οι μαθητές μας ότι η φυσική βασίζεται σε μαθηματικά μοντέλα τα οποία ποτέ δεν είναι απόλυτα αληθή. Αποτελούν πάντα μία προσέγγιση της φυσικής πραγματικότητας. Αυτή η διαπίστωση αναφέρεται:

Αφενός σε κάποιο μοντέλο στα πλαίσια ενός συγκεκριμένου θεωρητικού σχήματος, όπως, π.χ. της κλασικής φυσικής. Έτσι, αν εξετάζουμε την πτώση ενός σώματος μέσα στα πλαίσια της κλασικής θεωρίας μπορούμε σε πρώτη προσέγγιση να θεωρήσουμε ότι στο σώμα ασκείται μόνο το βάρος του, σε μία ακόμη καλύτερη προσέγγιση να λάβουμε υπόψη την αντίσταση του αέρα στην απλή μορφή της που δίνεται από το νόμο του Stokes ή ακόμη να λάβουμε υπόψη επιπλέον την φυγόκεντρη και την Coriolis δύναμη κ.ο.κ. Αφετέρου σε αλλαγή του γενικότερου θεωρητικού σχήματος μεταβαίνοντας π.χ. από την κλασική φυσική στη γενική θεωρία σχετικότητας, ώστε να έχουμε ακόμη πιο ακριβή αποτελέσματα.

5. Να μάθουν ότι για τη δημιουργία ενός κατασκευάσματος, όπου πλέον η επιστήμη οδηγεί στην τεχνολογία, χρησιμοποιούμε το μοντέλο που μας βολεύει στη συγκεκριμένη κατασκευή και όχι αυτό που είναι πιο ακριβές. Στόχος είναι το κατασκεύασμα να είναι λειτουργικό και οικονομικό. Έτσι, δε θα επιχειρούσαμε ποτέ να κτίσουμε ένα κτήριο βασιζόμενοι στις εξισώσεις της ειδικής ή της γενικής σχετικότητας.

6. Να μάθουν οι μαθητές ότι στην επιστήμη υιοθετούμε πάντα το μοντέλο το οποίο συμφωνεί με τα πειραματικά μας δεδομένα. Έτσι, αν η πειραματική μας διάταξη για τη μελέτη ενός μαθηματικού εκκρεμούς δεν μπορεί να εντοπίσει διαφορές στην περίοδο για πλάτη ταλάντωσης τουλάχιστον μέχρι τις 400 θα πρέπει να δεχτούμε ότι η περίοδος της ταλάντωσης είναι ανεξάρτητη του πλάτους ταλάντωσης τουλάχιστον για το εύρος των γωνιών που εκτελέσαμε το πείραμα. Αν ελαττώσουμε τα πειραματικά σφάλματα, τότε μπορεί να καταλήξουμε σε διαφορετικά αποτελέσματα τα οποία να μη συμφωνούν με το μοντέλο μας. Έτσι, για παράδειγμα, αν μετρήσουμε με μεγαλύτερη ακρίβεια την περίοδο ενός μαθηματικού εκκρεμούς, θα διαπιστώσουμε ότι υπάρχει εξάρτηση της περιόδου από το πλάτος της ταλάντωσης. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να αλλάξουμε το μοντέλο μας λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες που μέχρι τώρα τους είχαμε αγνοήσει.

Αν μέσα στα θεωρητικά πλαίσια μιας θεωρίας, π.χ. της κλασικής μηχανικής, δεν μπορούμε να βρούμε κανένα μαθηματικό μοντέλο που να συνάδει με τα πειραματικά αποτελέσματα λαμβάνοντας υπόψη το σφάλμα του πειράματος, τότε δημιουργείται κατά Κουν μία «αδυναμία». Η συσσώρευση πολλών αδυναμιών σε κάποιο θεωρητικό πλαίσιο («παράδειγμα» κατά Κουν) μπορεί να προκαλέσει την κατάρρευση όλου του θεωρητικού οικοδομήματος. Τότε πραγματοποιείται «μία αλλαγή του παραδείγματος» (Kuhn, 1981). Το νέο παράδειγμα για να υιοθετηθεί θα πρέπει να μπορεί να ερμηνεύσει τόσο το συγκεκριμένο πείραμα το οποίο είχαμε αδυναμία να ερμηνεύσουμε, όσο και όλα τα πειράματα που ερμήνευε το παλιό θεωρητικό πλαίσιο. Με άλλα λόγια όσο μικραίνουν τα σφάλματα ενός πειράματος, τόσο οι θεωρίες μας γίνονται πιο πολύπλοκες και ακόμη χειρότερα μερικές φορές πρέπει να τις αλλάξουμε ριζικά. Π.χ. για την ερμηνεία της κίνησης του πλανήτη Ερμή, χρειάστηκε να αλλάξουμε όλο το θεωρητικό πλαίσιο μέσα από το οποίο διαμορφώνουμε το μαθηματικό μας μοντέλο και να πάμε από την κλασική φυσική στη γενική θεωρία σχετικότητας. Στο νέο αυτό πλαίσιο της γενικής θεωρίας σχετικότητας, όπως και σε οποιοδήποτε νέο πλαίσιο, δημιουργούνται και νέες προβλέψεις-φαινόμενα. Έτσι, στα πλαίσια της γενικής θεωρίας σχετικότητας ερμηνεύσαμε την αποπλάνηση των αστερών κοντά στον ηλιακό δίσκο, όπως παρατηρείται κατά τη διάρκεια μιας ολικής έκλειψης. Το πείραμα του Michelson – Morley ερμηνεύτηκε στα πλαίσια της ειδικής θεωρίας σχετικότητας, ενώ με τη μέτρηση της μάζας του νετρίνο χρειάστηκε να αλλάξουμε το καθιερωμένο πρότυπο.

7. Να μάθουν οι μαθητές ότι στη μελέτη της φύσης εκτός από το να προσπαθούμε να βρούμε την εξάρτηση διαφόρων φυσικών μεγεθών, πολύ σημαντικό είναι και να ανακαλύπτουμε φυσικά μεγέθη τα οποία δε μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια ενός φαινομένου-πειράματος. Η ανακάλυψη αυτών των σταθερών μεγεθών, οδηγεί ενίοτε σε ανακάλυψη αρχών διατήρησης με πολύ μεγαλύτερο εύρος εφαρμογών από ότι οι νόμοι που συσχετίζουν κάποια φυσικά μεγέθη. Οι αρχές διατήρησης της ενέργειας, ορμής, στροφορμής, ηλεκτρικού φορτίου, μάζας κ.λπ. είναι μερικά παραδείγματα τέτοιου είδους.

Η σημασία προσδιορισμού πειραματικών σφαλμάτων στην πράξη

Το πρώτο παράδειγμα

Αναφέρεται στη μέτρηση πυκνότητας πλαστελίνης.

Τόσο ο παλιός όσο και ο νέος εργαστηριακός οδηγός της Β΄ Γυμνασίου (Αντωνίου, κ.ά., 2015) που αναφέρονται σε αυτό το πείραμα, κατευθύνουν τους μαθητές να φτιάξουν δύο σφαιρικά μπαλάκια από πλαστελίνη και να μετρήσουν τον όγκο και τη μάζα τους, ώστε να διαπιστώσουν στη συνέχεια ότι μολονότι ο όγκος και η μάζα είναι διαφορετικά, η πυκνότητα είναι η ίδια. Η εκτέλεση της άσκησης θα οδηγήσει τους μαθητές σε αποτυχία και απογοήτευση, αφού το σφαιρικό μπαλάκι για να χωρέσει στο δοκιμαστικό σωλήνα θα πρέπει να έχει έναν όγκο που είναι λίγο μεγαλύτερος από το σφάλμα μέτρησης του ογκομετρικού σωλήνα που είναι το 1mL. Αν, όμως, φτιάχναμε έναν μεγάλο στενόμακρο κύλινδρο από πλαστελίνη έτσι, ώστε ο όγκος της πλαστελίνης να ήταν αρκετά μεγαλύτερος από το 1mL τότε το σφάλμα μέτρησης του όγκου θα ήταν πολύ μικρότερο και το πείραμα θα στεφόταν με επιτυχία. Άρα, για να έχουμε μικρό σφάλμα μέτρησης θα πρέπει αυτό που μετράμε να είναι αρκετά μεγαλύτερο από την ακρίβεια του οργάνου που χρησιμοποιούμε για τη μέτρηση.

Εκτός αυτού, σε κάθε μέτρηση μεγάλο ρόλο παίζει το να γνωρίζουμε την ακρίβεια με την οποία μετράμε και να τη λαμβάνουμε υπόψη στη γραφή των αποτελεσμάτων. Γιατί η έλλειψη αυτής της γνώσης μπορεί να οδηγήσει σε λάθος συμπεράσματα. Ας πούμε ότι στο παραπάνω πείραμα μετρήσαμε τη μάζα και τον όγκο από ορισμένες ποσότητες πλαστελίνης με σκοπό να υπολογίσουμε την πυκνότητα της. Οι μετρήσεις που πήραμε δίνονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1.

| | Μάζα (g) | Όγκος (cm ³) | Πυκνότητα (g/cm ³) |
|---|----------|--------------------------|--------------------------------|
| 1 | 23,7 | 11 | 2,1545 |
| 2 | 32,4 | 15,1 | 2,16 |
| 3 | 39,2 | 18,2 | 2,1777 |
| 4 | 45,71 | 21 | 2,1809 |
| 5 | 53 | 24 | 2,208 |

Από τις παραπάνω μετρήσεις ένας μαθητής λογικά θα έβγαζε το συμπέρασμα ότι η πυκνότητα της πλαστελίνης αυξάνεται όσο αυξάνεται η μάζα ή ο όγκος της πλαστελίνης. Γιατί, όμως, αυτό το συμπέρασμα είναι λάθος; Γιατί δεν έγραψε σωστά τα πειραματικά δεδομένα της μάζας και του όγκου και δεν υπολόγισε σωστά την πυκνότητα, αφού δεν έλαβε υπόψη του τα σημαντικά ψηφία. Εδώ θα πρέπει να μιλήσουμε λίγο για τα σημαντικά ψηφία (Τρικαλινός, 2014).

Σημαντικά είναι τα ψηφία ενός δεκαδικού αριθμού, αν δε λάβουμε υπόψη τα αριστερά μηδενικά από το ψηφίο που είναι διάφορο του μηδενός και λάβουμε, όμως, υπόψη τα δεξιά μηδενικά είτε αυτά βρίσκονται πριν είτε μετά την υποδιαστολή. Παραδείγματα:

| | |
|-------|-------------------|
| 3,16 | 3 σημαντικά ψηφία |
| 0,002 | 1 σημαντικό ψηφίο |
| 2,300 | 4 σημαντικά ψηφία |
| 2,30 | 3 σημαντικά ψηφία |
| 0,1 | 1 σημαντικό ψηφίο |

1ος κανόνας

Η μέτρηση ενός φυσικού μεγέθους με το ίδιο όργανο έχει πάντα τον ίδιο αριθμό δεκαδικών ψηφίων τα οποία και θα πρέπει να αναγράφονται, αφού καθορίζουν και την ακρίβεια της μέτρησης.

2ος κανόνας

Μετά από έναν πολλαπλασιασμό ή μια διαίρεση δύο φυσικών μεγεθών κρατάμε τόσα σημαντικά ψηφία όσα είναι τα λιγότερα των δύο αριθμών που πολλαπλασιάζουμε ή διαιρούμε. Όταν όμως

προσθέτουμε ή αφαιρούμε δύο φυσικά μεγέθη κρατάμε τα λιγότερα δεκαδικά ψηφία και όχι τα λιγότερα σημαντικά.

Λαμβάνοντας υπόψη τους δύο παραπάνω κανόνες διαπιστώνουμε ότι οι μετρήσεις του Πίνακα 1 δεν είναι σωστά γραμμένες. Αν θέλουμε να τις διορθώσουμε θα πρέπει να γράψουμε (Πίνακας 2) τις δύο πρώτες στήλες με τον ίδιο αριθμό δεκαδικών ψηφίων και την τρίτη στήλη να την γράψουμε με δύο σημαντικά ψηφία, αφού είναι τα μικρότερα ανάμεσα στη μάζα και τον όγκο.

Πίνακας 2.

| | Μάζα (g) | Όγκος (cm ³) | Πυκνότητα (g/cm ³) |
|---|----------|--------------------------|--------------------------------|
| 1 | 23,7 | 11 | 2,2 |
| 2 | 32,4 | 15 | 2,2 |
| 3 | 39,2 | 18 | 2,2 |
| 4 | 45,7 | 21 | 2,2 |
| 5 | 53,0 | 24 | 2,2 |

Μετά τη σωστή αναγραφή του πίνακα μετρήσεων παρατηρούμε ότι το συμπέρασμα που διεξάγεται από τις παραπάνω μετρήσεις είναι ότι η πυκνότητα της πλαστελίνης είναι σταθερή και ανεξάρτητη της μάζας της και του όγκου της.

Το δεύτερο παράδειγμα

Αναφέρεται στην εξάρτηση της περιόδου ενός μαθηματικού εκκρεμούς σταθερού μήκους και μάζας από το πλάτος ταλάντωσης.

Μία παράμετρος που στα σχολεία μας περνάει συνήθως απαρατήρητη. Απλά λέμε στους μαθητές να εκτρέπουν το εκκρεμές για μικρές γωνίες της τάξης των 3-5 μοιρών. Η άσκηση πραγματοποιήθηκε σε τρεις διαφορετικές εκδοχές με τρεις διαφορετικές συσκευές μέτρησης της περιόδου. Με:

- A) Χρονόμετρο κουζίνας με ακρίβεια 1s
- B) Ηλεκτρονικό χρονόμετρο (π.χ. κινητού τηλεφώνου)
- Γ) Χρονομετρητή με φωτοπύλες

Αυτό το κάναμε για να αναδείξουμε το γεγονός ότι για την κάθε εκδοχή καταλήγουμε και σε διαφορετικά συμπεράσματα. Πιο συγκεκριμένα:

Διαπιστώσαμε (παράρτημα) ότι στην πρώτη εκδοχή χρησιμοποιώντας χρονόμετρο κουζίνας με ακρίβεια του 1s καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η περίοδος είναι σταθερή για γωνίες εκτροπής μέχρι 45⁰ (!), όπως προβλέπεται από τον τύπο:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (1)$$

Χρησιμοποιώντας χρονόμετρο χειρός διαπιστώσαμε (παράρτημα) ότι αρχίζουμε οριακά να υποψιαζόμαστε ότι μπορεί να υπάρχει εξάρτηση της περιόδου από το πλάτος ταλάντωσης.

Τέλος, με τη χρήση φωτοπυλών διαπιστώσαμε (παράρτημα) ότι η αύξηση της αρχικής γωνίας εκτροπής οδηγεί και σε αύξηση της περιόδου. Ένα μοντέλο που ισχύει σε αυτή την περίπτωση από 0⁰ έως 40⁰ και βρίσκεται σε συμφωνία με το πείραμα είναι το:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \cdot [1 + \frac{1}{4} \eta \mu^2(\frac{\theta}{2})] \quad (2)$$

Συμπεράσματα

Από την παραπάνω εργασία προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Οι φυσικές επιστήμες δεν εμπεριέχουν καμία απόλυτη αλήθεια. Εμπεριέχουν, όμως, το σφάλμα. Από την εκτίμηση του σφάλματος διεξάγονται και τα σωστά συμπεράσματα.

- Η ελάττωση του σφάλματος σε μία πειραματική διάταξη βάζει σε δοκιμασία το μαθηματικό μοντέλο, το οποίο πολλές φορές πρέπει να βελτιωθεί, ώστε να καλύπτει τα νέα πειραματικά αποτελέσματα που προκύπτουν από την ελάττωση του σφάλματος.
- Αν το μοντέλο δεν μπορεί να βελτιωθεί, τότε δημιουργείται μία κρίση. Μία συσσώρευση κρίσεων μπορεί να προκαλέσει την αλλαγή όλου του θεωρητικού πλαισίου (αλλαγή «παραδείγματος» κατά Kuhn).
- Η αλλαγή του πλαισίου προβλέπει και νέα φαινόμενα, οπότε προκαλεί νέες πειραματικές προκλήσεις.
- Η ανάπτυξη των φυσικών επιστημών πολλές φορές συντελείται όχι με το σχεδιασμό νέων πειραμάτων, αλλά με την ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων στα είδη γνωστά πειράματα.
- Τα πειραματικά σφάλματα μελετώνται μόνο σε πραγματικά και όχι σε εικονικά εργαστήρια προσομοιώσεων.
- Για όλους τους παραπάνω λόγους ο προσδιορισμός των σφαλμάτων σε κάποιο πείραμα, είναι βασικό στοιχείο των φυσικών επιστημών και γι' αυτό θα πρέπει να μετασχηματιστεί και να ενταχθεί στην εκπαιδευτική διαδικασία της Β/θμιας Εκ/σης.

Αναφορές

Kuhn, T. (1981). *Η δομή των επιστημονικών επαναστάσεων*. Αθήνα: Σύγχρονα Θέματα.

Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., Παπασιμίπα, Λ. (2015). *Εργαστηριακός Οδηγός Β' Γυμνασίου*. Αθήνα.

Μουρούζης, Π. (2010). Τ' αποτυχημένα πειράματα. *Πρακτικά 13ου Πανελληνίου Συνεδρίου Φυσικής Ε.Ε.Φ., Πάτρα*.

Τρικαλινός, Χ. (2014). *Εισαγωγή στη θεωρία σφαλμάτων*. Διαθέσιμο στη διεύθυνση: <http://physlab.phys.uoa.gr/misc/errors/errors.pdf>

Παράρτημα

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΜΕΛΕΤΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΕΚΚΡΕΜΟΥΣ

Υλικά που απαιτούνται

- Βάση στήριξης
- Ράβδος μεγάλη, ράβδος μικρή και ταυ
- Εκκρεμές από νήμα και βαρίδι ψαρέματος ή οποιοδήποτε σώμα μικρών διαστάσεων
- Μοιρογνωμόνιο
- Χρονόμετρο κουζίνας 1s ή τηλέφωνο smart-phone με χρονομετρητή ή χρήση φωτοπυλών

Λήψη μετρήσεων

Με τη βοήθεια του μοιρογνωμονίου εκτρέψτε το εκκρεμές κατά 5^0 και αφήνοντάς το ενεργοποιήστε ταυτόχρονα το χρονόμετρο. Μετρήστε 10 πλήρεις ταλαντώσεις του εκκρεμούς και συμπληρώστε τις μετρήσεις στον πίνακα.

Επαναλάβετε το ίδιο ακριβώς πείραμα 4 ακόμη φορές.

Αλλάξτε τη γωνία εκτροπής περίπου στις 30^0 ή 40^0 και επαναλάβετε όλη τη διαδικασία.

Με τις μετρήσεις που έχετε πάρει θα πρέπει να έχετε συμπληρώσει όλα τα λευκά κελιά του παρακάτω πίνακα.

| α/α | 10 T (s) με εκτροπή 2-3 μοιρών | 10 T (s) με εκτροπή 30 μοιρών |
|-----|-----------------------------------|----------------------------------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |
| M/O | | |

Επεξεργασία δεδομένων

Προσδιορίστε το σφάλμα μέτρησης για την κάθε εκτροπή και γράψτε το χρόνο περιόδου για την κάθε εκτροπή μαζί με το σφάλμα μέτρησης.

Τι συμπεραίνετε από τις παραπάνω μετρήσεις; Η περίοδος μεταβάλλεται με την αύξηση της εκτροπής;

- ΝΑΙ
- ΟΧΙ
- ΝΑΙ (Στα πλαίσια της ακρίβειας της πειραματικής μας διάταξης)
- ΟΧΙ (Στα πλαίσια της ακρίβειας της πειραματικής μας διάταξης)

Γιατί μετρήσατε 10 περιόδους και όχι μία; Αν μετρούσατε 20 περιόδους θα αυξανόταν η ακρίβεια του πειράματος;

Ένα μαθηματικό εκκρεμές που εκτελεί μία φθίνουσα ταλάντωση μπορεί, κατά τη γνώμη σας, να χρησιμοποιηθεί ως ένα ρολόι, π.χ. για να μετρήσει το χρόνο που διαρκεί το μάθημα της φυσικής;

Μετρήστε το μήκος του εκκρεμούς και βρείτε θεωρητικά την περίοδο του εκκρεμούς από τη σχέση:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

Βρείτε την απόκλιση μεταξύ θεωρητικής και πειραματικής τιμής της περιόδου.

Χρησιμοποιώντας την παραπάνω σχέση και από τις τιμές μέτρησης του T και του L υπολογίστε την τιμή του g με το αντίστοιχο σφάλμα μέτρησης.

Ενδεικτικές μετρήσεις:

Το μήκος του εκκρεμούς μετρήθηκε L=64,0 cm

A) Με τη χρήση χρονομετρητή κουζίνας ακρίβειας 1s

| α/α | 10 T (s) με εκτροπή 2-3 ⁰ | 10 T (s) με εκτροπή 30 ⁰ |
|-----|---|--|
| 1 | 16 | 16 |
| 2 | 16 | 16 |
| 3 | 16 | 16 |
| 4 | 16 | 16 |
| 5 | 16 | 16 |
| M/O | 16 | 16 |

Άρα 10T=16±1 s αφού η ακρίβεια του ψηφιακού οργάνου είναι 1s. Οπότε T=1,6±0,1 s και για τις δύο γωνίες εκτροπής. Το σφάλμα μέτρησης είναι 6%.

Με αυτό το σφάλμα μέτρησης προκύπτει ότι η περίοδος του εκκρεμούς μέχρι τουλάχιστον τις 30⁰ είναι σταθερή. Ωστόσο, αυτό που μαθαίνουμε στο σχολείο και που γράφουν τα περισσότερα βιβλία είναι ότι για να παραμένει σταθερή η περίοδος θα πρέπει η γωνία εκτροπής να μην ξεπερνά τις 3⁰-5⁰.

Μετρώντας μία μόνο περίοδο ο χρόνος θα προέκυπτε 1,5 s, ενώ τώρα τον βρήκαμε 1,6 s. Θα είχαμε, δηλαδή, ένα σφάλμα πολύ μεγαλύτερο από αυτό που προσδιορίσαμε μετρώντας 10 περιόδους.

Άρα, όσο περισσότερες περιόδους μετράμε, τόσο μικρότερο το σφάλμα μέτρησης, αρκεί να μην αλλάζει αισθητά ο χρόνος της περιόδου. Αυτό που συμπεραίνουμε από αυτή την παρατήρηση είναι ότι το θεωρητικό μας πλαίσιο είναι πάντα σε στενή σχέση με την πειραματική διαδικασία.

Η περίοδος που δίνεται από τη σχέση (1) θεωρητικά προκύπτει ίση με $T(\text{θεωρ})=1,6\text{s}$, ίση ακριβώς με την πειραματική τιμή που προσδιορίσαμε. Άρα, στα πλαίσια της ακρίβειας της πειραματικής μας διάταξης το μοντέλο της σχέσης (1) ισχύει πάρα πολύ καλά τουλάχιστον για εκτροπή ως 30° που ελέγξαμε.

Η τιμή του g από τη σχέση (1) προκύπτει ίση με $g=9,86\text{m/s}^2$. Η γραφή αυτή, όμως, είναι λάθος αφού η μέτρηση της περιόδου έγινε με ακρίβεια 2 σημαντικών ψηφίων ($T=1,6\text{s}$), ενώ του μήκους με 3 σημαντικά ψηφία ($L=0,640\text{m}$). Συνεπώς, το g θα πρέπει να γραφτεί με δύο σημαντικά ψηφία, που είναι τα μικρότερα σε αριθμό από τα μεγέθη που εμπλέκονται για τον υπολογισμό της. Κι αυτό γιατί η τιμή της g προκύπτει μετά από πολλαπλασιασμούς και διαιρέσεις μεταξύ T και L .

Άρα $g=9,9\pm 0,1 \text{ m/s}^2$.

B) Με τη χρήση χρονόμετρου από smart-phone

| a/a | 10 T (s) με εκτροπή $2-3^{\circ}$ | 10 T (s) με εκτροπή 30° |
|-----|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 16,21 | 16,12 |
| 2 | 15,97 | 16,27 |
| 3 | 15,98 | 16,15 |
| 4 | 16,14 | 16,34 |
| 5 | 15,93 | 16,35 |
| M/O | 16,05 | 16,25 |

Λαμβάνοντας υπόψη ότι το σφάλμα των μετρήσεων δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερο από την απόκλιση των μετρήσεων που δίνεται από τη σχέση $(\text{max}-\text{min})/2$ μπορούμε χωρίς μεγάλο λάθος να ταυτίσουμε την απόκλιση των μετρήσεών μας με το σφάλμα μέτρησης.

Έτσι για την απόκλιση 2-3 μοιρών $10T=16,1\pm 0,1 \text{ s}$

Για την απόκλιση 30 μοιρών $10T=16,2\pm 0,1 \text{ s}$

Παρατηρούμε ότι στα πλαίσια του πειραματικού σφάλματος που έχουμε αν πάρουμε τις μετρήσεις μας με κινητό, οριακά μπορούμε να αποφανθούμε ότι η περίοδος παραμένει σταθερή μέχρι τις 30° με την υποψία, όμως, ότι αν είχαμε μεγαλύτερη ακρίβεια στις μετρήσεις μας ίσως να διαπιστώναμε μία αύξηση της περιόδου με την αύξηση του πλάτους ταλάντωσης.

Γ) Με τη χρήση φωτοπυλών

| a/a | T (s) με εκτροπή $3-5^{\circ}$ | T (s) με εκτροπή 30° |
|-----|-----------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 1,612 | 1,642 |
| 2 | 1,612 | 1,641 |
| 3 | 1,612 | 1,639 |
| 4 | 1,612 | 1,638 |
| 5 | 1,612 | 1,637 |
| M/O | 1,612 \pm 0,001 | 1,639 \pm 0,002 |

Παρατηρούμε ότι με αυτή την πειραματική ακρίβεια διαπιστώνεται ότι η περίοδος του εκκρεμούς αυξάνεται με την αύξηση της εκτροπής του χωρίς καμία αμφιβολία επ' αυτού. Συγκρίνοντας τα δύο μαθηματικά μοντέλα των σχέσεων (1) και (2) παρατηρούμε ότι κοντά στα πειραματικά δεδομένα είναι το δεύτερο μοντέλο το οποίο και θα πρέπει να υιοθετήσουμε.

Προτάσεις

Όπως προκύπτει από τις παραπάνω μετρήσεις, ανάλογα με την ακρίβεια του οργάνου που θα χρησιμοποιήσουμε για τη μέτρηση του χρόνου, καταλήγουμε και σε διαφορετικά συμπεράσματα.

Για το Γυμνάσιο προτείνουμε τη χρήση χρονόμετρου κουζίνας, αφού ο διδακτικός μας στόχος είναι η ανακάλυψη ότι η περίοδος του εκκρεμούς είναι ανεξάρτητη του πλάτους ταλάντωση ακόμη και για μεγάλα πλάτη ταλάντωσης.

Για το Λύκειο στην περίπτωση που επανέλθουμε στο κανονικό πρόγραμμα σπουδών, προτείνουμε τη χρήση των φωτοπυλών που διατίθενται στα 1100 εργαστήρια ΕΠΕΑΕΚ με διδακτικό στόχο την εύρεση εξάρτησης της περιόδου από το πλάτος ταλάντωσης για μεγάλα πλάτη και την ανάγκη επιλογής του μαθηματικού μοντέλου που συνάδει με τα πειραματικά δεδομένα.

Η αξιοποίηση του πειράματος για διαμορφωτική αξιολόγηση στο μάθημα της Φυσικής. Το Δέκαθλο Φυσικής

Γιώργος Τσαλακός

Φυσικός, Λύκειο Βεργίνας Λάρνακας/Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου
tsalakou@spidernet.com.cy

Μαρία Πολυκαρπούλου

Φυσικός, 3ο ΓΕΛ Σερρών
mpolikarpulu@gmail.com

Περίληψη

Η διαμορφωτική αξιολόγηση αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για την αποτελεσματική διδασκαλία οποιουδήποτε μαθήματος. Στο μάθημα της Φυσικής εξίσου σημαντικό στοιχείο είναι το πείραμα, το οποίο προωθεί την καλλιέργεια συγκεκριμένων δεξιοτήτων. Θέτοντας την καλλιέργεια αυτών των δεξιοτήτων ανάμεσα στους στόχους του μαθήματος της Φυσικής, προκύπτει η ανάγκη για την αξιολόγηση του βαθμού επίτευξης των στόχων για την παραπέρα διαμόρφωση της διδασκαλίας μας. Στην παρούσα εργασία προτείνεται μια διδακτική δραστηριότητα, με τη βοήθεια της οποίας ο εκπαιδευτικός μπορεί να αξιολογήσει τους μαθητές του σε δεξιότητες που έχουν σχέση με το σχεδιασμό, την πραγματοποίηση και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων πειραματικών δραστηριοτήτων. Την διδακτική δραστηριότητα την ονομάζουμε «Δέκαθλο Φυσικής». Στην εργασία περιγράφεται ο σκοπός και ο τρόπος υλοποίησης της δραστηριότητας αυτής. Καταγράφονται, επίσης, οι παρατηρήσεις - εντυπώσεις από την εφαρμογή του «Δεκάθλου Φυσικής» σε δύο Λύκεια της Ελλάδας και της Κύπρου.

Λέξεις κλειδιά: Διαμορφωτική αξιολόγηση, πείραμα, Φυσική

Εισαγωγή

Η αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας της φυσικής στη μέση εκπαίδευση εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες. Ανάμεσα σε αυτούς ξεχωριστή και σημαντική θέση κατέχει η εμπλοκή των μαθητών σε πειραματικές διαδικασίες, όταν φυσικά συνοδεύεται και από την κατάλληλη θεωρητική βάση ή υποστήριξη (Αρναουτάκης κ. α., 2005). Το μάθημα που περιλαμβάνει εκτέλεση πειραμάτων βοηθά τους μαθητές να συγκρατήσουν πιο εύκολα αρχές της Φυσικής που έχουν παρατηρηθεί στο πείραμα παρά η απλή θεωρητική αναφορά αυτών των αρχών ή ακόμα και η επίδειξη των πειραμάτων από τον διδάσκοντα. Ταυτόχρονα, η αξιοποίηση μικρών πειραμάτων μπορεί να κρατήσει το ενδιαφέρον των μαθητών για το μάθημα σε υψηλό επίπεδο για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Η εμπλοκή των μαθητών σε πειραματικές δραστηριότητες βοηθά στην καλλιέργεια συγκεκριμένων δεξιοτήτων, όπως είναι ο χειρισμός συσκευών και οργάνων μέτρησης, η λήψη μετρήσεων, η αξιολόγηση δεδομένων, η συνεργασία, ο σχεδιασμός έγκυρου πειράματος κ.ά.

Ακόμα ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας είναι η διαμορφωτική αξιολόγηση (Dufresne and Gerace, 2004; Black and Harrison, 2004). Ο εκπαιδευτικός που εντάσσει στα μαθήματά του δραστηριότητες διαμορφωτικής αξιολόγησης είναι σε θέση να εντοπίσει σε ποια σημεία η διδασκαλία του ήταν αποτελεσματική, σε ποια σημεία οι μαθητές του υστερούν και άρα πρέπει να επανέλθει για να διορθώσει την κατάσταση. Υπάρχουν αρκετές δραστηριότητες διαμορφωτικής αξιολόγησης που επιτρέπουν στον εκπαιδευτικό να διαγνώσει αυτά τα σημεία (Keeley and Harrington, 2010). Αυτές οι δραστηριότητες διερευνούν, στην πλειοψηφία τους, τον βαθμό κατανόησης των εννοιών του μαθήματος σε θεωρητικό επίπεδο. Η Φυσική όμως είναι πειραματική επιστήμη και αρκετές από τις δεξιότητες που στοχεύει να αναπτύξει έχουν άμεση σχέση με τις πειραματικές δραστηριότητες, στις οποίες θα πρέπει να εμπλακεί ο μαθητής. Η εργαστηριακή αναφορά που συνήθως ακολουθεί μια πειραματική δραστηριότητα δεν φανερώνει το βαθμό στον οποίο ο μαθητής έχει αναπτύξει τις δεξιότητες που σχετίζονται με το πείραμα.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να προτείνει ένα εργαλείο διαμορφωτικής αξιολόγησης των δεξιοτήτων που αναμένεται να αναπτύξουν οι μαθητές μέσα από την εμπλοκή τους σε πειραματικές

δραστηριότητες. Παράλληλα χρησιμεύει και στη διαμορφωτική αξιολόγηση των σχετικών με το πείραμα θεωρητικών γνώσεων που έχει ο μαθητής. Ονομάζουμε αυτό το εργαλείο «Δέκαθλο Φυσικής» (ΔΦ) και θα το περιγράψουμε αναλυτικά στη συνέχεια της εργασίας, μετά από μια σύντομη αναφορά στη σημασία της διαμορφωτικής αξιολόγησης και του πειράματος στο μάθημα της Φυσικής. Στην περιγραφή περιλαμβάνονται παραδείγματα από την εφαρμογή του ΔΦ σε τμήματα Α΄ και Β΄ Λυκείου. Τέλος, παρατίθενται κάποιες παρατηρήσεις - εντυπώσεις από την μέχρι τώρα εφαρμογή του ΔΦ.

Η σημασία της διαμορφωτικής αξιολόγησης στο μάθημα

Όπως αναφέρεται στο σχετικό Προεδρικό Διάταγμα (Π.Δ 60/2006)

«Η αξιολόγηση των μαθητών είναι αναπόσπαστο μέρος της διδακτικής διαδικασίας. Έχει σκοπό να προσδιορίσει το βαθμό επίτευξης των διδακτικών στόχων της, όπως αυτοί καθορίζονται από τα ισχύοντα αναλυτικά προγράμματα των αντίστοιχων μαθημάτων.

Η αξιολόγηση οφείλει να συνδυάζει ποικίλες μορφές και τεχνικές για να επιτύχει αφενός έγκυρη, αξιόπιστη, αντικειμενική και αδιάβλητη αποτίμηση των γνώσεων, της κριτικής ικανότητας και των δεξιοτήτων των μαθητών και αφετέρου να συμβάλει στην αυτογνωσία και στην αντικειμενική πληροφόρησή τους για το επίπεδο μάθησης και τις ικανότητές τους. Παράλληλα, οφείλει να πληροφορεί τον εκπαιδευτικό για τα αποτελέσματα του έργου του και να ανατροφοδοτεί τη διδακτική πράξη, με στόχο τη συνεχή βελτίωση και την αύξηση της αποτελεσματικότητάς της. Τέλος, υπηρετεί και την ενημέρωση των γονέων για την πρόοδο των μαθητών.

Στο πλαίσιο αυτό ο μαθητής αξιολογείται από:

1. τη συμμετοχή του στην καθημερινή εργασία της τάξης και τη συνολική δραστηριότητά του μέσα στο Σχολείο.

2. τα αποτελέσματα της επίδοσής του στις ενδιάμεσες γραπτές δοκιμασίες κατά τα δύο τετράμηνα του διδακτικού έτους και στις τελικές εξετάσεις στο τέλος του διδακτικού έτους.

3. τις συνθετικές - δημιουργικές εργασίες και

4. από τον ατομικό του φάκελο, όπου αυτός τηρείται.»

Μια προσεκτική ανάγνωση των ορισμών αυτών, καταδεικνύει ορισμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της αξιολόγησης των μαθητών: Κατ' αρχάς, φανερώνεται με κάθε σαφήνεια ότι η αξιολογική διαδικασία συνιστά ένα αναπόσπαστο κομμάτι της παιδαγωγικής πρακτικής. Αποτελεί το σημαντικότερο μηχανισμό για τον έλεγχο και την αποτίμηση της ατομικής επίδοσης του μαθητή αλλά και για τον έλεγχο της ανταπόκρισής του στους στόχους του αναλυτικού προγράμματος. Επίσης, είναι το μοναδικό μέσον ώστε να ιεραρχηθούν και να ταξινομηθούν οι μαθητές τόσο μεταξύ τους, όσο και με βάση τα κριτήρια που τίθενται από την εφαρμοζόμενη κάθε φορά κεντρική εκπαιδευτική πολιτική.

Τα τεστ και οι εξετάσεις είναι ο συμβατικός τρόπος μέτρησης της προόδου των μαθητών που όμως επικεντρώνονται στο τυποποιημένο αντικειμενικό περιεχόμενο και έχουν μικρή εκπαιδευτική χρήση. Η τελική (ή για σκοπούς βαθμολογίας) αξιολόγηση, ελέγχει την απομνημόνευση πληροφοριών και τη δεξιότητα επίλυσης προβλημάτων χαμηλού επιπέδου. Ενθαρρύνει τη μηχανική μάθηση από μέρους των μαθητών και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους καθηγητές για να διαμορφώσουν τη διδασκαλία τους με ένα συνεχή και δυναμικό τρόπο. Κατά συνέπεια, η συμβατική αξιολόγηση καταγράφει την περιορισμένη απόκριση σε τυποποιημένα αντικείμενα και διαδικασίες και δεν επιτρέπει προβλέψεις για τις εξειδικευμένες ανάγκες των παιδιών.

Για να είναι πραγματικά αποτελεσματική, η αξιολόγηση θα πρέπει να είναι «διαμορφωτική» - με άλλα λόγια, να εντοπίζει τις μαθησιακές ανάγκες των μαθητών και να ανταποκρίνεται σ' αυτές. Η αξιολόγηση που έχει στόχο να ενισχύσει τη διδασκαλία και τη μάθηση ονομάζεται διαμορφωτική αξιολόγηση (Duffence et al, 2004).

Στη διαμορφωτική αξιολόγηση οι καθηγητές αναζητούν πληροφορίες για τα επίπεδα μάθησης των μαθητών και μετά χρησιμοποιούν αυτές τις πληροφορίες για να προσαρμόσουν τη διδασκαλία και τη μάθηση στις ανάγκες των μαθητών. Για να παρακολουθείται και να επηρεάζεται η ανάπτυξη του τρόπου σκέψης των μαθητών, οι δεξιότητες διερεύνησης, οι στάσεις έναντι της επιστήμης και οι μαθησιακές συμπεριφορές απαιτείται συνεχής αξιολόγηση που ενσωματώνεται στις καθημερινές δραστηριότητες.

Η διαμορφωτική αξιολόγηση έχει αποδειχθεί ότι είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική στην αύξηση της επίδοσης των μαθητών και τη βελτίωση της ικανότητάς τους να μάθουν. Η μελέτη που πραγματοποιήθηκε από το κέντρο του ΟΟΣΑ για την Εκπαιδευτική Έρευνα και Καινοτομία (CERI)

υποστηρίζει ότι «τα επιτεύγματα που σχετίζονται με την διαμορφωτική αξιολόγηση είναι τα μέγιστα που έχουν καταγραφεί μέχρι τώρα για εκπαιδευτικές παρεμβάσεις» (OECD, 2005).

Εκτός από το ΔΦ που προτείνουμε εμείς, έχουν αναπτυχθεί κατά καιρούς και άλλοι τρόποι διαμορφωτικής αξιολόγησης που χτίζουν την δεξιάτητα "μαθαίνω πώς να μαθαίνω", δίνοντας έμφαση στη διαδικασία της διδασκαλίας και της μάθησης, με τη συμμετοχή μαθητών ως εταίρων σε αυτή τη διαδικασία. Η αξιολόγηση των συμμαθητών (peer assessment) και η αυτο-αξιολόγηση, βοηθά στην ανάπτυξη μιας σειράς από αποτελεσματικές στρατηγικές μάθησης. Οι μαθητές που χτίζουν ενεργά την κατανόηση των νέων εννοιών (και όχι απλώς απορροφούν πληροφορίες) και οι οποίοι μαθαίνουν να κρίνουν την ποιότητα της δικής τους δουλειάς και το έργο των συνομηλίκων τους με σαφώς καθορισμένα κριτήρια, αναπτύσσουν πολύτιμες δεξιότητες για τη δια βίου μάθηση.

Οι εκπαιδευτικοί που χρησιμοποιούν τη διαμορφωτική αξιολόγηση έχουν αλλάξει την κουλτούρα της διδασκαλίας τους. Δίνουν έμφαση στο να βοηθήσουν τους μαθητές να αναλάβουν πρωτοβουλίες, χωρίς να φοβούνται μήπως κάνουν λάθη και να αναπτύξουν αυτοπεποίθηση στην τάξη. Αλληλεπιδρούν συχνά ατομικά ή με μικρές ομάδες μαθητών και συμμετέχουν στη διαδικασία αξιολόγησης, παρέχοντάς τους τα εργαλεία για να κρίνουν την ποιότητα της εργασίας τους.

Η σημασία του πειράματος στο μάθημα της Φυσικής

Ο Α. Einstein είχε πει για το ρόλο του πειράματος στο μάθημα:

«Στη φυσική, τα πρώτα μαθήματα, δεν πρέπει να περιέχουν τίποτα άλλο παρά πειράματα που προκαλούν το ενδιαφέρον. Ένα πείραμα που ενεργοποιεί τη σκέψη αξίζει από μόνο του περισσότερο από ότι τύποι που βγήκαν από το μυαλό μας.»

Τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών έχουν, σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, ξεχωριστή σημασία, καθώς βοηθούν τους μαθητές και τις μαθήτριες να κατανοήσουν και να ερμηνεύσουν τον κόσμο που μας περιβάλλει.

Στο χώρο της εξωσχολικής ζωής ο μαθητής έρχεται σε επαφή με τα φυσικά φαινόμενα στο σπίτι, στο δρόμο, κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού και της άθλησης, παρατηρώντας τα ακούσια. Η επαφή του όμως αυτή με τα φαινόμενα δεν είναι συστηματική, αφού η αλληλουχία τους είναι τυχαία και δεν αποτελεί πρωταρχική επιδίωξη του παιδιού η κριτική τους ανάλυση με στόχο την κατανόηση.

Στη βασική αποστολή των μαθημάτων των Φυσικών Επιστημών περιλαμβάνεται η παροχή γνώσεων και η καλλιέργεια δεξιοτήτων, όπως η παρατήρηση, η σκέψη και η κρίση, καθώς και η προσφορά της απαραίτητης βοήθειας για τη διαμόρφωση υπεύθυνης, κριτικής στάσης απέναντι σε κρίσιμα καθημερινά ζητήματα που σχετίζονται με την εφαρμογή της τεχνολογίας. Στο λύκειο η διδασκαλία πρέπει να εδραιώνεται με την ολοκλήρωση της ποσοτικής αντιμετώπισης και το μαθηματικό φορμαλισμό (φορμαλιστική διάσταση), που συνδέεται και αναφέρεται όμως σε φαινόμενα των οποίων η ποιοτική ερμηνεία έχει εδραιωθεί αποτελεσματικά στις προηγούμενες βαθμίδες. Έτσι οι μαθητές δεν απομνημονεύουν μηχανικά το φορμαλισμό, κατανοούν ουσιαστικά τη διάστασή του.

Το πείραμα αποτελεί για την πλειοψηφία των εκπαιδευτικών το ιδανικό παιδαγωγικό εργαλείο για την επίτευξη της μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες. Την παιδαγωγική αξία αναγνωρίζουν ακόμα και αυτοί που αποφεύγουν για διάφορους λόγους να το εντάξουν στη διδασκαλία τους. Όλοι συμφωνούν ότι η διδασκαλία της φυσικής με τη βοήθεια πειραμάτων είναι κοινωνικά αποδεκτή και εκπαιδευτικά σημαντική, διότι είναι σύμφωνη του γνωστικού αντικείμενου, αλλά και με τις σύγχρονες ψυχοπαιδαγωγικές θεωρήσεις.

Ο πρωταρχικός στόχος της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών είναι οι μαθητές να οικοδομήσουν τη γνώση που θα ερμηνεύει το φυσικό κόσμο. Αυτό όμως δεν μπορεί να γίνει με μεταφορά γνώσεων από τον εκπαιδευτικό προς το μαθητή (Widolo et al, 2002). Η παραδοσιακή διδασκαλία της φυσικής στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση περιλαμβάνει διαλέξεις με μικρή αλληλεπίδραση διδάσκοντα-διδασκόμενου, επίλυση ασκήσεων στο τέλος του κάθε κεφαλαίου και σπάνια εργαστήρια όπου οι μαθητές δεν καταλαβαίνουν τι κάνουν. Αποτέλεσμα της εκπαιδευτικής διαδικασίας είναι οι απόφοιτοι λυκείου να έχουν εσφαλμένες αντιλήψεις σε βασικές έννοιες της Φυσικής. Στη σημερινή εκπαίδευση ο στόχος είναι μια μαθηματική προσέγγιση ενός φαινομένου της φυσικής που δυσκολεύει τον μαθητή και μειώνει το ενδιαφέρον. Η επιτυχής επίλυση φυσικομαθηματικών προβλημάτων ελάχιστα συνδέεται με την κατανόηση των βασικών εννοιών. Εμείς οι εκπαιδευτικοί δεν αρκεί να γνωρίζουμε το γνωστικό αντικείμενο αλλά πρέπει και να κατανοούμε το πώς μαθαίνουν οι μαθητές. Ο μαθητής προκειμένου να οικοδομήσει τη γνώση είναι

απαραίτητο να εμπλακεί ενεργά στη διδακτική διαδικασία αλληλεπιδρώντας με τα όργανα και τα υλικά (Duit, 1991). Το πείραμα είναι δυνατόν να βοηθήσει τους μαθητές να αντιληφθούν βαθιές συσχετίσεις μεταξύ άσχετων φαινομενικώς γεγονότων. Η ποσοτική ανάλυση του πειράματος θα πρέπει να έπεται της ποιοτικής. Σύμφωνα με το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας (Κώτσης, 2005) οι μαθητές μέσω του πειράματος καλούνται να:

- i. Διατυπώσουν την τυχόν υπάρχουσα δική τους ερμηνεία
- ii. Να ελέγξουν αν ισχύει ή όχι η δική τους άποψη
- iii. Να εφαρμόσουν το επιστημονικό πρότυπο, για να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα πειράματος που δεν ερμηνεύονται με την άποψή τους
- iv. Να συγκρίνουν την αρχική δική τους ερμηνεία με την επιστημονική και να αναγνωρίσουν τους λόγους για τους οποίους η αρχική δική τους ερμηνεία ήταν περιορισμένης ισχύος.

Σε ό,τι αφορά στους μαθησιακούς στόχους μιας πειραματικής δραστηριότητας αυτοί μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο άξονες:

- i. Μάθηση περιεχομένων φυσικών επιστημών και
- ii. Μάθηση πτυχών της επιστημονικής μεθόδου.

Το Δέκαθλο Φυσικής

Η ανάγκη για διαμορφωτική αξιολόγηση των δεξιοτήτων που καλείται το πείραμα να αναπτύξει στους μαθητές γέννησε την ιδέα του ΔΦ. Η ονομασία δίνει στη δραστηριότητα τη μορφή πρωταθλήματος και τα πειράματα βαφτίζονται «αγωνίσματα» με στόχο την πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών για αυτή τη δραστηριότητα. Το κάθε αγώνισμα αποτελείται από το πρακτικό και το θεωρητικό μέρος. Πιο κάτω θα δούμε τον τρόπο οργάνωσης του ΔΦ και παραδείγματα από την εφαρμογή του.

Οργάνωση του ΔΦ

Σε ένα από τα πρώτα μαθήματα, αφού περιγραφεί στους μαθητές η ιδέα πραγματοποίησης μεταξύ ομάδων ενός διαγωνισμού με πειράματα, συμφωνείται με το τμήμα η υλοποίηση του διαγωνισμού. Οι μαθητές του τμήματος χωρίζονται σε ομάδες (συνήθως των τεσσάρων ατόμων ή πέντε ατόμων) και επιλέγουν το όνομα της ομάδας τους. Στη συνέχεια εξηγούνται οι κανονισμοί διεξαγωγής του πρωταθλήματος, με βασικά σημεία ενημέρωσης τον τρόπο βαθμολογίας στο πρακτικό και στο θεωρητικό μέρος του κάθε αγωνίσματος. Δίνεται σε κάθε ομάδα μια κάρτα, στην οποία θα καταγράφεται η βαθμολογία της ομάδας κατά αγώνισμα. Εκεί οι μαθητές συμπληρώνουν το όνομα που έχουν επιλέξει για την ομάδα τους και τα ονοματεπώνυμα των μαθητών – μελών της. Οι κάρτες επιστρέφονται στον διδάσκοντα. Όπως φαίνεται και στην εικόνα μιας τέτοιας κάρτας (Εικόνα 1) τα δέκα αγωνίσματα δεν καθορίζονται από την αρχή της χρονιάς, αλλά «επινοούνται» από το διδάσκοντα κατά τη διάρκεια της χρονιάς, ανάλογα με τις ανάγκες του μαθήματος.

Τα δέκα αγωνίσματα πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια της χρονιάς. Το κάθε αγώνισμα μπορεί να τοποθετηθεί είτε στην αρχή ενός κεφαλαίου (παίζοντας το ρόλο της αφόρμησης) είτε προς το τέλος του κεφαλαίου ως εργαλείο διαμορφωτικής αξιολόγησης. Στην περίπτωση που ένα αγώνισμα χρησιμοποιηθεί ως αφόρμηση τότε το πρακτικό μέρος μπορεί να διαχωριστεί από το θεωρητικό, το οποίο θα πραγματοποιηθεί όταν οι μαθητές θα έχουν διδαχθεί το κεφάλαιο. Ο αριθμός των αγωνισμάτων μπορεί να διαφοροποιηθεί ανάλογα με τη δυνατότητά μας να βρούμε κατάλληλα πειράματα και ανάλογα με τον χρόνο που έχουμε στη διάθεσή μας

Το κάθε αγώνισμα θα πρέπει να έχει κάποιο μετρήσιμο χαρακτηριστικό, έτσι ώστε να είναι δυνατή η κατάταξη των ομάδων. Αν δεν βρίσκουμε εύκολα κάτι μετρήσιμο μπορεί να θέσουμε την ταχύτητα εκτέλεσης ενός πειράματος ως το μετρήσιμο χαρακτηριστικό του. Π. χ., αν θέλουμε το πρακτικό μέρος του αγωνίσματος να είναι η κατασκευή ενός κυκλώματος, που να περιέχει τα βασικά στοιχεία ενός κυκλώματος (ηλεκτρική πηγή, αντιστάτη (λαμπτήρα), διακόπτη, καλώδια, αμπερόμετρο και βολτόμετρο) το μετρήσιμο χαρακτηριστικό του αγωνίσματος μπορεί να είναι ο χρόνος κατασκευής του κυκλώματος.

Ο χρόνος που θα δοθεί για την διεξαγωγή ενός αγωνίσματος εξαρτάται από το αγώνισμα και τον αριθμό των ομάδων. Μπορεί να είναι από 25 λεπτά μέχρι και μια διδακτική ώρα (μαζί με το θεωρητικό μέρος). Μετά το τέλος κάθε αγωνίσματος ανακοινώνεται η βαθμολογία κάθε ομάδας για το αγώνισμα, καθώς και η συγκεντρωτική βαθμολογία. Στο τέλος της χρονιάς ανακηρύσσεται η πρωταθλήτρια ομάδα και τα μέλη της επιβραβεύονται με το προσυμφωνημένο «έπαθλο».

Πιο κάτω θα δούμε δύο παραδείγματα από την εφαρμογή του ΔΦ κατά την τρέχουσα σχολική χρονιά, το ένα σε τμήματα της Α΄ τάξης σε Λύκειο της Κύπρου και το άλλο σε τμήμα της Β΄ τάξης θετικού προσανατολισμού σε Λύκειο της Ελλάδας.

| ΤΜΗΜΑ: | | ΟΜΑΔΑ: | | |
|---|----------|--|--|------------------------------|
| ΜΕΛΗ ΟΜΑΔΑΣ: | | 1. | | |
| | | 2. | | |
| | | 3. | | |
| | | 4. | | |
| | | 5. | | |
| A/A | ΑΓΩΝΙΣΜΑ | ΒΑΘΜΟΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ ΔΕΞΙΟΤΗΤΑΣ ^(*) | ΒΑΘΜΟΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΔΕΞΙΟΤΗΤΑΣ ^(**) | ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΓΩΝΙΣΜΑΤΟΣ |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |
| ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ: | | | | |
| <small> ^(*) - Σε κάθε αγώνισμα η 1^η ομάδα παίρνει 4 βαθμούς, η 2^η 3 βαθμούς, η 3^η 2 βαθμούς, και η 4^η 1 βαθμό. ^(**) - Σε κάθε αγώνισμα υπάρχουν 2 ερωτήσεις, και για κάθε σωστή απάντηση η ομάδα παίρνει 2 βαθμούς. </small> | | | | |

Εικόνα 7. Παράδειγμα κάρτας για το ΔΦ

Το ΔΦ στην Α΄ Λυκείου

Το ΔΦ στην Α΄ Λυκείου εφαρμόζεται σε δύο τμήματα, το ένα τμήμα κοινού κορμού που διδάσκεται Φυσική δύο διδακτικές ώρες 45 λεπτών εβδομαδιαία και το άλλο τμήμα προσανατολισμού, που διδάσκεται Φυσική τέσσερις διδακτικές ώρες 45 λεπτών εβδομαδιαία.

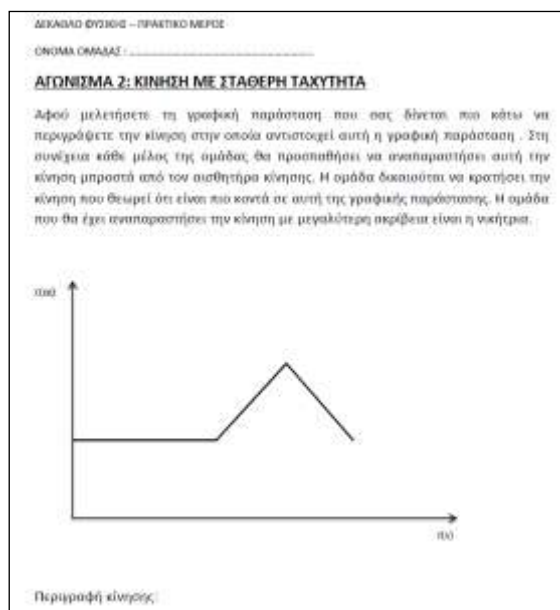
Στον Πίνακα 1 παρατίθενται τα δέκα αγωνίσματα του ΔΦ για την Α΄ Λυκείου, με αναφορά στην ενότητα του Αναλυτικού Προγράμματος και σύντομη περιγραφή του αγωνίσματος.

Πίνακας 3. Τα αγωνίσματα του ΔΦ για την Α΄ Λυκείου (τμήμα προσανατολισμού)

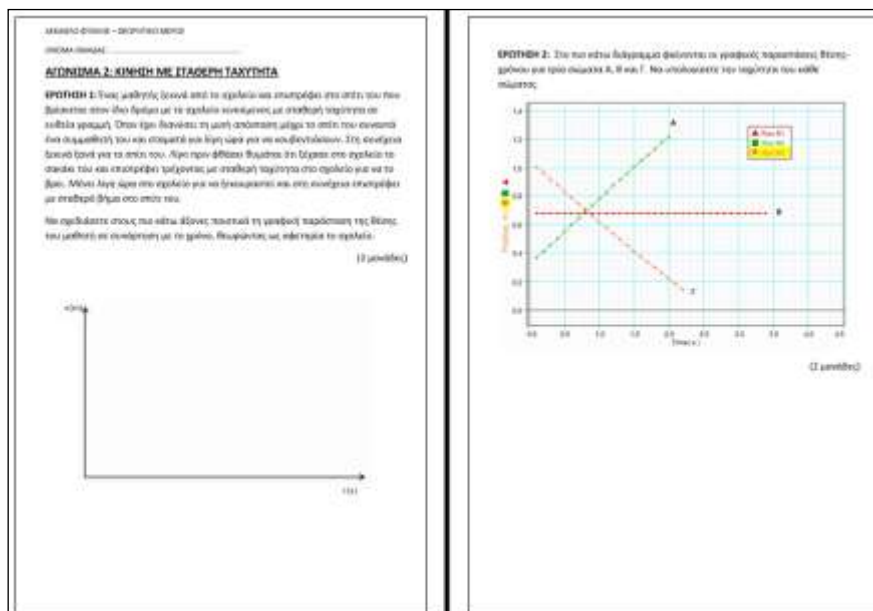
| A/A | ΑΓΩΝΙΣΜΑ | ΕΝΟΤΗΤΑ ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ | ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΓΩΝΙΣΜΑΤΟΣ |
|-----|---|--|--|
| 1 | Εύρεση πυκνότητας ξύλινου κύβου | Μηχανική: Μονάδες – Φυσικές ποσότητες | Οι ομάδες προσπαθούν να υπολογίσουν την πυκνότητα ενός ξύλινου κύβου, χρησιμοποιώντας χάρακα και ζυγαριά. Η ομάδα με το μικρότερο σφάλμα κερδίζει. |
| 2 | Αναπαράσταση ευθύγραμμης ομαλής κίνησης | Μηχανική: Κίνηση σε μια διάσταση | Το κάθε μέλος της ομάδας κινείται μπροστά από τον αισθητήρα κίνησης προσπαθώντας να αναπαραστήσει μια γραφική παράσταση θέσης – χρόνου που αποτελείται από τρία τμήματα ευθύγραμμων ομαλών κινήσεων. Η ομάδα επιλέγει την καλύτερη αναπαράσταση. |
| 3 | Αναπαράσταση ευθύγραμμης ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης | Μηχανική: Κίνηση σε μια διάσταση | Το κάθε μέλος της ομάδας κινείται μπροστά από τον αισθητήρα κίνησης προσπαθώντας να αναπαραστήσει μια γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου που αποτελείται από δύο τμήματα ευθύγραμμων κινήσεων με σταθερή επιτάχυνση. Η ομάδα επιλέγει την καλύτερη |

| | | | |
|----|-------------------------------------|----------------------------------|---|
| | | | αναπαράσταση. |
| 4 | Κατακόρυφη βολή | Μηχανική: Κίνηση σε μια διάσταση | Οι ομάδες προσπαθούν να εκτελέσουν μια κατακόρυφη βολή ξύλινης σφαίρας σε ελάχιστο ύψος και κριτήριο επιτυχίας την απόσταση του σημείου πρόσπτωσης της σφαίρας από το σημείο εκτόξευσης |
| 5 | Αδράνεια σώματος | Μηχανική: Νόμοι του Νεύτωνα | Οι ομάδες προσπαθούν να αφαιρέσουν μια λωρίδα χαρτιού, στο ένα άκρο της οποίας βρίσκεται όρθιος ένας μαρκαδόρος. Με κάθε επιτυχή προσπάθεια της ομάδας προστίθεται στον μαρκαδόρο ένα μεταλλικό παξιμάδι. |
| 6 | Ανύψωση συνδετήρα με μαγνήτη | Μηχανική: Νόμοι του Νεύτωνα | Οι ομάδες προσπαθούν να ανυψώσουν όσο πιο ψηλά μπορέσουν ένα συνδετήρα, που κρέμεται από νήμα, με τη βοήθεια ενός μαγνήτη και χωρίς ο μαγνήτης να ακουμπήσει στο συνδετήρα. |
| 7 | Ανταλλαγή ταχυτήτων | Μηχανική: Νόμοι του Νεύτωνα | Οι ομάδες προσπαθούν να κτυπήσουν μια ακίνητη σφαίρα με μια άλλη όμοια σφαίρα έτσι ώστε η κινούμενη σφαίρα μετά την κρούση να ακινητοποιηθεί. |
| 8 | Κατεύθυνση ακτίνας λέιζερ στο στόχο | Γεωμετρική οπτική: Ανάκλαση | Οι ομάδες πρέπει να τοποθετήσουν τη φωτεινή πηγή (δείκτης λέιζερ), τρία καθρεφτάκια και το πέτασμα στην περιφέρεια ενός κύκλου με στόχο όταν θέσουν σε λειτουργία τη φωτεινή πηγή η φωτεινή ακτίνα μετά από ανάκλαση και στα τρία καθρεφτάκια να κτυπήσει στο πέτασμα. |
| 9 | Σχηματισμός ειδώλου από φακό | Γεωμετρική οπτική: Φακοί | Οι ομάδες πρέπει να προσδιορίσουν την εστιακή απόσταση ενός φακού. Στη συνέχεια να υπολογίσουν σε ποια θέση θα σχηματιστεί το είδωλο του αντικειμένου που ο καθηγητής θα τοποθετήσει μπροστά από το φακό σε συγκεκριμένη θέση. Να πραγματοποιήσουν το πείραμα και να συγκρίνουν τη θέση του ειδώλου που υπολόγισαν με τη θέση που βρήκαν πειραματικά. |
| 10 | Αιώρηση σώματος σε υγρό | Μηχανική ρευστών σε ηρεμία | Οι ομάδες προσπαθούν να πετύχουν την αιώρηση ενός πλαστικού δοχείου με σφαιρίδια μολύβδου σε δοχείο με νερό. Έχουν στη διάθεσή τους επιπλέον σφαιρίδια και ένα μπουκαλάκι με αλατόνερο. |

Όπως έχουμε αναφέρει το κάθε αγώνισμα αποτελείται από το πρακτικό και το θεωρητικό μέρος με αντίστοιχα φύλλα δραστηριότητας τα οποία μπορεί κάποιος να δει στην ιστοσελίδα <http://www.flipsnack.com/Polikarpulu/fdnfw93no.html>. Για παράδειγμα, για το αγώνισμα 2 στον πιο πάνω πίνακα είχαν δοθεί τα φύλλα δραστηριότητας που φαίνονται στις Εικόνες 2 και 3.



Εικόνα 8. Το φύλλο δραστηριότητας για το πρακτικό μέρος του αγωνίσματος 2



Εικόνα 9. Το φύλλο δραστηριότητας για το θεωρητικό μέρος του αγωνίσματος 2.

Το $\Delta\Phi$ στην Β' Λυκείου

Στον Πίνακα 2 παρατίθενται τα δέκα αγωνίσματα του $\Delta\Phi$ για την Β' λυκείου θετικού προσανατολισμού, με αναφορά στην ενότητα του Αναλυτικού Προγράμματος και σύντομη περιγραφή του αγωνίσματος.

Πίνακας 2. Τα αγωνίσματα του $\Delta\Phi$ για την Β' Λυκείου

| A/A | ΑΓΩΝΙΣΜΑ | ΕΝΟΤΗΤΑ ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ | ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΓΩΝΙΣΜΑΤΟΣ |
|-----|----------------------------------|--|---|
| 1 | Καλαθοσφαίριση με οριζόντια βολή | Καμπυλόγραμμες κινήσεις: Οριζόντια βολή | Σκοπός του αγωνίσματος είναι χρησιμοποιώντας τις θεωρητικές γνώσεις για την οριζόντια βολή να υπολογίσουν σε ποια οριζόντια απόσταση x πρέπει να τοποθετήσουν ένα μικρό καλάθι ώστε να μπει η |

| | | | |
|----|---|--|---|
| | | | σφαίρα μέσα. Οι ομάδες βαθμολογούνται στο πρακτικό μέρος από τη συναρμολόγηση της διάταξης, την ακρίβεια μέτρησης των μεγεθών και φυσικά την αποτελεσματικότητα της καλαθοσφαίρισης. Στο θεωρητικό από την ορθότητα των υπολογισμών. |
| 2 | Ζύγιση χωρίς ζυγαριά | Καμπυλόγραμμες κινήσεις: Κυκλική κίνηση | Οι ομάδες προσπαθούν να υπολογίσουν την μάζα ενός αμαξιδίου με τη χρήση της κεντρομόλου δύναμης. Τους παρέχεται η διάταξη της κυκλικής κίνησης αλλά ουσιαστικά θα πρέπει να σκεφτούν μόνες τους και να εφαρμόσουν τον μη συμβατικό τρόπο υπολογισμού της μάζας. |
| 3 | Μεταφορά μπαλών με ποτήρι | Καμπυλόγραμμες κινήσεις: Κυκλική κίνηση | Οι ομάδες πρέπει να μεταφέρουν δέκα μπάλες (μια κάθε φορά) από το τραπέζι σε ένα δοχείο, χρησιμοποιώντας ένα αναποδογυρισμένο ποτήρι και την κυκλική κίνηση της μπάλας στα τοιχώματα του δοχείου. |
| 4 | Μπαλόκι πύραυλος | Διατήρηση της ορμής: Εφαρμογές διατήρησης της ορμής | Οι ομάδες προσπαθούν να κάνουν το μπαλόκι να διανύσει τη μεγαλύτερη απόσταση κατά μήκος νήματος και να ερμηνεύσουν την κίνηση. |
| 5 | Αμαξίδια και Α.Δ.Ο. | Διατήρηση της ορμής: Αρχή Διατήρησης της Ορμής | Σκοπός του αγωνίσματος είναι με τη χρήση των εργαστηριακών αμαξιδίων και των φωτοπλών-ηλ.χρονομέτρων να στήσουν την πειραματική διάταξη και να κάνουν τους κατάλληλους υπολογισμούς για την επαλήθευση της Α.Δ.Ο |
| 6 | Νομισματο-συλλέκτης με στεγνά χέρια | Κινητική Θεωρία αερίων: Εισαγωγή | Σκοπός του πρακτικού μέρους του αγωνίσματος είναι να συλλέξουν τα νομίσματα χωρίς να βρέξουν τα χέρια τους. Ενώ στο θεωρητικό μέρος θα ερμηνεύσουν τις παρατηρήσεις τους. |
| 7 | Το καλαμάκι και ο νόμος του Boyle | Κινητική Θεωρία αερίων: Νόμοι των αερίων | Σκοπός του αγωνίσματος είναι να επαληθεύσουν τον νόμο του Boyle χρησιμοποιώντας καλαμάκι ή γυάλινο λεπτό σωλήνα όπου εγκλωβίζεται ποσότητα αέρα. Οι ομάδες αναστρέφουν το σωλήνα και παρατηρούν – ερμηνεύουν – μετρούν την ελάττωση του όγκου. |
| 8 | Νόμος του Gay-Lussac σε λεπτό σωλήνα | Κινητική Θεωρία αερίων: Νόμοι των αερίων | Σκοπός του αγωνίσματος είναι να επαληθεύσουν τον νόμο του Gay-Lussac χρησιμοποιώντας καλαμάκι ή γυάλινο λεπτό σωλήνα όπου εγκλωβίζεται ποσότητα αέρα η οποία θερμαίνεται καθώς εμβαπτίζεται το καλαμάκι ή ο γυάλινος σωλήνας σε ζεστό νερό. |
| 9 | Ισορροπία σε ηλεκτρικό πεδίο | Ηλεκτρικό πεδίο: Ομογενές ηλεκτροστατικό πεδίο | Οι ομάδες προσπαθούν να προσδιορίσουν το φορτίο που φέρει το σφαιρίδιο μετρώντας την γωνία κλίσης του νήματος που συγκρατεί το σφαιρίδιο μέσα στο πεδίο |
| 10 | Προσδιορισμός υψηλής τάσης που επιταχύνει τη δέσμη ηλεκτρονίων. | Ηλεκτρικό πεδίο: Κινήσεις φορτισμένων σωματιδίων σε ΗΣΠ | Οι ομάδες με την χρήση της ειδικής συσκευής μετρούν την απόκλιση της δέσμης των ηλεκτρονίων και προσδιορίζουν την υψηλή τάση που επιταχύνει τα ηλεκτρόνια |

Το πρακτικό και το θεωρητικό μέρος κάθε αγωνίσματος είναι ενσωματωμένα σε ένα φύλλο εργασίας έτσι ώστε οι ομάδες να μπορούν να το δουλεύουν παράλληλα και συνεργατικά. Στο ΔΦ έχουν ενσωματωθεί οι υποχρεωτικές πειραματικές δραστηριότητες που προβλέπονται από το αναλυτικό πρόγραμμα και τα αγωνίσματα είναι προσαρμοσμένα σ' αυτό. Τα φύλλα εργασίας μπορεί

κάποιος να τα δει στην ιστοσελίδα <http://www.flipsnack.com/Polikarpulu/ftcsbf0ft.html>. Ακολουθεί παράδειγμα φύλλου εργασίας των αγωνισμάτων στην Εικόνα 4.

ΜΕΛΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ Ή ΨΗΦΟΓΡΑΦΗ ΠΡΟΣΜΑΤΩΣΙΑΣ

ΟΝΟΜΑ ΟΜΑΔΑΣ: _____

ΑΓΩΝΙΣΜΑ 7: ΤΟ ΚΑΛΑΜΑΚΙ ΚΑΙ Ο ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ BOYLE

Σκοπός του αγωνίσματος είναι να επαληθεύσετε τον νόμο του Boyle (ή νόμο του Boyle – Mariotte).

Τα όργανα – υλικά που έχετε στη διάθεσή σας είναι:

- Καλαμάκι ή γυάλινο λατό σωλήνα
- Πατήρι γεμάτο με νερό
- Διαστημόμετρο (βερνιέρο)
- Μετροταινία ή χάρακα
- Γκαζοστάση

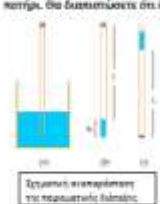
Για τους υπολογισμούς των χρησιμοποιούμενων μεγεθών θεωρούμε τα δεδομένα τα παρακάτω μεγέθη:

- Ατμοσφαιρική πίεση: $P_{atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- Πυκνότητα του νερού: $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$
- Ένταση του κενού βαρόμετρος: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Πρακτικό μέρος και θεωρητικό μέρος

1. Βυθίστε τον γυάλινο σωλήνα μέσα σε ένα καπάκι με νερό. Κλείστε το πάνω μέρος καλά με αληθινή πλαστική για να μην μπει αέρας. Ξυλάτε τον σωλήνα από το καπάκι. Θα διαπιστώσετε ότι έχει αέρα μέσα και μια ποσότητα νερού.

Πιάξτε το κέραιό σας.



2. Υπολογίστε την πίεση που ασκεί η στήλη του νερού που παύει να αυξάνεται. Γράψτε το σκεπτικό σας και τους υπολογισμούς σας.

$P_{\text{νερού}} =$ _____

3. Υπολογίστε την πίεση του αέρα που είναι εγκλωβισμένος μέσα στο σωλήνα. Γράψτε το σκεπτικό σας και τους υπολογισμούς σας.

$P_{\text{αέρα}} =$ _____

4. Ανοποδογυρίστε το σωλήνα. Παρατηρούμε το νερό να κατεβαίνει λίγο μέσα στο σωλήνα και να σταθεροποιείται. Γιατί συμβαίνει αυτό; Εξηγήστε.

5. Υπολογίστε την νέα τιμή της πίεσης του αέρα που είναι εγκλωβισμένος στο σωλήνα. Γράψτε το σκεπτικό σας και τους υπολογισμούς σας.

$P_{\text{αέρα}} =$ _____

6. Κάντε επαλήθευση του νόμου του Boyle χρησιμοποιώντας τις τιμές των μεγεθών που υπολογίσατε παραπάνω. Πισία άλλα μεγέθη πρέπει να μετρήσετε ή να υπολογίσετε για να μπορέσετε να ελέγξετε την επαλήθευση του νόμου του Boyle. Καταγράψτε αναλυτικά τον υπολογισμό σας.

7. Γιατί νομίζετε ότι η παραπάνω διαδικασία οδηγεί στην επαλήθευση του νόμου του Boyle και όχι κάποιου άλλου νόμου των αερίων;

Εικόνα 4. Το φύλλο εργασίας του αγωνίσματος 7

Παρατηρήσεις - Εντυπώσεις

Η εφαρμογή του ΔΦ κατά την τρέχουσα σχολική χρονιά έχει πιλοτικό χαρακτήρα με στόχο να διερευνηθεί η χρησιμότητά του στη διδακτική πρακτική ως εργαλείο διαμορφωτικής αξιολόγησης. Με την ολοκλήρωση της εφαρμογής του στο τέλος της τρέχουσας σχολικής χρονιάς θα καταγραφούν μέσα από κατάλληλο ερωτηματολόγιο οι απόψεις των μαθητών για το ΔΦ. Παράλληλα, καταγράφονται από τους διδάσκοντες κάποιες προσωπικές παρατηρήσεις και εντυπώσεις. Οι εντυπώσεις αυτές δεν είναι ένα αντικειμενικό κριτήριο, αλλά παρέχουν κάποιες ενδείξεις για τη χρησιμότητα του ΔΦ. Από την μέχρι τώρα εφαρμογή του ΔΦ κατά την τρέχουσα σχολική χρονιά έχουμε καταγράψει μερικές παρατηρήσεις:

- Το κλίμα στο μάθημα γίνεται πιο ευχάριστο.
- Οι μαθητές μαθαίνουν να δουλεύουν συνεργατικά. Κατά την προετοιμασία της ομάδας για το πρακτικό μέρος ενός αγωνίσματος οι μαθητές συζητούν μεταξύ τους με ποιο τρόπο θα έχουν το καλύτερο ατομικό αποτέλεσμα για να έχει και η ομάδα καλύτερο αποτέλεσμα.
- Το ενδιαφέρον των αδιάφορων μαθητών για το μάθημα έχει αυξηθεί. Επειδή θέλουν να κερδίσουν το πρωτάθλημα ενδιαφέρονται να απαντήσουν και στα ερωτήματα που συνοδεύουν κάθε αγώνισμα και έτσι δείχνουν περισσότερο ενδιαφέρον για το μάθημα.
- Η εμπλοκή των μαθητών σε πειράματα που ανήκουν στο ΔΦ φαίνεται να είναι πιο έντονη, σε σύγκριση με την εμπλοκή τους σε πειράματα που δεν ανήκουν στο ΔΦ.

Η εφαρμογή του ΔΦ είναι αρκετά ευέλικτη. Το ΔΦ μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί για κάθε τάξη Λυκείου ή Γυμνασίου. Παράλληλα, τα αγωνίσματα του ΔΦ και οι ερωτήσεις που συνοδεύουν το κάθε αγώνισμα, μπορούν να επιλεγούν ανάλογα με τις ανάγκες του μαθήματος. Η κατάλληλη επιλογή των δραστηριοτήτων και των ερωτήσεων μπορεί να μετατρέψει το ΔΦ σε ένα αποτελεσματικό εργαλείο διαμορφωτικής αξιολόγησης.

Αναφορές

Black, P. & Harrison, C. (2004). *Science inside the black box*. London: GL Assessment.

- Dufrence, R. & Gerace, W. (2004). Assessing-To-Learn: Formative Assessment in Physics Instruction. *The Physics Teacher*, 42, 428-433.
- Duit, R., (1991). *Effective teaching of science - A review of research*. Edinburgh, UK: SCREHodson, D.
- Keeley, P. & Harrington, R. (2010). *Uncovering Student Ideas in Physical Science*. Arlington: NSTApress.
- OECD (2005) *Formative assessment – improving learning in secondary classrooms*. Retrieved January 5, 2016, from <http://www.oecd.org/edu/cei/35661078.pdf>
- Widolo, A., Duit, R. & Muller, C. (2002). *Constructivist views of teaching and learning in practice: teachers' views and classroom behavior*, Paper presented at the Annual meeting of the national Association for Research in Science Teaching,
- Αρναουτάκης, Γ., Καρανίκας, Γ., Καραπαναγιώτης, Β., Κόκκοτας, Π., Κουρέλης, Γ. (2005). *Πειράματα Φυσικής για το Δημοτικό, το Γυμνάσιο και το Λύκειο*. Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη.
- Κώτσης, Κ. (2005). *Διδασκαλία της φυσικής και πείραμα*. Ιωάννινα: Εκδόσεις Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.
- Λευκοπούλου, Σ. (2008). Εργαστηριακές ασκήσεις: κλειστές ή ανοιχτές δραστηριότητες; Στο Κουμαράς, Π. & Σέρογλου, Φ. (επιμ.) *Πρακτικά 4^ο Πανελληνίου Συνεδρίου της Ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Ε.ΔΙ.Φ.Ε.): «Αναλυτικά Προγράμματα και Βιβλία Φυσικών Επιστημών: κριτική θεώρηση και προοπτικές*», 348-357. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Χριστοδουλίδη.
- Προεδρικό Διάταγμα 60/2006 (2006). *Αξιολόγηση των μαθητών του ενιαίου λυκείου*. Ανάκτηση από <http://www.satea.gr/wp-content/uploads/2011/08/P.D.60-2006.pdf>. Ημερομηνία προσπέλασης: 10 Ιανουαρίου 2016.
- Σκουμιάς, Μ.(2012). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση*, Ρόδος: Πανεπιστήμιο Αιγαίου (ανάκτηση από http://www.rhodes.aegean.gr/ptde/labs/lab-fe/downloads/dfe/DFE_Athmia_EKPAIDEYSH_SHMEIWSEIS_2012_2013.pdf . Ημερομηνία προσπέλασης: 10 Ιανουαρίου 2016).

Στα βήματα του Ερατοσθένη: όταν το πείραμα διδάσκει, κινητοποιεί και εντυπωσιάζει

Ελένη Παλούμπα

Χημικός, Υπεύθυνη Ε.Κ.Φ.Ε. Λακωνίας
elpaloumpa@gmail.com

Σωτήριος Μανδηλιώτης

Γεωλόγος, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Σερρών
sotmandili@gmail.com

Νικόλαος Ιωάννου

Φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Πιερίας
ekfekate@gmail.com

Περίληψη

Η εργασία αυτή διερευνά και σχολιάζει την αξία του πειράματος ως πολυπαραμετρικού εργαλείου στην εκπαιδευτική ζωή και τον ρόλο των Ε.Κ.Φ.Ε. ως δυναμικού δικτύου εφαρμογής αξιολογών εκπαιδευτικών πρακτικών. Αφορμή στάθηκε η συνδιοργάνωση της δράσης για τη μέτρηση της περιφέρειας της Γης με το πείραμα του Ερατοσθένη από τα Εργαστηριακά Κέντρα Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Φ.Ε.) Σερρών, Πιερίας, Εύβοιας και Λακωνίας, με την υποστήριξη της Πανελληνίας Ένωσης Υπευθύνων Ε.Κ.Φ.Ε. (ΠΑΝ.Ε.Κ.Φ.Ε.). Η δράση υλοποιήθηκε την ημέρα της Φθινοπωρινής Ισημερίας (23/9/2015) και σ' αυτήν συμμετείχαν σχολεία από όλη την Ελλάδα. Πρόκειται για ένα πραγματικά απλό πείραμα, το οποίο μπορεί να αποτελέσει πρότυπο σπειροειδούς μάθησης, όχημα διαθεματικής περιήγησης σε πεδία σχολικής και επιστημονικής γνώσης, αλλά και πηγή έμπνευσης για διδάσκοντες και διδασκόμενους. Η άποψη αυτή ενισχύεται με τη δυνατότητα συνδυασμού του πειράματος με τις πολλαπλές εφαρμογές των Νέων Τεχνολογιών για ουσιαστική συνεργασία, συντονισμό δράσεων, άντληση πολύτιμου υλικού και γενικότερη καλλιέργεια του ψηφιακού γραμματισμού.

Λέξεις κλειδιά: πειραματική διδασκαλία, σύγχρονες συνεργατικές εκπαιδευτικές τεχνικές, πείραμα του Ερατοσθένη

Εισαγωγή – Θεωρητικές επισημάνσεις

Η διαχρονική αξία της πειραματικής διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών έχει τονισθεί επανειλημμένα με διάφορους τρόπους και σε ποικίλους τόνους. Η άποψη πως το πείραμα έχει συμβάλει σημαντικά στην πρόοδο της επιστήμης είναι ευρεία και αποδεδειγμένη. Στον Einstein αποδίδεται η φράση «Είναι ανιαρό να ακούς να σου μιλούν για πειράματα και σαγηνευτικό να τα κάνεις ο ίδιος», ενώ ο Κασσέτας (1996) σημειώνει ότι «μαθαίνω σημαίνει “δημιουργώ μια περιπέτεια” με το γνωστικό αντικείμενο...» και εξηγεί ότι «πρόκειται για μια κυριολεκτική περιπέτεια μετά από την οποία δεν θα είμαι όπως ήμουν πριν, ούτε εγώ ούτε το γνωστικό αντικείμενο».

Από την επισκόπηση της βιβλιογραφίας δεν φαίνεται να προκύπτουν περιπτώσεις στις οποίες η υλοποίηση εργαστηριακών ασκήσεων ή πειραμάτων να δημιουργήσει πρόβλημα στη διδασκαλία. Το αντίθετο μάλιστα, αφού είναι γενικά αποδεκτή ή άποψη ότι με το πείραμα «βοηθάμε τους μαθητές να συσχετίσουν την επιστήμη με την πράξη, να εμπεδώσουν τη θεωρία, να αναπτύξουν την παρατηρητικότητα τους, να συγκρίνουν γεγονότα και να βγάλουν συμπεράσματα» (Μανουσάκης, 1989).

Ο Γαλιλαίος, που είναι από τους θεμελιωτές της μεθοδολογίας της έρευνας της φύσης, θεωρούσε το πείραμα απαραίτητο για τη διατύπωση και τον έλεγχο των θεωριών. Δηλαδή για την επαλήθευση ή απόρριψη υποθέσεων και την παροχή ακριβών και αριθμητικά μετρήσιμων στοιχείων (Κόκκοτας, 2000).

Η αφθονία των πειραμάτων και η θαυμαστή ποικιλομορφία τους, οδήγησαν στην ανάγκη ταξινόμησής τους σε διάφορες κατηγορίες, με διαφορετικά κάθε φορά κριτήρια: Εικονικά, πραγματικά, επίδειξης, μετωπικά κλπ.

Στο τεράστιο πλήθος των πειραμάτων και των παραλλαγών τους, διακρίνονται λίγα εξ αυτών, λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους. Το πείραμα του Ερατοσθένη, καταξιωμένο διεθνώς για την ευρηματικότητα και τη σημασία του, έχει χαρακτηριστεί ως ένα (το πρώτο ιστορικά) από τα 10 πιο όμορφα πειράματα στην ιστορία της Φυσικής, σύμφωνα με το περιοδικό Physics World (δημοσίευση στην εφημερίδα New York Times, 25 Σεπτεμβρίου 2002, <http://goo.gl/0m9zKz>). Ανήκοντας στην κατηγορία αυτή, αποτελεί πρότυπο πειράματος αλλά και πρόκληση για τον σύγχρονο εκπαιδευτικό.

Στην ολότητα της σχολικής γνώσης χωρίς «διαμερισματοποίηση» διδακτικών αντικειμένων, Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες, Ιστορία, Αστρονομία, Νέες Τεχνολογίες, Γεωγραφία και Επιστήμη Περιβάλλοντος συνδυάζονται κι εμπεριέχονται στο πείραμα του Ερατοσθένη. Επιπλέον, οι σχετικές αναφορές στα σχολικά εγχειρίδια διαφόρων βαθμίδων (Μαθηματικά ΣΤ΄ Δημοτικού και Α΄ Γυμνασίου – Εικόνα 1), συνηγορούν στη δυνατότητα προσαρμογής του πειράματος στην Πρωτοβάθμια και τη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Ιστορικά στοιχεία για το πείραμα, παρατίθενται στο Παράρτημα 1.



Εικόνα 1. Αναφορά στο πείραμα του Ερατοσθένη, στο σχολικό εγχειρίδιο Μαθηματικών της Α΄ Γυμνασίου.

Το πείραμα του Ερατοσθένη στο σχολικό περιβάλλον

Η «προστιθέμενη αξία» του πειράματος του Ερατοσθένη

Σύμφωνα με τον Harre (1981), «οι επιστήμονες φθάνουν στους νόμους και τις θεωρίες από τα αποτελέσματα των πειραμάτων τους, τα οποία ελέγχουν με άλλα πειράματα. Οι παρατηρήσεις και τα αποτελέσματα των πειραμάτων αποτελούν τα δεδομένα (data) τα οποία παρέχουν μια στέρεη βάση για την ανέγερση του εύθραυστου οικοδομήματος της επιστημονικής σκέψης».

Επιπλέον, η κάθε διδακτική παρέμβαση μπορεί να παρομοιαστεί με ένα πείραμα με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Όπως αναφέρει χαρακτηριστικά ο Κασσέτας (1996), «...κάθε ώρα διδασκαλίας μπορεί να γεννήσει έναν νέο τρόπο διδακτικής πρακτικής, να δώσει μια καινούρια ιδέα, να δώσει ένα απόσταγμα εμπειρίας, το οποίο με τη σειρά του –από τη στιγμή που θα γίνει γνωστό στους εκπαιδευτικούς άλλων σχολείων– ενδεχομένως να προκαλέσει εναύσματα για παραπέρα νέες προοπτικές αλλά και να ζωογονήσει την κάπως στερημένη από εμπειρική τροφή έρευνα της διδακτικής των φυσικών επιστημών».

Η αξία του πειράματος του Ερατοσθένη, είναι σημαντικά διαφορετική από την εκτιμώμενη με βάση τα χαρακτηριστικά του, αφού πρόκειται για ένα πείραμα αντικειμενικά εύκολο και απολύτως ασφαλές, αναγκαίας καθημερινής γνώσης, αλλά και για μια σύνθετη εκπαιδευτική προσέγγιση ευρέος και ολιστικού περιεχομένου.

Ως κίνητρα για την επιλογή και αξιοποίηση μιας τέτοιας διδακτικής παρέμβασης από τον εκπαιδευτικό, μπορούν να αναφερθούν:

- Η απλότητα: στηρίζεται σε απλές μετρήσεις μήκους και είναι εύκολα υλοποιήσιμη, από το σύνολο των μαθητών μιας τάξης. Ακόμα και δεδομένης της απλότητας, η ανάπτυξη της δεξιοτήτων μέτρησης θεμελιωδών μεγεθών είναι κρίσιμης σημασίας. «Οι μαθητές πρέπει να αντιμετωπίζουν απτά εμπειρικά δεδομένα, αντιφάσεις και ασυνέπειες για να αναγκαστούν αφ' ενός να αρθρώσουν με δικά τους λόγια συλλογισμούς κι επιχειρήματα, αφ' ετέρου να απορρίψουν τις βαθιά ριζωμένες, αληθοφανείς, διαισθητικές, πρωτογενείς αντιλήψεις τους. ... Οι περισσότεροι μαθητές λοιπόν έχουν ανάγκη από

αρκετές επαφές αυτού του είδους, κατανεμημένες χρονικά σε όλο και πλουσιότερο πλαίσιο»(Arons, 1990).

- Η υλοποίηση εκτός σχολικού εργαστηρίου και εκτός συνθηκών σχολικής τάξης, στο προαύλιο και με ηλιοφάνεια, χαροποιεί τους μαθητές όλων των βαθμίδων. Ταυτόχρονα, ενεργοποιεί ευχάριστα συναισθήματα, με αποτέλεσμα αυτοί να «μαθαίνουν με την καρδιά τους».
- Η προσαρμοσιμότητα: Ανάλογα με τη διδακτική βαθμίδα αλλά και με το επίπεδο των συμμετεχόντων, μπορεί να χρησιμοποιηθούν απλές μετρήσεις και έτοιμοι πίνακες μετατροπών, έως απαιτητικοί μαθηματικοί υπολογισμοί με σύνθετες γεωμετρικές έννοιες. Ακολουθεί τη νοητική ανάπτυξη του μαθητή από το Δημοτικό στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο, ενσωματώνοντας τη σπειροειδή προσέγγιση της γνώσης. Υποστηρίζεται πως «θα μπορούσε η διδασκαλία της Φυσικής να ξεκινάει με την παρουσίαση και ποιοτική αντιμετώπιση φαινομένων, τη συσχέτισή τους με την καθημερινή ζωή και να τελειώνει με την ποσοτική, μαθηματική αντιμετώπιση» (Κουμαράς, 2000).
- Η γοητεία που ασκείται στους συμμετέχοντες από την μακρο-κλίμακα των ουρανίων σωμάτων, τους συναρπάζει καθώς προσπαθούν να πάρουν μετρήσεις και να εκτελέσουν υπολογισμούς. Η ... απρόσμενη διαπίστωση της σχετικά γρήγορης μεταβολής του μήκους της σκιάς εξ αιτίας της κίνησης του ήλιου, γίνεται πάντα αντικείμενο σχολιασμού.
- Το υψηλό επιστημονικό και ακαδημαϊκό επίπεδο, όπως προκύπτει και σε άλλα σημεία του παρόντος πονήματος.
- Ο συνδυασμός Φυσικών Επιστημών – Τεχνολογίας – Μηχανικής και Μαθηματικών καθιστά το πείραμα αυτό μια πρωτότυπη -αν και πολύ παλαιά- STEM δραστηριότητα.
- Η ευελιξία στη χρήση οργάνων και σκευών, αφού μπορεί να υλοποιηθεί τόσο με αυτοσχέδιες και καθημερινής χρήσης δομές, όσο και με επιστημονικές διατάξεις.
- Ο μαθητοκεντρικός και συνεργατικός χαρακτήρας: Πρωτότυπο κι εντυπωσιακό με χαρακτηριστικό τη δυνατότητα συνεργασίας σχολείων διαφορετικού γεωγραφικού πλάτους και κατά προτίμηση ίδιου γεωγραφικού μήκους για τη μέτρηση της γωνιακής απόστασης μεταξύ τους.
- Η πολυπληθής συμμετοχή: την ίδια μέρα και ώρα μαθητές σε διαφορετικούς τόπους μετρούν το ίδιο φυσικό μέγεθος (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Μαθητές του 2ου ΓΕ.Α. Σπάρτης και του Γυμνασίου Αλιστράτης Σερρών μετρούν το μήκος της σκιάς αντικειμένων (23/9/2015)

Μια δραστηριότητα αυτής της μορφής είναι σύνθετη ως προς τις συνιστώσες της αλλά απλή ως προς την υλοποίησή της. Είναι αξιοσημείωτο είναι ότι κατορθώνει να:

- διδάσκει βασικές αρχές της ερευνητικής μεθοδολογίας.
- οδηγεί στη διαπιστωμένη γνώση και αποδοχή της αξίας των Φυσικών Επιστημών για την κατανόηση του σύμπαντος κόσμου.
- προσελκύει αβίαστα το ενδιαφέρον των μαθητών και μαγνητίζει αρκετών τη σκέψη ώστε προωθεί και καλλιεργεί τη θετική τους στάση απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες.

Άλλωστε, στο εγχειρίδιο «Πειράματα Φυσικών Επιστημών με Υλικά Καθημερινής Χρήσης, ο Κουμαράς σημειώνει: «Θεωρώ ότι πειράματα με υλικά καθημερινής χρήσης συμβάλλουν στη σύνδεση των διδασκόμενων στο σχολείο με την καθημερινή ζωή και στη δημιουργία θετικής στάσης στους μαθητές προς το μάθημα της Φυσικής» και ότι «...θετικές είναι οι εμπειρίες τόσο σε επίπεδο γνωστικών όσο και σε επίπεδο συναισθηματικών στόχων, από τη χρησιμοποίηση των πειραμάτων αυτών στη διδασκαλία της Φυσικής στην υποχρεωτική εκπαίδευση». Αντίστοιχη είναι και η άποψη «...ορισμένα εκπληκτικά επιστημονικά πειράματα μπορούν να γίνουν με απλά καθημερινά αντικείμενα, που βρίσκονται σε κάθε νοικοκυριό. Με τη βοήθειά τους μπορείς να κάνεις ένα ταξίδι εξερεύνησης μέσα στην περιοχή της επιστήμης» (Ντε Βρις, 1987).

Σε κάθε περίπτωση, ισχύει και για το πείραμα του Ερατοσθένη ότι «ο ρόλος του (ως πειράματος) είναι διαφωτιστικός. Επιτρέπει στον επιστήμονα να δείξει την ισχύ της θεωρίας του, όχι ως μια συλλογή αληθειών, αλλά ως μια δέσμη ιδεών. Η επιτυχία ενός πειράματος, σημαίνει απλώς ότι ο τρόπος περιγραφής του κόσμου μέσω της συγκεκριμένης θεωρίας αποδεικνύεται χρήσιμος» (Κόκκοτας, 2000).

Στο «Βιβλίο Καθηγητή» του Λογισμικού ΓΑΙΑ II, οι συγγραφείς (Δαπόντες κ.ά., 2003), σημειώνουν πως «η σχετική έρευνα στο Internet δείχνει ότι η μέτρηση της ακτίνας της Γης αποτελεί ένα προσφιλές διαθεματικό αντικείμενο που απαιτεί τη συνεργασία μαθητών από δύο τουλάχιστον διαφορετικά σχολεία. Ένας σχετικά μεγάλος αριθμός σχολείων από ολόκληρο τον κόσμο συμμετέχει κάθε χρόνο στο πρόγραμμα με την ονομασία NOON OBSERVATION PROJECT» (<http://courses.education.illinois.edu/satex/sp96/noon-project/>).

Στη χώρα μας, από το τμήμα Έρευνας και Ανάπτυξης της Ελληνογερμανικής Αγωγής, για το πείραμα του Ερατοσθένη διοργανώνονται διεθνείς και πανευρωπαϊκές δράσεις που αφορούν σχολεία όλων των βαθμίδων καθώς και διαγωνισμοί εκπαιδευτικών. Παράλληλα, προτείνεται η υλοποίηση του πειράματος με συγκεκριμένα σενάρια μαθήματος, βασισμένα σε σύγχρονα ψηφιακά εργαλεία (<http://eratosthenes.ea.gr/>).

Η χρησιμότητα του πειράματος του Ερατοσθένη

Ανάλογα με την εκπαιδευτική βαθμίδα, μπορεί κατά αυξανόμενη μαθητική ηλικία να διδάξει:

- μετρήσεις θεμελιωδών μεγεθών, όπως το μήκος και ο χρόνος
- ακρίβεια μετρήσεων και σφάλματα
- ορολογία Γεωγραφίας και Αστρονομίας π.χ. «Ηλιοστάσιο», «Ισημερία» κλπ
- την επωφελή και οριοθετημένη χρήση δυνατοτήτων κι εφαρμογών των ΤΠΕ, όπως ο υπολογισμός της κατάλληλης ώρας μέτρησης, η εφαρμογή μέτρησης της απόστασης από τον Ισημερινό, ο «μικρόκοσμος Ερατοσθένους» του εκπαιδευτικού λογισμικού «ΓΑΙΑ» κ.ά.
- την άρρηκτη συνέχεια της επιστημονικής σκέψης και γνώσης στο πλαίσιο της αδιάκοπης προσπάθειας του ανθρώπου να εξηγήσει τη φύση των φαινομένων και των σωμάτων του περιβάλλοντός του
- την αδιαμφισβήτητη αξία των μεγάλων επιστημόνων όπως ο Ερατοσθένης και την αδήριτη συμβολή τους στο επιστημονικό γίνεσθαι

Περιγραφή και Μεθοδολογία της Διδακτικής Παρέμβασης

Μαζί με τις προαναφερθείσες πτυχές του πειράματος του Ερατοσθένη, η παρούσα εργασία στοχεύει να φωτίσει ακόμα μία: Αυτή της πανελλαδικής συνεργασίας σχολείων – εκπαιδευτικών – μαθητών, με συντονιστές τους υπευθύνους των Εργαστηριακών Κέντρων Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Φ.Ε.) των νομών τους.

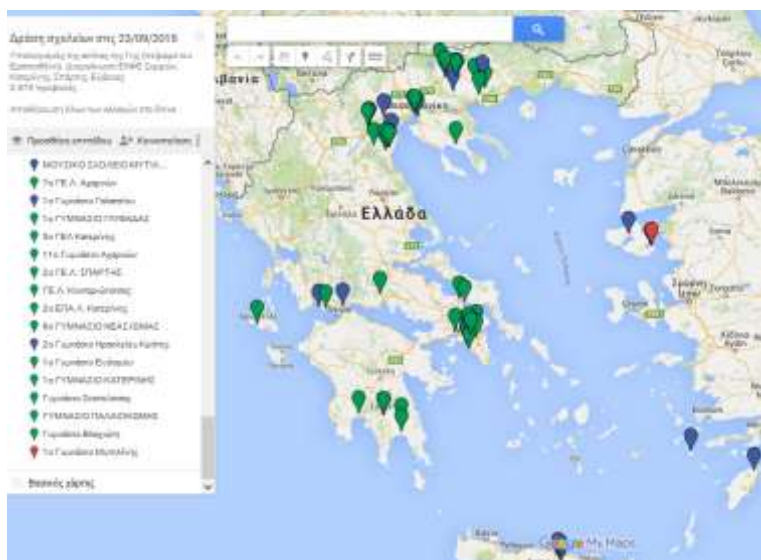
Στην πρόσκληση των Ε.Κ.Φ.Ε. προς τα σχολεία επισημάνθηκε η ιδιαιτερότητα και η στοχοθεσία του πειράματος και προτάθηκαν ηλεκτρονικές διευθύνσεις με σχετικό ενημερωτικό υλικό: «Στη δράση μπορούν να συμμετάσχουν ομάδες μαθητών, με την καθοδήγηση των καθηγητών τους. Οι παρατηρήσεις και οι μετρήσεις της κάθε ομάδας μπορούν να πραγματοποιηθούν στην αυλή του σχολείου της, σύμφωνα με τις οδηγίες που έχουν αναρτηθεί στην ιστοσελίδα του Ε.Κ.Φ.Ε. Σερρών (<http://ekfe.ser.sch.gr/site/>)». Το ακόλουθο απόσπασμα, προέρχεται από την πρόσκληση του Ε.Κ.Φ.Ε. Λακωνίας, μέσω της Διεύθυνσης Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης (Δ.Δ.Ε.), προς τους εκπαιδευτικούς του νομού:

«...Σκοπός είναι η κινητοποίηση και συμμετοχή των μαθητών σε μια δραστηριότητα μεγάλου ενδιαφέροντος καθώς και η συλλογή και ανταλλαγή μετρήσεων και δεδομένων μέσω της διαθεματικής προσέγγισης (κατά τη διαδικασία των παρατηρήσεων, των μετρήσεων και των υπολογισμών, οι μαθητές θα ασχοληθούν με γνωστικές διαδικασίες αρκετών σχολικών μαθημάτων όπως η Φυσική, η Γεωγραφία, τα Μαθηματικά, η Πληροφορική, η Ιστορία κλπ). Όσοι ενδιαφέρονται να συμμετάσχουν στη δράση, μπορούν να συμπληρώσουν τη φόρμα συμμετοχής, στην ηλεκτρονική διεύθυνση ...».

Αντίστοιχες προσκλήσεις απέστειλαν οι υπεύθυνοι των συνεργαζόμενων Ε.Κ.Φ.Ε. δια των Δ.Δ.Ε., στα σχολεία ευθύνης τους.

Με πρωτοβουλία του Υπευθύνου Ε.Κ.Φ.Ε. Πιερίας, λόγω του κοινού γεωγραφικού μήκους, η δράση δοκιμάστηκε πιλοτικά στο Θερινό Ηλιοστάσιο, 21/3/2015, με τις μετρήσεις και τις γεωγραφικές συντεταγμένες των Ε.Κ.Φ.Ε. Λακωνίας και Πιερίας. Μετά την αξιολόγηση των συμπερασμάτων του εγχειρήματος, επιχειρήθηκε νέα συνεργασία, μεταξύ των σχολείων περισσότερων νομών. Η τεχνογνωσία και η πρότερη εμπειρία του Υπευθύνου του Ε.Κ.Φ.Ε. Σερρών, λειτούργησε συνδετικά και υποστηρικτικά στη δράση.

Την αποστολή προσκλήσεων στα σχολεία μέσω των Δ.Δ.Ε., ακολούθησε ζοηρό ενδιαφέρον σημαντικού αριθμού εκπαιδευτικών (Σχήμα 1).



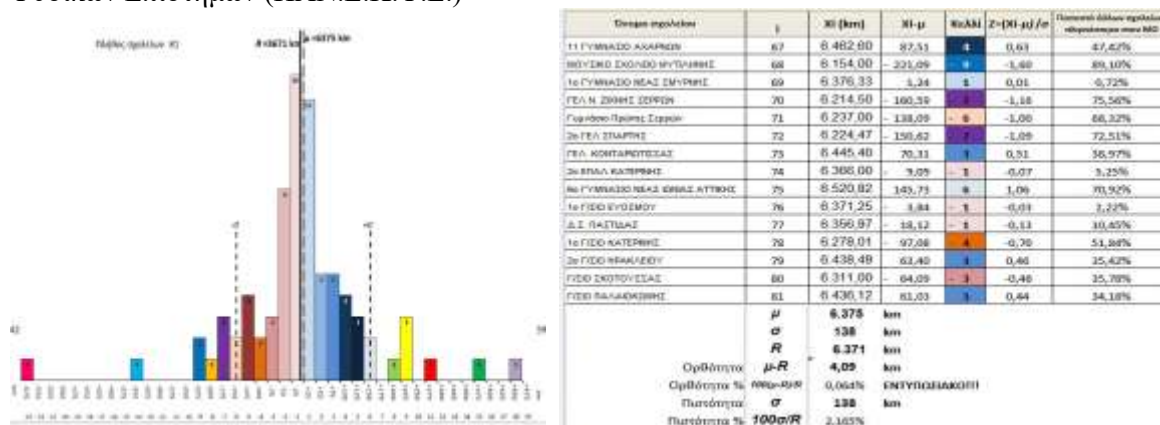
Σχήμα 1. Σημαντικός αριθμός σχολείων από διάφορα μέρη της Ελλάδας συμμετείχε στο πείραμα για τη μέτρηση της περιφέρειας της Γης (23/9/2015)

Ελήφθησαν μετρήσεις ανά σχολείο, έγιναν υπολογισμοί και εκτιμήσεις. Για το σκοπό αυτόν, οι μαθητές συμπλήρωσαν αντίστοιχα φύλλα εργασίας από την ιστοσελίδα του Ε.Κ.Φ.Ε. Σερρών (Αλεξανδρίδης, Μανδηλιώτης - Παράρτημα 2), είτε άλλα, που επιμελήθηκαν οι καθηγητές ή οι δάσκαλοί τους.

Μετρήσεις και υπολογισμοί καταχωρίστηκαν από τους εκπαιδευτικούς σε ειδικά διαμορφωμένη διαδικτυακή πλατφόρμα.

Έγινε συνολική εκτίμηση και στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων, των μετρήσεων και των πιθανών αιτιών των παρατηρηθέντων αποκλίσεων, από τον εκπαιδευτικό Φιλίππιδη Κ., Φυσικό του 2ου Πειραματικού Γενικού Λυκείου Θεσσαλονίκης (Σχήμα 2).

Με την ολοκλήρωση της δράσης, απεστάλησαν βεβαιώσεις σε όλους τους εκπαιδευτικούς και έπαινοι στα συμμετέχοντα σχολεία από την Πανελλήνια Ένωση Υπευθύνων Εργαστηριακών Κέντρων Φυσικών Επιστημών (ΠΑΝ.Ε.Κ.Φ.Ε.)



Σχήμα 2. Η στατιστική επεξεργασία των υποβληθέντων μετρήσεων των σχολείων, οδήγησε σε συζήτηση, αξιολόγηση και ανατροφοδότηση

Προκειμένου να διερευνηθεί η δυνατότητα συνεργασίας δύο σχολείων ίδιου γεωγραφικού μήκους, το πείραμα πραγματοποιήθηκε τυχαία μέρα του έτους (23/2/2016), μεταξύ των σχολείων Δ.Ε. στα οποία στεγάζονται τα Ε.Κ.Φ.Ε. Πιερίας και Λακωνίας (2^ο Γ.Ε.Λ. Κατερίνης και ΕΠΑ.Λ. Σπάρτης). Οι μετρήσεις και τα αποτελέσματα, παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Μετρήσεις και υπολογισμοί από την υλοποίηση του Πειράματος του Ερατοσθένη μεταξύ δύο σχολείων, τυχαία ημέρα του έτους

| Πόλη | Ύψος ράβδου | Σκιά ράβδου | Γωνία που υπολογίστηκε | Αποτελέσματα Υπολογισμών |
|----------|----------------|----------------|---------------------------|---|
| Σπάρτη | 100 cm | 107,4 cm | 47,04 ° | Διαφορά γωνίας: $\Delta\phi=3,19^\circ$ |
| Κατερίνη | 63 cm | 75,7 cm | 50,23 ° | Περιφέρεια Γης: 40.063 Km Ακτίνα Γης: 6.376,2 Km Απόκλιση: 0,08 % |

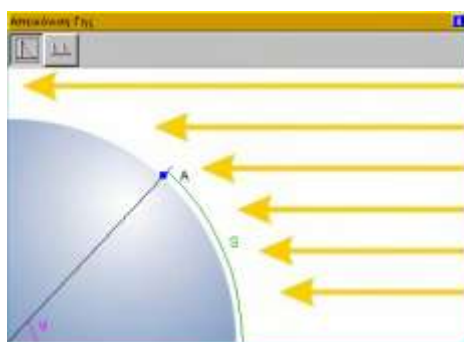
Συμπεράσματα – Προτάσεις

Σε συνδυασμό με την επίτευξη των στόχων του εγχειρήματος στο γνωστικό επίπεδο και την αρτιότητα των μετρήσεων που ελήφθησαν, επιβεβαίωση της επιτυχημένης δράσης μαρτυρούν τα ενθουσιώδη σχόλια των συμμετεχόντων εκπαιδευτικών (Παράρτημα 3), αλλά και συμβάντα όπως η εκδήλωση ενδιαφέροντος εκπαιδευτικών ακόμα και 4 μήνες μετά, για ένταξη νέων σχολείων σε αντίστοιχη δράση το 2016.

Ένα μειονέκτημα του πειράματος, εφόσον δεν πραγματοποιείται σε συνεργασία με δεύτερο σχολείο, είναι το ότι μπορεί να πραγματοποιηθεί τέσσερις μόνο φορές τον χρόνο, στα Ηλιοστάσια και τις Ισημερίες. Η αναζήτηση λύσης, οδηγεί σε δύο κατευθύνσεις:

Η πρώτη εξ αυτών, σχετίζεται με την αξιοποίηση των Νέων Τεχνολογιών: Όπου το πραγματικό πείραμα είναι αδύνατο, για παράδειγμα σε περίπτωση δυσμενών καιρικών συνθηκών, το εικονικό πείραμα π.χ. με το λογισμικό ΓΑΙΑ, μπορεί να αποτελέσει τη βέλτιστη επιλογή (Σχήμα 3).

Η δεύτερη κατεύθυνση αποτελεί την πρόταση των εισηγητών: Η καθιέρωση πανελλαδικής εμβέλειας «Εβδομάδας Πειράματος», όπου παρόμοιες δράσεις θα συντονίζονται π.χ. από τους υπευθύνους Ε.Κ.Φ.Ε. και θα υλοποιούνται με σχολικές συμμετοχές. Στο διάστημα αυτό, σημαντικά και ιδιαίτερα ως προς τα χαρακτηριστικά τους πειράματα, αντίστοιχου βεληνεκού και απλότητας όπως το πείραμα του Ερατοσθένη, θα μπορούν να εκτελούνται από τους συμμετέχοντες.



Σχήμα 3. Η απεικόνιση της Γης στον «Μικρόκοσμο Ερατοσθένης» του εκπαιδευτικού λογισμικού «ΓΑΙΑ II».

Συνοψίζοντας, σύμφωνα με τον Α. Τζιανουδάκη, τέως υπεύθυνο Ε.Κ.Φ.Ε. Ρεθύμνου (<http://ekfe.reth.sch.gr/index.php?option=content&task=view&id=332>), ένα πείραμα για να θεωρηθεί «καλό», πρέπει –επιγραμματικά– να έχει τα εξής χαρακτηριστικά: «Να είναι απλό, ασφαλές, εντυπωσιακό, σαφώς στοχοθετημένο και συνδεδεμένο με την καθημερινή ζωή». Από αυτή την άποψη, το πείραμα του Ερατοσθένη, ίσως είναι το ιδανικό σχολικό πείραμα, για όλους τους προαναφερθέντες λόγους.

Τέλος, η ανάδειξη της αξίας της πανελλαδικής συνεργασίας στη διερεύνηση, ανακάλυψη και οικοδόμηση της γνώσης, δημιουργεί αισιόδοξα μηνύματα για το μέλλον του ελληνικού σχολείου, των εκπαιδευτικών και των μαθητών του.

Αναφορές

- Arons, A. (1992). *Οδηγός Διδασκαλίας της Φυσικής*. Αθήνα: Τροχαλία.
- Eratosthenes experiment (2015). <http://eratosthenes.ea.gr/>. Ημερομηνία προσπέλασης: 8-1-2016.
- e-yliko:Η δικτυακή εκπαιδευτική πύλη του Υπουργείου Παιδείας (2008). <http://www.e-yliko.gr/Lists/List40/DispForm.aspx?ID=40>. Ημερομηνία προσπέλασης: 8-1-2016
- Google Earth Εφαρμογή για υπολογισμό της απόστασης (σε ευθεία) μεταξύ δύο τόπων (2016). <https://www.daftlogic.com/projects-google-maps-distance-calculator>. Ημερομηνία προσπέλασης: 8-1-2016.
- Harre, R. (1981). *Great Scientific experiments*. Oxford: Phaidon.
- SunCalc (2009). Εφαρμογή για τον υπολογισμό της ώρας που μεσουρανή ο ήλιος σε κάθε τόπο. <http://suncalc.net/#/41.0934,23.5502,9/2015.09.23/17:40> Ημερομηνία προσπέλασης: 23-12-2015.
- The New York Times (2016). <http://www.nytimes.com/2002/09/24/science/here-they-are-science-s-10-most-beautiful-experiments.html?pagewanted=all>. Ημερομηνία προσπέλασης: 7-1-2016.
- The noon observation project (2015). <http://courses.education.illinois.edu/satex/sp96/noon-project/>. Ημερομηνία προσπέλασης: 9-1-2016.
- Βανδουλάκης, Ι., Καλλιγιάς, Χ., Μαρκάκης, Ν., Φερεντίνος, Σ., (2013). *Μαθηματικά Α΄ Γυμνασίου*. Αθήνα: Ι.Τ.Υ.Ε. «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»
- ΓΑΙΑ II Εγχειρίδιο χρήσης. (2002). http://users.sch.gr/nikbalki/epim_kse/Edusoft_files/edusoft_files-Programs_files/Tutorials/GaiaII_User.pdf Ημερομηνία προσπέλασης: 5-1-2016.
- Γκετζ, Ν., (2003). *Τα αστέρια της Βερενίκης*. Αθήνα: Ψυχογιός.
- Δαπόντες, Ν., Τσοβόλας, Σ., Κωτσάνης, Γ., Δάλκος, Γ.,(2002). *ΓΑΙΑ II – Βιβλίο Καθηγητή*. Αθήνα: Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών.
- Εργαστηριακό Κέντρο Φυσικών Επιστημών Ρεθύμνου (2010). <http://ekfe.reth.sch.gr/>. Ημερομηνία προσπέλασης: 4-1-2016.
- Εργαστηριακό Κέντρο Φυσικών Επιστημών Σερρών (2016). <http://ekfe.ser.sch.gr/site/>. Ημερομηνία προσπέλασης: 9-1-2016.
- Κασσέτας, Α. (1996). *Το μακρόν Φυσική προ του βραχέος διδάσκει*. Αθήνα: Σαββάλας.
- Κασσώτη, Ο., Κλιάπης, Π., Οικονόμου, Θ.,(2013). *Μαθηματικά Στ΄ Δημοτικού*. Αθήνα: Ι.Τ.Υ.Ε. «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»
- Κόκκοτας, Π., (2000). *Διδακτικές προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες*. Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Κουμαράς, Π., (2000). *Πειράματα Φυσικών Επιστημών με Υλικά Καθημερινής Χρήσης*. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων.
- Μανουσάκης, Γ., (1989). *Διδακτική της Χημείας*. Θεσσαλονίκη: Εκδοτικός οίκος Αδελφών Κυριακίδη.
- Μουρούζης, Π., (1999). *Ένας μικρός εργαστηριακός οδηγός*. Κέρκυρα (<http://panekfe.gr/downloads/lab-docs/1999-mikros-erg-odigos-mourouzis.pdf>)
- Ντε Βρις, Λ. (1987). *Το πρώτο βιβλίο των πειραμάτων*. Αθήνα: Καστανιώτη.

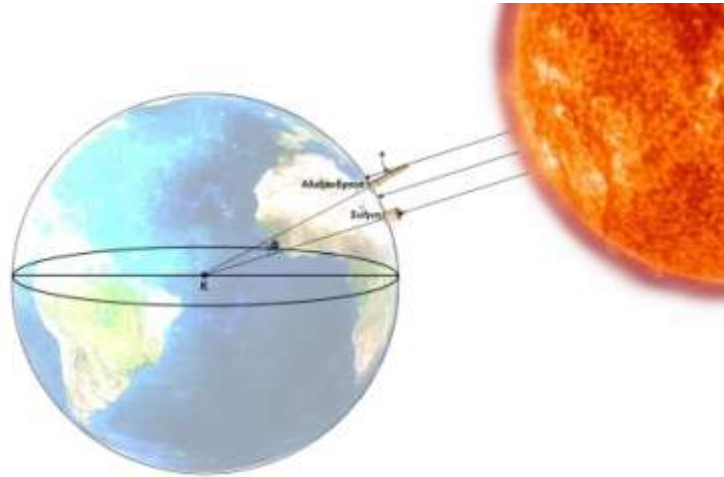
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Το Πείραμα του Ερατοσθένη για τη Μέτρηση της Περιφέρειας της Γης. Ιστορικά Στοιχεία

Ο Ερατοσθένης (Κυρήνη 276 π.Χ. – Αλεξάνδρεια 194 π.Χ.) στη βιβλιοθήκη της Αλεξάνδρειας της Αιγύπτου όπου εργάζονταν, διάβασε πως την ώρα που μεσουρανούσε ο Ήλιος κατά το θερινό ηλιοστάσιο, το ηλιακό φως πέφτοντας σε ένα πηγάδι στη Σύνηνη (σημερινό Ασσουάν), δεν σχημάτιζε καμία σκιά και ο Ήλιος καθρεφτίζεται ακριβώς στον πυθμένα ενός πηγαδιού, δηλαδή, βρίσκεται στο Ζενίθ του τόπου. Η Σύνηνη βρίσκεται περίπου 800 Km νοτιότερα από την Αλεξάνδρεια, η οποία είναι χτισμένη στις όχθες του Νείλου.

Οι ακτίνες του Ήλιου, φτάνουν στη Γη σχεδόν παράλληλα, λόγω της μεγάλης απόστασης των δύο ουράνιων σωμάτων. Η Σύνηνη, με γεωγραφικό πλάτος 24° 05', βρίσκεται κοντά στον Τροπικό του Καρκίνου (23° 26'). Στο θερινό ηλιοστάσιο, όταν ο Ήλιος βρίσκεται στο ζενίθ, οι ακτίνες του έχουν την ίδια διεύθυνση με την εκεί κατακόρυφο.

Ο Ερατοσθένης διερωτήθηκε εάν συμβαίνει το ίδιο ταυτόχρονα και σε μια άλλη πόλη π.χ. στην Αλεξάνδρεια. Όμως στην Αλεξάνδρεια, κατά την ίδια μέρα και ώρα, οι κατακόρυφοι στύλοι έριχναν σκιά. (Σχήμα 4).



Σχήμα 4. Η μέτρηση της Περιφέρειας της Γης με το Πείραμα του Ερατοσθένη

Αν η Γη ήταν επίπεδη, οι κατακόρυφοι στύλοι στις δυο πόλεις θα ήταν παράλληλοι και θα έπρεπε και οι δυο να ρίχνουν σκιά. Αφού, λοιπόν, αυτό δεν είναι αλήθεια, τι μπορεί να συμβαίνει; Την απάντηση έδωσε ο Ερατοσθένης υποστηρίζοντας ότι η επιφάνεια της Γης δεν είναι επίπεδη αλλά σφαιρική.

Η ακτίνα της Γης μπορεί να υπολογιστεί, αν είναι γνωστά:

α. η απόσταση Συήνης-Αλεξάνδρειας την οποία σύμφωνα με μαρτυρίες, ο Ερατοσθένης για να τη μετρήσει προσέλαβε βηματιστές και

β. η διαφορά των γεωγραφικών πλατών των δύο πόλεων. Από το μήκος της σκιάς ενός οβελίσκου υπολογίστηκε ίση περίπου με 7 μοίρες.

Η περιφέρεια της Γης υπολογίστηκε ίση με 40.000 Km. Αυτή είναι η σωστή απάντηση και ο Ερατοσθένης την έδωσε χρησιμοποιώντας ως μόνα εργαλεία ράβδους, μάτια, πόδια, μυαλό με απλότητα σκέψης και επινοητικότητα. Το λάθος στον υπολογισμό του Ερατοσθένη ήταν μόνο 2%, ένα πραγματικά αξιοσημείωτο επίτευγμα για περίπου πριν από 2,5 χιλιετίες. Άρα, ο Ερατοσθένης ήταν ο πρώτος άνθρωπος που μέτρησε τις διαστάσεις του πλανήτη Γη, γι' αυτό και θεωρείται δημιουργός της μαθηματικής γεωγραφίας.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Προτεινόμενο Φύλλο Εργασίας για το Πείραμα του Ερατοσθένη

Πείραμα του Ερατοσθένη Μέτρηση της ακτίνας της Γης, 23-09-2015, ώρα 13:.....

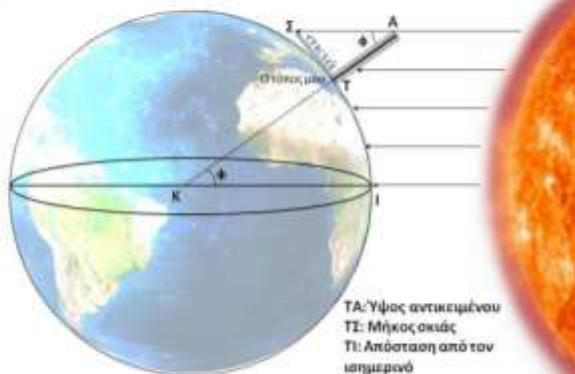
Συντεταγμένες αυλής

Γεωγρ. μήκος

Γεωγρ. πλάτος

Απόσταση από τον ισημερινό

Τι = km



Μετρήσεις

Ύψος αντικειμένου: ΤΑ = cm

Μήκος σκιάς: ΤΣ = cm

Υπολογισμοί

$$\epsilon\phi\phi = \frac{T\Sigma}{T\Lambda} = \dots\dots\dots \text{ και } \phi = \dots\dots\dots$$

$$\frac{T\iota}{\phi} = \frac{\text{Περίμετρος}}{360^\circ} \Rightarrow \dots\dots\dots$$

$$\Rightarrow \text{Περίμετρος} = \dots\dots\dots \text{ km}$$

$$\text{Ακτίνα Γης } R = \frac{\text{Περίμετρος}}{2 \cdot 3,14159} = \dots\dots\dots \text{ Km}$$

(Ενδεικτική τιμή R = 6370 km)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

Σχόλια και εντυπώσεις από τη συνδιοργάνωση της Μέτρησης της Περιφέρειας της Γης με το πείραμα του Ερατοσθένη (23/9/2015)

«Συγχαρητήρια σε όλα τα παιδιά που συμμετείχαν σ' αυτή τη δράση ανά την Ελλάδα και στους συναδέλφους που με κέφι και μεράκι εμπνέουν τους μαθητές τους για το καλύτερο. Ευχαριστούμε το Ε.Κ.Φ.Ε. Σερρών για την όλη οργάνωση και συντονισμό της δραστηριότητας, το Ε.Κ.Φ.Ε. Νέας Σμύρνης που πάντα μας υποστηρίζει και άμεσα μας ενημερώνει και τέλος το Σύλλογο Διδασκόντων και την Διευθύντριά μας που μας εμπιστεύθηκε και επέτρεψε την συμμετοχή του σχολείου μας. Π.Β. και Ε.Τ.»

«Ευχαριστούμε πολύ για τις πληροφορίες, την εξαιρετική οργάνωση και την όλη υποστήριξη! Α.Λ.»

«Σας ευχαριστούμε πολύ! Καλή αντάμωση τον Μάρτη! Α.Μ.»

«Ευχαριστούμε πολύ, ήταν εξαιρετική προσπάθεια. Γ.Κ.»

«Σας ευχαριστούμε για την ευκαιρία γι αυτή την κοινή δράση. Θα πρέπει να πω ότι και οι μαθητές ευχαριστήθηκαν πάρα πολύ, βγήκαν από την αίθουσα και αισθάνθηκαν ότι έκαναν κάτι πραγματικά σπουδαίο (μετά τον Ερατοσθένη). Κινητοποιήθηκε το ενδιαφέρον όλου του σχολείου: συναδέλφων και μαθητών. Σε ευχαριστώ και πάλι. Τ.Ζ.»

«Αγαπητοί συνάδελφοι, ευχαριστούμε για την ωραία ευκαιρία συνεργασίας με την αφορμή του πειράματος του Ερατοσθένη. Ελπίζουμε και σε επόμενες συνεργασίες. Με τιμή Β.Σ.»

«Ένα μεγάλο μπράβο για την προσπάθεια που κάνατε να ενεργοποιήσετε τους καθηγητές πρώτα και αυτοί με την σειρά τους μαθητές να ξεκολλήσουν από το τετριμμένο (Μάθημα και τίποτα άλλο). Αυτό φαίνεται από την συμμετοχή των σχολείων.

«Στο σχολείο μου εκτός από την πληθώρα μαθητών (πάνω από 40 μαθητές) παρακολούθησαν το πείραμα και δέκα καθηγητές διαφόρων ειδικοτήτων πέρα από τους ΠΕ03 και ΠΕ04. Γ.Φ.»

«Περιτό να σας πω ότι τα παιδιά ενθουσιάστηκαν με την όλη διαδικασία. Συγχαρητήρια για την πρωτοβουλία και ένα μεγάλο ευχαριστώ για την βοήθεια και υποστήριξη. Ελπίζω σε περαιτέρω συνεργασία και σε άλλες δράσεις. Με εκτίμηση Δ.Κ.»

«Πολύ ωραία δράση αυτή που σχεδιάσατε. Οι μαθητές ενθουσιάστηκαν πολύ. Κ,Χ.»

«Ευχαριστούμε για την ευκαιρία που μας έδωσες να ενεργοποιήσουμε μαθητές του γυμνασίου με την πολύ όμορφη δραστηριότητα. Αποστέλλω μερικές φωτογραφίες. Γ.Κ.»

«Οι μαθητές εκτέλεσαν το πείραμα με πολύ ενδιαφέρον. Σας ευχαριστούμε για την υπέροχη ιδέα που μας δώσατε. Με εκτίμηση, η υπεύθυνη καθηγήτρια Ε.Ν.»

«Ευχαριστούμε για την υποστήριξη και ειδικά για τα φύλλα εργασίας και τις παρουσιάσεις. Σας στέλνω το φύλλο εργασίας, που σχεδιάσαμε και θα χρησιμοποιήσουμε στο 1ο Γυμνάσιο. Πιθανά, να φανεί χρήσιμο σε κάποιους /ες συναδέλφους. Καλή επιτυχία στις μετρήσεις Τ.Ζ.»

«Ευχαριστούμε για την υποστήριξη. Ήταν για τους μαθητές μια πολύ ωραία εμπειρία από την οποία κέρδισαν πολύ γνώση και δημιούργησαν μια πολύ καλή συνεργασία. Πολύ ωραία ιδέα. Α.Χ.»

«Ευχαριστώ πολύ για την ευκαιρία να δείξουμε κάτι διαφορετικό στους μαθητές μας. Με εκτίμηση, Π.Θ.»

«Σας στέλνω μερικές φωτογραφίες από τη δράση, η οποία μας άρεσε ιδιαίτερα. Στέλνω επίσης από καρδιάς συγχαρητήρια για την πρωτοβουλία. Η αίσθηση ότι όλοι μαζί την ίδια ώρα παρακαλούσαμε να κάνει λίγο στην άκρη το σύννεφο για να μετρήσουμε ήταν φοβερή! Καλή συνέχεια, Φ. Π.»

ΑΠΟ ΚΥΠΡΟ: «Για το πείραμα του Ερατοσθένη θα ήθελα να συνεργαστούμε. Πες μου τι περιλαμβάνει η συνεργασία αυτή για ένα σχολείο. Ταυτόχρονα όταν μου στείλεις αυτές τις πληροφορίες μπορώ να ενημερώσω όλους του καθηγητές Φυσικής στα Γυμνάσια και τα Λύκεια. Είμαι σίγουρος ότι κάποια σχολεία θα ενδιαφερθούν. Με εκτίμηση, Γ.Τ.»

Συνεδρία Π2

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Ανάλυση των πειραματικών δραστηριοτήτων για τη θερμότητα των σχολικών εγχειριδίων Φυσικών Επιστημών των Ε΄ και Στ΄ τάξεων του δημοτικού σχολείου

Ισμήνη Καζοπούλου

Μεταπτυχιακή φοιτήτρια, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
premnt14016@aegean.gr

Μιχαήλ Σκουμιός

Επίκουρος Καθηγητής, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
skoumios@rhodes.aegean.gr

Περίληψη

Η έρευνα που μελετά τα φύλλα εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων με στόχο την αξιολόγηση και τη βελτίωση της αποτελεσματικότητάς τους είναι περιορισμένη. Αντικείμενο αυτής της εργασίας αποτελεί η ανάλυση των φύλλων εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων που περιλαμβάνονται στα σχολικά εγχειρίδια Φυσικών Επιστημών των Ε΄ και Στ΄ τάξεων του δημοτικού σχολείου για την εννοιολογική περιοχή της θερμότητας. Εντοπίστηκαν και αναλύθηκαν 19 φύλλα εργασίας πειραματικών δραστηριοτήτων (13 για την Ε΄ τάξη και 6 για την Στ΄ τάξη). Η ανάλυσή τους πραγματοποιήθηκε με βάση το πλαίσιο ανάλυσης πειραματικών δραστηριοτήτων του Millar (2009). Η ανάλυση των δεδομένων επέτρεψε να αποτυπωθούν οι κύριοι και οι επιμέρους μαθησιακοί στόχοι, καθώς επίσης και πτυχές που αφορούν στη σχεδίαση και την παρουσίαση των πειραματικών δραστηριοτήτων. Η εργασία ολοκληρώνεται με συζήτηση των αποτελεσμάτων της εστιασμένη στο ζήτημα της αποτελεσματικότητας των πειραματικών δραστηριοτήτων και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Λέξεις κλειδιά: πειραματικές δραστηριότητες, ανάλυση φύλλων εργασίας, μάθηση Φυσικών Επιστημών

Εισαγωγή

Οι πειραματικές δραστηριότητες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην εκπαίδευση των μαθητών αφού ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι μπορεί να συμβάλουν στην επίτευξη των στόχων της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Ειδικότερα, μπορεί να είναι αποτελεσματικές στο να βοηθήσουν τους μαθητές να οικοδομήσουν νέα γνώση (Högström et al, 2010; Tiberghien et al, 2001), να αναπτύξουν δεξιότητες που σχετίζονται με επιστημονικές διαδικασίες (Giddings et al, 1991; Hofstein et al, 2005; Högström et al, 2010) και με χειρισμό οργάνων και υλικών (Hofstein & Lunetta, 1982), καθώς επίσης και να προάγουν θετικές στάσεις απέναντι στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών (Hofstein et al, 2004; Hofstein & Lunetta, 1982; 2004; Lazarowitz & Tamir, 1994).

Ωστόσο, έχουν εγερθεί ερωτήματα που σχετίζονται με την αποτελεσματικότητά τους και την επάρκεια και καταλληλότητα του εκπαιδευτικού υλικού που υποστηρίζει τις πειραματικές δραστηριότητες (Abrahams & Millar, 2008; Hodson, 1991; Hofstein & Lunetta, 2004; Osborne, 1993; Wellington, 1998). Υποστηρίζεται ότι συχνά αυτό που λαμβάνει χώρα μέσα στα εργαστήρια ή στις σχολικές τάξεις συνεισφέρει ελάχιστα στη μάθηση (Hodson, 1991) και ότι οι μαθητές περισσότερο επικεντρώνονται στην «τυπική» ολοκλήρωση της άσκησης παρά στη μάθηση εννοιών και ιδεών από την εκτέλεση της πειραματικής δραστηριότητας (Berry et al, 1999).

Έχει επισημανθεί ότι ο θεμελιώδης σκοπός μιας πειραματικής δραστηριότητας είναι να βοηθήσει τους μαθητές να συνδέσουν δύο πεδία: το πεδίο των αντικειμένων και το πεδίο των ιδεών (Tiberghien, 2000). Όμως, διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν μικρές διαφορές στην κατανόηση των ιδεών ανάμεσα στους μαθητές που πραγματοποιούν πειραματικές δραστηριότητες και στους μαθητές που απλά τις παρακολουθούν και ότι οι πειραματικές δραστηριότητες είναι πιο αποτελεσματικές στο να μάθουν οι μαθητές για τα αντικείμενα (όργανα και υλικά) παρά για να κατανοήσουν τις ιδέες των Φυσικών Επιστημών (Abrahams & Millar, 2008).

Ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι το φύλλο εργασίας και ο τρόπος που αυτό καθοδηγεί τους μαθητές επηρεάζει τη διαδικασία υλοποίησης αλλά και την αποτελεσματικότητα της

πειραματικής δραστηριότητας (Hucke & Fischer, 2002; Lunetta, 1998). Προς την κατεύθυνση αυτή, έχουν πραγματοποιηθεί προσπάθειες για τη συγκρότηση πλαισίων ανάλυσης των φύλλων εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων με στόχο την ανάλυσή τους και τη βελτίωση της αποτελεσματικότητάς τους. Οι Lunetta και Tamir (1981) ανέλυσαν φύλλα εργασίας πειραματικών δραστηριοτήτων με ένα πλαίσιο ανάλυσης που περιλαμβάνει τέσσερις άξονες: τη σχεδίαση, την πραγματοποίηση, την ερμηνεία και την εφαρμογή. Οι Ganiel και Hofstein (1982) πρόσθεσαν έναν ακόμα άξονα στο παραπάνω πλαίσιο που αφορά στις δεξιότητες. Οι Roth et al. (1997) διαμόρφωσαν ένα πλαίσιο που βασίζεται στην αλληλεπίδραση ανάμεσα στους μαθητές και την πειραματική διάταξη. Οι Tiberghien et al. (2001), ανέλυσαν 75 φύλλα εργασίας πειραματικών δραστηριοτήτων των μεγαλύτερων τάξεων της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης πέντε ευρωπαϊκών κρατών και 90 φύλλα εργασίας πειραματικών δραστηριοτήτων της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης έξι ευρωπαϊκών κρατών. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι κύριος στόχος των περισσότερων δραστηριοτήτων (και ιδιαίτερα αυτών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης) ήταν οι μαθητές να αναγνωρίσουν ένα αντικείμενο ή ένα φαινόμενο και να εξοικειωθούν με αυτά, ενώ η κύρια δράση των μαθητών ήταν να καταγράψουν στοιχεία και παρατηρήσεις. Διαπιστώθηκε ότι δίνονταν ελάχιστες ευκαιρίες στους μαθητές να μελετήσουν σχέσεις μεταξύ των σωμάτων, να ελέγξουν μια πρόβλεψη, να επιλέξουν ανάμεσα σε δύο εξηγήσεις ή να διαπραγματευτούν μια έννοια, και κατά συνέπεια να συνδέσουν το πεδίο των αντικειμένων με το πεδίο των ιδεών. Με βάση το πλαίσιο ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκε στην παραπάνω έρευνα, ο Millar (2009) πρότεινε ένα πλαίσιο ανάλυσης που περιλαμβάνει τρεις άξονες, τους «μαθησιακούς στόχους», τη «σχεδίαση» και την «παρουσίαση» των πειραματικών δραστηριοτήτων.

Όμως, παρά τη σημασία που αποδίδεται στα φύλλα εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση των συναφών ερευνών διαπιστώνεται ότι είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που εστιάζεται στην ανάλυσή τους (Tiberghien et al, 2001). Αξίζει να επισημανθεί ότι η έρευνα αυτή εστιάζεται σε φύλλα εργασίας που προορίζονται για μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και φοιτητές, ενώ δεν εντοπίζονται αντίστοιχες έρευνες για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Αναδύεται λοιπόν η αναγκαιότητα πραγματοποίησης μιας έρευνας που να εστιάζεται στην ανάλυση των φύλλων εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων που περιλαμβάνονται στα σχολικά εγχειρίδια του δημοτικού σχολείου.

Η παρούσα εργασία επιδιώκει την ανάλυση των φύλλων εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων που περιλαμβάνονται στα σχολικά εγχειρίδια Φυσικών Επιστημών των Ε' και Στ' τάξεων του δημοτικού σχολείου για την εννοιολογική περιοχή της θερμότητας. Η ανάλυση αυτών των φύλλων εργασίας επικεντρώνεται στους μαθησιακούς στόχους που επιδιώκουν και σε πτυχές που αφορούν στη σχεδίαση και την παρουσίαση των πειραματικών δραστηριοτήτων.

Μεθοδολογία

Ερευνητική διαδικασία και Δείγμα

Η ερευνητική διαδικασία οργανώθηκε σε τρεις φάσεις. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε συγκέντρωση των πειραματικών δραστηριοτήτων (και συγκεκριμένα των φύλλων εργασίας τους) που περιλαμβάνονται στα σχολικά εγχειρίδια Φυσικών Επιστημών των Ε' και Στ' τάξεων του δημοτικού σχολείου για την εννοιολογική περιοχή της θερμότητας. Κατά τη δεύτερη φάση, διαμορφώθηκε το εργαλείο ανάλυσης των πειραματικών δραστηριοτήτων. Στη τρίτη φάση πραγματοποιήθηκε η ανάλυση των φύλλων εργασίας, η επεξεργασία των δεδομένων και η εξαγωγή των συμπερασμάτων.

Στην εργασία αυτή αναλύθηκαν τα τμήματα των σχολικών εγχειριδίων που αναφέρονται σε πειραματικές δραστηριότητες. Κάθε φύλλο εργασίας μιας πειραματικής δραστηριότητας θεωρήθηκε ως μονάδα ανάλυσης. Το δείγμα της παρούσας έρευνας αποτέλεσαν τα φύλλα εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων, τα οποία εντοπίστηκαν στα σχολικά εγχειρίδια των Φυσικών Επιστημών των Ε' και Στ' τάξεων του δημοτικού σχολείου για την εννοιολογική περιοχή της θερμότητας. Ειδικότερα, εντοπίστηκαν 19 φύλλα εργασίας πειραματικών δραστηριοτήτων από τα οποία τα 13 απευθύνονται στη Ε' τάξη και τα 6 στη Στ' τάξη.

Εργαλείο ανάλυσης

Ως εργαλείο ανάλυσης των φύλλων εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε το πλαίσιο ανάλυσης πειραματικών δραστηριοτήτων που έχει προταθεί από

τον Millar (2009). Σύμφωνα με αυτό, κάθε φύλλο εργασίας μιας πειραματικής δραστηριότητας αναλύεται ως προς τρεις άξονες. Ο πρώτος αναφέρεται στους μαθησιακούς στόχους (ή στα επιδιωκόμενα μαθησιακά αποτελέσματα) των πειραματικών δραστηριοτήτων, ο δεύτερος αφορά στη σχεδίαση των πειραματικών δραστηριοτήτων και ο τρίτος άξονας επικεντρώνεται στον τρόπο παρουσίασής τους.

Αναφορικά με τον πρώτο άξονα (στόχοι), στο εργαλείο ανάλυσης περιλαμβάνονται τρεις κύριοι στόχοι. Με τον πρώτο κύριο στόχο συνδέονται οι πειραματικές δραστηριότητες όταν μέσω αυτών επιδιώκεται οι μαθητές να βελτιώσουν τις γνώσεις τους και την κατανόησή τους για θέματα που αφορούν στο φυσικό κόσμο. Με το δεύτερο κύριο στόχο συνδέονται οι πειραματικές δραστηριότητες όταν μέσω αυτών επιδιώκεται οι μαθητές να μάθουν πώς να χρησιμοποιούν ένα εργαστηριακό όργανο, μια πειραματική διάταξη, ένα εργαστηριακό υλικό ή να ακολουθούν μια πειραματική διαδικασία. Με τον τρίτο κύριο στόχο συνδέονται οι πειραματικές δραστηριότητες όταν μέσω αυτών επιδιώκεται οι μαθητές να βελτιώσουν την κατανόησή τους για θέματα που αφορούν στις επιστημονικές διαδικασίες. Κάθε κύριος στόχος εξειδικεύεται σε επιμέρους στόχους. Για παράδειγμα, ο πρώτος κύριος στόχος συνδέεται με τρεις επιμέρους στόχους που σχετίζονται με την ανάκληση χαρακτηριστικών των αντικειμένων ή των υλικών που έχουν παρατηρηθεί, την αναγνώριση «μοτίβων» (ομοιοτήτων, διαφορών, τάσεων ή σχέσεων) στις παρατηρήσεις και την κατανόηση εννοιών, μοντέλων ή θεωριών. Στο εργαλείο ανάλυσης για κάθε πειραματική δραστηριότητα, αρχικά επιλέγεται ένας κύριος στόχος και στη συνέχεια επιλέγεται ένας επιμέρους στόχος.

Ο δεύτερος άξονας του εργαλείου ανάλυσης (σχεδίαση) περιλαμβάνει πέντε επιμέρους διαστάσεις. Αυτές σχετίζονται με το βαθμό στον οποίο η πειραματική δραστηριότητα είναι «ανοικτή» ή «κλειστή», τη λογική της δομής της, τη σημασία της κατανόησης των επιστημονικών ιδεών για την εκτέλεσή της, το τι οφείλουν να κάνουν οι μαθητές με τα αντικείμενα και τα υλικά και το τι οφείλουν να κάνουν οι μαθητές με τις ιδέες. Κάθε διάσταση εξειδικεύεται σε επιμέρους διαστάσεις. Σύμφωνα με το εργαλείο ανάλυσης, επιλέγονται για κάθε διάσταση οι επιμέρους διαστάσεις που σχετίζονται με την πειραματική δραστηριότητα.

Ο τρίτος άξονας του εργαλείου ανάλυσης του Millar (2009) εστιάζει στον τρόπο παρουσίασης της πειραματικής δραστηριότητας από τον εκπαιδευτικό. Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας έγινε μια τροποποίησή του ώστε ο άξονας αυτός να εστιάζει στον τρόπο παρουσίασης της δραστηριότητας από τους συγγραφείς του εγχειριδίου. Πιο συγκεκριμένα, ο τρίτος άξονας περιλαμβάνει πέντε διαστάσεις που σχετίζονται με την κοινοποίηση του σκοπού συγκρότησης της πειραματικής δραστηριότητας στους μαθητές, τον τρόπο παρουσίασης των οδηγιών που αφορούν στην εκτέλεση της πειραματικής δραστηριότητας στους μαθητές, την ύπαρξη ερωτήσεων που επιχειρούν να προάγουν τη συζήτηση ανάμεσα στον εκπαιδευτικό και στους μαθητές πριν την εκτέλεση και μετά την εκτέλεση της πειραματικής δραστηριότητας, καθώς επίσης και με το τρόπο καταχώρησης από τους μαθητές των στοιχείων (παρατηρήσεων, μετρήσεων, συμπερασμάτων) της πειραματικής δραστηριότητας. Κάθε διάσταση εξειδικεύεται σε επιμέρους διαστάσεις. Στο εργαλείο ανάλυσης για κάθε πειραματική δραστηριότητα, επιλέγεται μια επιμέρους διάσταση για κάθε κύρια διάσταση που έχει αναφερθεί.

Πέραν των παραπάνω τριών αξόνων, το εργαλείο ανάλυσης περιλαμβάνει και ένα τέταρτο άξονα που απορρέει από τους τρεις πρώτους άξονες και αφορά στη μαθησιακή απαίτηση της πειραματικής δραστηριότητας.

Ανάλυση δεδομένων

Με βάση το εργαλείο ανάλυσης, αναλύθηκαν τα 19 φύλλα εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων. Προσδιορίστηκαν οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των διαστάσεων του εργαλείου ανάλυσης για τις πειραματικές δραστηριότητες που αναλύθηκαν ανά τάξη και συνολικά.

Στην εργασία αυτή εξετάστηκαν δύο είδη αξιοπιστίας σχετικά με την εφαρμογή του εργαλείου ανάλυσης στις πειραματικές δραστηριότητες. Πρόκειται για τη διαβαθμολογική και την ενδοβαθμολογική αξιοπιστία. Αναφορικά με τη διαβαθμολογική αξιοπιστία, τέσσερις εκπαιδευτικοί ανέλυσαν τρία φύλλα εργασίας πειραματικών δραστηριοτήτων της Ε΄ τάξης και δύο φύλλα εργασίας της Στ΄ τάξης. Οι εκπαιδευτικοί αυτοί είχαν προετοιμαστεί από τους ερευνητές, αφού τους παρουσιάστηκε το εργαλείο ανάλυσης και έγιναν υποδειγματικές αναλύσεις δύο φύλλων εργασίας (διαφορετικών από αυτά που ανέλυσαν). Οι εκπαιδευτικοί έχοντας τα φύλλα εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων και μια φωτοτυπία του εργαλείου ανάλυσης, ανέλυσαν τις πειραματικές δραστηριότητες που τους προτάθηκαν. Συγκρίθηκαν οι αναλύσεις των εκπαιδευτικών με

αυτές των ερευνητών και το ποσοστό συμφωνίας προσέγγισε το 97%. Επίσης, σχετικά με τη ενδοβαθμολογική αξιοπιστία, επιλέχθηκαν τρία φύλλα εργασίας πειραματικών δραστηριοτήτων της Ε΄ τάξης και δύο φύλλα εργασίας της Στ΄ τάξης τα οποία αναλύθηκαν από τους ερευνητές πριν και μετά από δύο εβδομάδες και συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα των αναλύσεων. Η συμφωνία ανάμεσα στις δύο αυτές αναλύσεις προσέγγισε το 99%.

Αποτελέσματα

Μαθησιακοί στόχοι πειραματικών δραστηριοτήτων

Αναφορικά με τον κύριο στόχο των πειραματικών δραστηριοτήτων, από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι οι πειραματικές δραστηριότητες που αναλύθηκαν αποσκοπούσαν κυρίως στο να βελτιώσουν οι μαθητές τις γνώσεις τους και την κατανόησή τους για θέματα που αφορούν στο φυσικό κόσμο. Δεν εντοπίστηκαν πειραματικές δραστηριότητες που να έχουν ως κύριο στόχο την εκμάθηση της χρήσης οργάνων και υλικών ή τη βελτίωση της κατανόησης ζητημάτων που αφορούν στις επιστημονικές διαδικασίες.

Πίνακας 1. Οι επιμέρους στόχοι των πειραματικών δραστηριοτήτων: συχνότητες (f & f%)

| Επιμέρους στόχοι | Ε΄ τάξη | | Στ΄ τάξη | | Σύνολο | |
|--|---------|------|----------|------|--------|------|
| | f | f% | f | f% | f | f% |
| A1. Οι μαθητές επιδιώκεται να μπορούν να ανακαλέσουν ένα χαρακτηριστικό ενός αντικειμένου, ενός υλικού ή ενός γεγονότος το οποίο έχουν παρατηρήσει | 4 | 30,8 | 2 | 33,3 | 6 | 31,6 |
| A2. Οι μαθητές επιδιώκεται να μπορούν να ανακαλέσουν ένα «μοτίβο» (ομοιότητα, διαφορά, ...) στις παρατηρήσεις τους | 5 | 38,4 | 4 | 66,7 | 9 | 47,4 |
| A3. Οι μαθητές επιδιώκεται να έχουν βελτιώσει την κατανόησή τους για μια επιστημονική ιδέα, μια έννοια, μια εξήγηση, ένα μοντέλο ή μια θεωρία | 4 | 30,8 | 0 | 0,0 | 4 | 21,0 |

Για τους επιμέρους στόχους των πειραματικών δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τον πρώτο κύριο στόχο, διαπιστώθηκε (βλ. Πίνακας 1) ότι οι περισσότερες δραστηριότητες σχετίζονται με την αναγνώριση «μοτίβων» (ομοιοτήτων, διαφορών, τάσεων ή σχέσεων) στις παρατηρήσεις (47,4%). Είναι μικρότερα τα ποσοστά των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την ανάκληση χαρακτηριστικών αντικειμένων ή υλικών (31,6%) και με την κατανόηση επιστημονικών ιδεών ή θεωριών (21%). Επίσης, ενώ οι πειραματικές δραστηριότητες της Ε΄ τάξης σχεδόν κατανέμονται ισομερώς στους τρεις επιμέρους στόχους, οι περισσότερες πειραματικές δραστηριότητες της Στ΄ τάξης σχετίζονται με την αναγνώριση «μοτίβων» στις παρατηρήσεις. Επισημαίνεται, ότι δεν εντοπίστηκαν πειραματικές δραστηριότητες της Στ΄ τάξης που να σχετίζονται με την κατανόηση επιστημονικών ιδεών ή θεωριών.

Σχεδίαση πειραματικών δραστηριοτήτων

Αναφορικά με το βαθμό στον οποίο η πειραματική δραστηριότητα είναι «ανοικτή» ή «κλειστή», από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι σε κάθε πειραματική δραστηριότητα παρέχονται ερωτήσεις και λεπτομερείς οδηγίες για την εκτέλεσή της. Πρόκειται δηλαδή για «κλειστού» τύπου πειραματικές δραστηριότητες. Απουσιάζουν πειραματικές δραστηριότητες στις οποίες οι μαθητές να επιλέγουν την πορεία που θα ακολουθηθεί ή το ερώτημα που θα διερευνηθεί.

Σχετικά με τη λογική που διέπει τη δομή των πειραματικών δραστηριοτήτων προέκυψε ότι αρχικά απαιτείται η συλλογή των δεδομένων και στη συνέχεια επεξεργασία τους ώστε να εξαχθεί ένα συμπέρασμα. Δεν εντοπίστηκαν δραστηριότητες στις οποίες να γίνεται χρήση των ιδεών των μαθητών για τη διατύπωση μιας ερώτησης ή μιας πρόβλεψης και στη συνέχεια, συλλογή των δεδομένων προκειμένου να πραγματοποιηθεί μια διερεύνηση ή ένας έλεγχος.

Πίνακας 2. Σημασία των επιστημονικών ιδεών για την εκτέλεση των πειραματικών δραστηριοτήτων: συχνότητες (f & f%)

| Σημασία των επιστημονικών ιδεών | Ε΄ τάξη | | Στ΄ τάξη | | Σύνολο | |
|---------------------------------|---------|----|----------|----|--------|----|
| | f | f% | f | f% | f | f% |

| | | | | | | |
|----------------------|---|------|---|-------|----|------|
| 4=ουσιαστική | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| 3=αρκετά σημαντική | 4 | 30,8 | 0 | 0,0 | 4 | 20,1 |
| 2=όχι πολύ σημαντική | 9 | 69,2 | 6 | 100,0 | 15 | 78,9 |
| 1=ασήμαντη | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |

Αναφορικά με τη σημασία της κατανόησης των επιστημονικών ιδεών από την πλευρά των μαθητών για την εκτέλεση των πειραματικών δραστηριοτήτων προέκυψε (βλ. Πίνακας 2) ότι για τις περισσότερες δραστηριότητες δεν θεωρείται πολύ σημαντική (78,9%), ενώ είναι αρκετά μικρότερο το ποσοστό των δραστηριοτήτων που θεωρείται αρκετά σημαντική (20,1%). Επιπλέον, ενώ για τις πειραματικές δραστηριότητες της Ε΄ τάξης η σημασία των επιστημονικών ιδεών για την εκτέλεσή τους θεωρείται όχι πολύ σημαντική σε ποσοστό 69,2%, για το σύνολο των δραστηριοτήτων που απευθύνονται στη Στ΄ τάξη θεωρείται όχι πολύ σημαντική. Επισημαίνεται, ότι δεν εντοπίστηκαν πειραματικές δραστηριότητες όπου η σημασία των επιστημονικών ιδεών για την εκτέλεσή τους να θεωρείται ουσιαστική.

Πίνακας 3. Ενέργειες των μαθητών με τα αντικείμενα και τα υλικά: συχνότητες (f & f%)

| Τι πρέπει να κάνουν οι μαθητές με τα αντικείμενα και τα υλικά | Ε΄ τάξη | | Στ΄ τάξη | | Σύνολο | |
|--|---------|------|----------|-----|--------|------|
| | f | f% | f | f% | f | f% |
| Να χρησιμοποιήσουν ένα όργανο | 7 | 53,8 | 0 | 0,0 | 7 | 36,8 |
| Να εκτελέσουν μια τυποποιημένη πρακτική διαδικασία | 12 | 92,3 | 6 | 100 | 18 | 94,7 |
| Να παρουσιάσουν ένα αντικείμενο ή υλικό | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Να κάνουν μια διάταξη | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Να παρασκευάσουν δείγμα ενός υλικού ή μιας ουσίας | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Να κάνουν να συμβεί ένα φαινόμενο | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Να παρατηρήσουν μια συγκεκριμένη πτυχή ενός αντικειμένου, υλικού ή γεγονότος | 11 | 84,6 | 6 | 100 | 17 | 89,5 |
| Να μετρήσουν μια ποσότητα | 6 | 46,2 | 0 | 0,0 | 6 | 31,6 |

Για τις ενέργειες που οφείλουν να κάνουν οι μαθητές με τα όργανα και τα υλικά κατά τη διάρκεια των πειραματικών δραστηριοτήτων διαπιστώθηκε (βλ. Πίνακας 3) ότι οι μαθητές κυρίως έπρεπε να εκτελέσουν μια τυποποιημένη πρακτική διαδικασία (94,7%) και να παρατηρήσουν μια συγκεκριμένη πτυχή ενός υλικού ή γεγονότος (89,5%). Είναι μικρότερα τα ποσοστά των δραστηριοτήτων όπου οι μαθητές έπρεπε να χρησιμοποιούν ένα όργανο (36,8%) ή να μετρούν μια ποσότητα (31,6%). Επίσης, οι μαθητές μέσω των πειραματικών δραστηριοτήτων της Στ΄ τάξης έπρεπε να εκτελέσουν μια τυποποιημένη πρακτική διαδικασία (100%) και να παρατηρήσουν μια συγκεκριμένη πτυχή ενός υλικού ή γεγονότος (100%), ενώ μέσω των δραστηριοτήτων της Ε΄ τάξης οι μαθητές επιπλέον των παραπάνω έπρεπε να μετρούν ποσότητες (46,2%), να χρησιμοποιούν όργανα (53,8%) και να προβαίνουν σε παρατηρήσεις (84,6%).

Πίνακας 4. Τι οφείλουν να κάνουν οι μαθητές με τις ιδέες: συχνότητες (f & f%)

| Τι οφείλουν να κάνουν οι μαθητές με τις ιδέες | Ε΄ τάξη | | Στ΄ τάξη | | Σύνολο | |
|--|---------|------|----------|------|--------|------|
| | f | f% | f | f% | f | f% |
| Να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους χρησιμοποιώντας επιστημονική ορολογία | 1 | 7,7 | 0 | 0,0 | 1 | 5,3 |
| Να εντοπίσουν ομοιότητες ή διαφορές | 6 | 46,2 | 3 | 50,0 | 9 | 47,4 |
| Να διερευνήσουν την επίδραση μιας συγκεκριμένης αλλαγής στο αποτέλεσμα | 1 | 7,7 | 0 | 0,0 | 1 | 5,3 |
| Να διερευνήσουν πως η εξαρτημένη μεταβλητή μεταβάλλεται με το χρόνο | 7 | 53,8 | 0 | 0,0 | 7 | 36,9 |
| Να διερευνήσουν πως μεταβάλλεται η εξαρτημένη μεταβλητή όταν μεταβάλλεται η ανεξάρτητη μεταβλητή | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Να διερευνήσουν πως μεταβάλλεται η εξαρτημένη μεταβλητή όταν μεταβάλλεται κάθε μια χωριστά από δύο (ή περισσότερες) ανεξάρτητες μεταβλητές | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Να σκεφτούν ένα τρόπο για να κάνουν μια μέτρηση ή για να προβούν σε μια | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |

| | | | | | | |
|--|---|------|---|-----|----|------|
| παρατήρηση | | | | | | |
| Να υπολογίσουν την τιμή μιας ποσότητας (όταν αυτή δεν μπορεί να μετρηθεί άμεσα) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Να κάνουν ή/και να ελέγξουν μια πρόβλεψη | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Να αποφασίσουν αν μια δοθείσα εξήγηση εφαρμόζεται για τη συγκεκριμένη κατάσταση που παρατηρείται | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Να επιλέξουν ποια από δύο ή περισσότερες δοσμένες εξηγήσεις, ταιριάζουν καλύτερα στα δεδομένα | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Να προτείνουν μια πιθανή εξήγηση για τα δεδομένα | 8 | 61,5 | 6 | 100 | 14 | 73,7 |

Σε ό,τι αφορά στο τι οφείλουν να κάνουν οι μαθητές με τις ιδέες κατά την εκτέλεση των πειραματικών δραστηριοτήτων, διαπιστώθηκε (βλ. Πίνακας 4) ότι στις περισσότερες δραστηριότητες οι μαθητές έπρεπε να προτείνουν μια πιθανή εξήγηση για τα δεδομένα (73,7%), να εντοπίσουν ομοιότητες ή διαφορές (47,4%) και να διερευνήσουν τη μεταβολή μιας μεταβλητής με το πέρασμα του χρόνου (36,9%). Ήταν συγκριτικά λιγότερες οι δραστηριότητες στις οποίες οι μαθητές όφειλαν να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους χρησιμοποιώντας επιστημονική ορολογία ή να διερευνήσουν την επίδραση μιας συγκεκριμένης αλλαγής στο πειραματικό αποτέλεσμα. Επίσης, ενώ στις πειραματικές δραστηριότητες της Ε΄ τάξης οι μαθητές έπρεπε να προτείνουν πιθανές εξηγήσεις (61,5%), να διερευνήσουν τη μεταβολή μιας μεταβλητής με το πέρασμα του χρόνου (53,8%), να εντοπίσουν ομοιότητες ή διαφορές (50%), να προβούν σε παρατηρήσεις (7,7%) και να διερευνήσουν την επίδραση μιας αλλαγής στο πειραματικό αποτέλεσμα (7,7%), στις πειραματικές δραστηριότητες της Στ΄ τάξης οι μαθητές εστιάζονταν μόνο σε δύο ενέργειες, να προτείνουν πιθανές εξηγήσεις (100%) και να εντοπίσουν ομοιότητες ή διαφορές (50%).

Παρουσίαση πειραματικών δραστηριοτήτων

Σχετικά με τον τρόπο κοινοποίησης στους μαθητές του σκοπού ή του λόγου για το οποίο συγκροτήθηκε η πειραματική δραστηριότητα προέκυψε (βλ. Πίνακας 5) ότι σχεδόν στις μισές πειραματικές δραστηριότητες ο σκοπός τους εξηγείται από τους συγγραφείς και γίνονται σαφείς οι συνδέσεις τους με την προηγούμενη εργασία (52,6%), ενώ οι υπόλοιπες δραστηριότητες προτείνονται από τους συγγραφείς και δεν γίνονται σαφείς οι συνδέσεις τους με την προηγούμενη εργασία (47,4%). Δεν εντοπίζονται πειραματικές δραστηριότητες οι οποίες να προτείνονται και να καθορίζονται από τους μαθητές μετά από συζήτηση ή στις οποίες μέσω ερωτήσεων επιδιώκεται η συζήτηση ανάμεσα στον εκπαιδευτικό και στους μαθητές, ώστε οι μαθητές να αντιληφθούν το σκοπό της δραστηριότητας. Από τη συγκριτική μελέτη των πειραματικών δραστηριοτήτων των δύο τάξεων διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στον τρόπο κοινοποίησης στους μαθητές του σκοπού ή του λόγου για το οποίο συγκροτήθηκε η πειραματική δραστηριότητα.

Πίνακας 5. Τρόπος κοινοποίησης στους μαθητές του σκοπού ή του λόγου για το οποίο συγκροτήθηκε η πειραματική δραστηριότητα: συχνότητες (f & f%)

| Κοινοποίηση στους μαθητές του σκοπού συγκρότησης της πειραματικής δραστηριότητας | Ε΄ τάξη | | Στ΄ τάξη | | Σύνολο | |
|---|---------|------|----------|------|--------|------|
| | f | f% | f | f% | f | f% |
| Η δραστηριότητα προτείνεται από τους συγγραφείς και δεν γίνονται σαφείς οι συνδέσεις της με την προηγούμενη εργασία | 6 | 46,2 | 3 | 50,0 | 9 | 47,4 |
| Ο σκοπός της δραστηριότητας εξηγείται από τους συγγραφείς και γίνονται σαφείς οι συνδέσεις της με την προηγούμενη εργασία | 7 | 53,8 | 3 | 50,0 | 10 | 52,6 |
| Μέσω ερωτήσεων επιδιώκεται η συζήτηση ανάμεσα στον εκπαιδευτικό και στους μαθητές, ώστε οι μαθητές να αντιληφθούν το σκοπό της δραστηριότητας | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Ο σκοπός της δραστηριότητας είναι άμεσα εμφανής στους μαθητές και προκύπτει από προηγούμενη εργασία | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Η δραστηριότητα προτείνεται και καθορίζεται από τους μαθητές μετά από συζήτηση | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |

Αναφορικά με τον τρόπο παρουσίασης των οδηγιών που αφορούν στην εκτέλεση της πειραματικής δραστηριότητας στους μαθητές, προέκυψε ότι σε όλες τις πειραματικές δραστηριότητες οι οδηγίες προς τους μαθητές παρέχονται μέσω ενός φύλλου εργασίας.

Πίνακας 6. Ερωτήσεις που προάγουν τη συζήτηση ανάμεσα στον εκπαιδευτικό και στους μαθητές πριν την εκτέλεση της πειραματικής δραστηριότητας: συχνότητες (f & f%)

| Υπαρξη ερωτήσεων που προάγουν τη συζήτηση πριν την εκτέλεση της δραστηριότητας | Ε΄ τάξη | | Στ΄ τάξη | | Σύνολο | |
|--|---------|-------|----------|------|--------|------|
| | f | f% | f | f% | f | f% |
| Καμιά | 13 | 100,0 | 5 | 83,3 | 18 | 94,7 |
| Για τον εξοπλισμό και τις διαδικασίες που θα χρησιμοποιηθούν | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Για τις ιδέες, τις έννοιες, τις θεωρίες, τα μοντέλα | 0 | 0,0 | 1 | 16,7 | 1 | 5,3 |
| Για τις πτυχές της επιστημονικής έρευνας | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |

Σχετικά με την ύπαρξη ερωτήσεων που επιχειρούν να προάγουν τη συζήτηση ανάμεσα στον εκπαιδευτικό και στους μαθητές πριν την εκτέλεση της δραστηριότητας διαπιστώθηκε (βλ. Πίνακας 6) ότι σχεδόν σε όλες τις πειραματικές δραστηριότητες δεν υπήρχε καμία τέτοια ερώτηση. Ήταν ελάχιστες οι πειραματικές δραστηριότητες (αποκλειστικά της Στ΄ τάξης) στις οποίες υπήρχαν ερωτήσεις σχετικές με ιδέες, έννοιες, θεωρίες και μοντέλα που συνδέονται με την πειραματική δραστηριότητα (16.7%).

Σε ό,τι αφορά στην ύπαρξη ερωτήσεων που επιχειρούν να προάγουν τη συζήτηση ανάμεσα στον εκπαιδευτικό και στους μαθητές μετά την εκτέλεση της δραστηριότητας προέκυψε (βλ. Πίνακας 7) ότι σχεδόν στις μισές δραστηριότητες υπήρχαν ερωτήσεις που επικεντρώνονταν στην επιβεβαίωση αυτών που έχουν παρατηρήσει οι μαθητές (52,6%), ενώ είναι σημαντικό το ποσοστό των δραστηριοτήτων στις οποίες δεν υπήρχαν τέτοιες ερωτήσεις (42,1%). Δεν εντοπίζονται πειραματικές δραστηριότητες στις οποίες να υπάρχουν ερωτήσεις για τις πτυχές του σχεδιασμού της έρευνας, της ποιότητας των δεδομένων, της αξιοπιστίας των συμπερασμάτων. Επίσης, ενώ σχεδόν στις μισές δραστηριότητες της Ε΄ τάξης δεν υπήρχαν ερωτήσεις (53,8%), είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό των δραστηριοτήτων της Στ΄ τάξης στις οποίες δεν υπήρχαν ερωτήσεις (16,7%).

Πίνακας 7. Ερωτήσεις που επιχειρούν να προάγουν τη συζήτηση ανάμεσα στον εκπαιδευτικό και στους μαθητές μετά την εκτέλεση της δραστηριότητας: συχνότητες (f & f%)

| Υπαρξη ερωτήσεων που προάγουν τη συζήτηση μετά την εκτέλεση της δραστηριότητας | Ε΄ τάξη | | Στ΄ τάξη | | Σύνολο | |
|---|---------|------|----------|------|--------|------|
| | f | f% | f | f% | f | f% |
| Καμιά | 7 | 53,8 | 1 | 16,7 | 8 | 42,1 |
| Για την επιβεβαίωση του «τι έχουμε δει» | 6 | 46,2 | 4 | 66,6 | 10 | 52,6 |
| Για την ερμηνεία των παρατηρήσεων και για την ανάπτυξη των εννοιολογικών ιδεών | 0 | 0,0 | 1 | 16,7 | 1 | 5,3 |
| Για τις πτυχές του σχεδιασμού της έρευνας, της ποιότητας των δεδομένων, της αξιοπιστίας των συμπερασμάτων | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |

Επιπρόσθετα, για τον τρόπο καταχώρησης των στοιχείων (παρατηρήσεων, μετρήσεων, συμπερασμάτων) των πειραματικών δραστηριοτήτων από τους μαθητές προέκυψε ότι αυτά καταχωρούνται σε φύλλο εργασίας. Δεν εντοπίστηκαν πειραματικές δραστηριότητες όπου η καταχώρηση των στοιχείων τους γινόταν με γραπτή αναφορά είτε με μορφή που καθορίζεται από το δημιουργό της δραστηριότητας είτε με μορφή που καθορίζεται από το μαθητή.

Μαθησιακή απαίτηση πειραματικών δραστηριοτήτων

Σχετικά με τη μαθησιακή απαίτηση των πειραματικών δραστηριοτήτων προέκυψε (βλ. Πίνακας 8) ότι οι περισσότερες δραστηριότητες έχουν αρκετά χαμηλή (47,4%), μέτρια υψηλή (31,6%) και πολύ χαμηλή (15,8%) μαθησιακή απαίτηση. Είναι ιδιαίτερα περιορισμένο το ποσοστό των δραστηριοτήτων που η μαθησιακή τους απαίτηση κρίνεται αρκετά υψηλή (5,3%), ενώ δεν υπάρχουν πειραματικές

δραστηριότητες των οποίων η μαθησιακή απαίτηση να είναι πολύ υψηλή. Από τη συγκριτική μελέτη των πειραματικών δραστηριοτήτων των δύο τάξεων προκύπτει ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις ως προς τις μαθησιακές απαιτήσεις τους.

Πίνακας 8. Μαθησιακή απαίτηση πειραματικών δραστηριοτήτων: συχνότητες (f & f%)

| Μαθησιακή απαίτηση πειραματικών δραστηριοτήτων | Ε΄ τάξη | | Στ΄ τάξη | | Σύνολο | |
|--|---------|------|----------|------|--------|------|
| | f | f% | f | f% | f | f% |
| 5=πολύ υψηλή | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| 4=αρκετά υψηλή | 1 | 7,7 | 0 | 0,0 | 1 | 5,3 |
| 3=μέτρια υψηλή | 4 | 30,8 | 2 | 33,3 | 6 | 31,6 |
| 2=αρκετά χαμηλή | 5 | 38,5 | 4 | 66,7 | 9 | 47,4 |
| 1=πολύ χαμηλή | 3 | 23,0 | 0 | 0,0 | 3 | 15,8 |

Συμπεράσματα

Αναφορικά με τους μαθησιακούς στόχους των πειραματικών δραστηριοτήτων που αναλύθηκαν, διαπιστώθηκε ότι όλες οι δραστηριότητες είχαν ως κύριο στόχο οι μαθητές να βελτιώσουν τις γνώσεις τους για θέματα που αφορούν στο φυσικό κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, οι περισσότερες πειραματικές δραστηριότητες (σχεδόν οκτώ στις δέκα) είχαν ως επιμέρους στόχους οι μαθητές να μπορούν να επαναφέρουν στη μνήμη τους είτε χαρακτηριστικά των σωμάτων ή γεγονότων που παρατήρησαν είτε ομοιότητες, διαφορές ή τάσεις στις παρατηρήσεις τους. Συνεπώς, οι περισσότερες δραστηριότητες είχαν στόχους χαμηλής μαθησιακής απαίτησης (Millar, 2009). Ήταν περιορισμένος ο αριθμός των δραστηριοτήτων (σχεδόν δύο στις δέκα) που είχαν ως επιμέρους στόχους οι μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα μια ιδέα, ένα μοντέλο ή μια έννοια (στόχοι υψηλής μαθησιακής απαίτησης). Η παραπάνω διαπίστωση μπορεί να αποδοθεί στο ότι αυτές οι δραστηριότητες προορίζονται για μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης που δεν είναι εξοικειωμένοι με την πραγματοποίηση απαιτητικών πειραματικών δραστηριοτήτων. Ωστόσο, αξίζει να επισημανθεί ότι οι δραστηριότητες που είχαν ως επιμέρους στόχους οι μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα μια ιδέα, ένα μοντέλο ή μια έννοια προορίζονταν για μαθητές της Ε΄ τάξης, ενώ δεν υπάρχουν τέτοιες δραστηριότητες για μαθητές της Στ΄ τάξης. Επίσης, δεν εντοπίστηκαν πειραματικές δραστηριότητες που να έχουν ως κύριο στόχο οι μαθητές να βελτιώσουν τη κατανόησή τους σε ζητήματα που αφορούν στις επιστημονικές διαδικασίες. Τα τελευταία χρόνια υποστηρίζεται ότι η εμπλοκή των μαθητών με επιστημονικές πρακτικές μπορεί να τους βοηθήσει να κατανοήσουν τη διαδικασία ανάπτυξης της επιστημονικής γνώσης, να οικοδομήσουν βασικές ιδέες και έννοιες των Φυσικών Επιστημών, να προκαλέσει την περιέργεια και το ενδιαφέρον τους και να τους παρακινήσει σε περαιτέρω έρευνα (NRC, 2012).

Σχετικά με τη σχεδίαση των πειραματικών δραστηριοτήτων που αναλύθηκαν, προέκυψε ότι οι δραστηριότητες είναι «κλειστού» τύπου, αφού δεν παρέχουν ευκαιρίες στους μαθητές να επιλέξουν την πορεία που θα ακολουθηθεί ή το ερώτημα που θα διερευνηθεί. Αυτού του τύπου οι πειραματικές δραστηριότητες έχουν δεχθεί κριτική και συνήθως δεν χαρακτηρίζονται ως αποτελεσματικές, αφού οι μαθητές επικεντρώνονται στην πραγματοποίηση της δραστηριότητας ακολουθώντας τις οδηγίες «μηχανικά» και χωρίς ιδιαίτερη σκέψη (Millar, 2009). Σε ό,τι αφορά το βαθμό στον οποίο οι πειραματικές δραστηριότητες είναι επικεντρωμένες στα δεδομένα ή στις ιδέες, προέκυψε ότι σε όλες τις δραστηριότητες απαιτείται η συλλογή των δεδομένων και στη συνέχεια επεξεργασία τους ώστε να εξαχθεί ένα συμπέρασμα. Δεν εντοπίστηκαν δραστηριότητες στις οποίες να γίνεται χρήση των ιδεών των μαθητών για τη διατύπωση μιας ερώτησης ή μιας πρόβλεψης και στη συνέχεια, συλλογή των δεδομένων μέσω διερεύνησης. Όμως, έχει επισημανθεί ότι οι δραστηριότητες αυτές έχουν αυξημένες πιθανότητες να βοηθήσουν τους μαθητές να συνδέσουν τις ιδέες με τη πράξη (Millar, 2009). Επίσης, για τις περισσότερες δραστηριότητες που αναλύθηκαν προέκυψε ότι η σημασία της κατανόησης των επιστημονικών ιδεών από την πλευρά των μαθητών δεν θεωρείται πολύ σημαντική για την απρόσκοπτη εκτέλεσή τους. Σχετικά με τις ενέργειες που οφείλουν να κάνουν οι μαθητές με τα όργανα και τα υλικά διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές έπρεπε να εκτελέσουν μια τυποποιημένη πρακτική διαδικασία και να παρατηρήσουν μια συγκεκριμένη πτυχή ενός υλικού ή γεγονότος. Σε ό,τι αφορά στο τι οφείλουν να κάνουν οι μαθητές με τις ιδέες κατά την εκτέλεση των πειραματικών δραστηριοτήτων, διαπιστώθηκε ότι στις περισσότερες δραστηριότητες οι μαθητές έπρεπε να προτείνουν μια πιθανή εξήγηση για τα δεδομένα ή να εντοπίσουν ομοιότητες ή διαφορές. Όμως, δεν εντοπίστηκαν δραστηριότητες όπου οι μαθητές θα έπρεπε αποφασίσουν αν μια δοθείσα εξήγηση

εφαρμόζεται για τη συγκεκριμένη κατάσταση ή να επιλέξουν ποια από δύο ή περισσότερες εξηγήσεις συνάδει με τα δεδομένα και να επιχειρηματολογήσουν για την επιλογή τους. Ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι οι πειραματικές δραστηριότητες που παρέχουν ευκαιρίες στους μαθητές να εμπλακούν με διαδικασίες παραγωγής και αξιολόγησης επιχειρημάτων μπορούν να συνεισφέρουν στην κατανόηση των ιδεών των Φυσικών Επιστημών (Asterhan & Schwarz, 2009; Skoumios, 2009).

Σχετικά με την παρουσίαση των πειραματικών δραστηριοτήτων από τους συγγραφείς τους, προέκυψε ότι οι οδηγίες προς τους μαθητές παρέχονται μέσω ενός φύλλου εργασίας και σχεδόν στις μισές δραστηριότητες ο σκοπός τους εξηγείται από τους συγγραφείς, ενώ στις υπόλοιπες δραστηριότητες δεν γίνονται σαφείς οι συνδέσεις τους με την προηγούμενη εργασία. Επίσης, προέκυψε ότι σχεδόν στις μισές δραστηριότητες δεν υπήρχαν ερωτήσεις πριν και μετά την πραγματοποίησή τους. Δεν εντοπίζονται πειραματικές δραστηριότητες στις οποίες να υπάρχουν ερωτήσεις για τις πτυχές του σχεδιασμού της έρευνας, της ποιότητας των δεδομένων και της αξιοπιστίας των συμπερασμάτων. Οι παραπάνω διαπιστώσεις συνάδουν με τα αποτελέσματα της εργασίας των Abrahams και Millar (2008). Στην εργασία αυτή προέκυψε ότι αυτού του είδους οι πειραματικές δραστηριότητες είναι γενικά αποτελεσματικές στο να καθιστούν ικανούς τους μαθητές να πραγματοποιούν αυτά που πρέπει να κάνουν με τα φυσικά αντικείμενα, αλλά είναι πολύ λιγότερο αποτελεσματικές στο να καθιστούν ικανούς τους μαθητές να χρησιμοποιούν τις επιστημονικές ιδέες και να αναστοχάζονται πάνω στα δεδομένα που έχουν συλλέξει.

Στην έρευνα αυτή αναλύθηκε ένας μικρός αριθμός φύλλων εργασίας που αφορούν στην εννοιολογική περιοχή της θερμότητας. Προκειμένου να σχηματιστεί μια πληρέστερη εικόνα των πειραματικών δραστηριοτήτων των σχολικών εγχειριδίων είναι αναγκαίο να αναλυθεί το σύνολό τους. Επίσης, η παρούσα εργασία επικεντρώθηκε στην ανάλυση των φύλλων εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων και όχι στην εφαρμογή τους στο σχολικό πλαίσιο. Απαιτείται περαιτέρω έρευνα προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση των πειραματικών δραστηριοτήτων στο σχολικό πλαίσιο και οι αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στους μαθητές και τον εκπαιδευτικό.

Αναφορές

- Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969.
- Asterhan, C. S. C., & Schwarz, B. B. (2009). Transformation of robust misconceptions through peer argumentation. In: B. B. Schwarz, T. Dreyfus, & R. Hershkowitz (Eds.) *Transformation of Knowledge through Classroom Interaction* (pp. 159-172). New York, NY: Routledge, Advances in Learning & Instruction series.
- Berry, A., Mulhall, P., Gunstone, R., & Loughran, J. (1999). Helping students learn from laboratory work. *Australian Science Teachers Journal*, 45, 27-31.
- Ganiel, U., & Hostein, A. (1982). Objective and continuous assessment of student performance in the physics laboratory. *Science Education*, 66(4), 581-591.
- Giddings, G., Holfstein, A., & Lunetta, V.L. (1991). Assessment and evaluation in the science laboratory. In B.E. Woolnought (Ed.), *Practical science* (pp. 167-178). Milton Keynes: Open University Press.
- Hodson, D. (1991). Practical work in science: Time for a reappraisal. *Studies in Science Education*, 19, 175-184.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis M., & Naaman-Mamlök., R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 791-806.
- Högström, P., Ottander, C., & Benckert, S. (2010). Labwork and learning in secondary school chemistry: The importance of teacher and student interaction. *Research in Science Education*, 40, 505-523.
- Holfstein, A., & Lunetta, V.N. (2004). The laboratory in science education: Foundation for the 21st century. *Science Education*, 88, 28-54.
- Holfstein, A., Lunetta, V.N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52, 201-217.
- Hucke, L. & Fischer, H. E. (2002). The link of theory and practice in traditional and in computer-based university laboratory experiments. In D. Psillos & H. Niedderer (eds.). *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 205-218). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Lazarowitz, R., Tamir, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 94-130). New York: Macmillan.
- Lunetta, V. N. (1998). The school science laboratory: Historical perspectives and context for contemporary teaching. In B. J. Fraser & K.G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education*, Part Two, 249-262.

- Lunetta, V. N., & Tamir, P. (1981). An analysis of laboratory activities: Project Physics and PSSC. *School Science and Mathematics*, 81, 635–642.
- Millar, R. (2009) *Analysing practical activities to assess and improve effectiveness: The Practical Activity Analysis Inventory (PAAI)* York: Centre for Innovation and Research in Science Education, University of York.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Osborne, J. (1993). Alternatives to practical work. *School Science Review*, 75 (271), 117–123.
- Roth, W. F., McRobbie, C., Lucas, K. B., & Boutone, S. (1997). The local production of order in traditional science laboratories: A phenomenological analysis. *Learning and Instruction*, 7, 107–136.
- Skoumios, M. (2009) The effect of sociocognitive conflict on students' dialogic argumentation about floating and sinking. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(4), 381-399.
- Tiberghien, A. (2000). Designing teaching situations in the secondary school. In R. Millar, J. Leach, & J. Osborne (Eds.), *Improving science education: The contribution of research* (pp. 27-47). Buckingham: Open University Press.
- Tiberghien, A., Veillard, L., Le Maréchal, J.F., Buty, C., & Millar, R. (2001). An analysis of labwork tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several European countries. *Science Education*, 85(5), 483-508.
- Wellington, J. (1998). Practical work in science: Time for a re-appraisal. In J. Wellington (Ed.), *Practical work in school science: Which way now?* (pp. 3–15). London: Routledge.

Οι επιστημονικές πρακτικές στις πειραματικές δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου Φυσικών Επιστημών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου

Σταύρος Τσέτσος

Δάσκαλος (MSc)

tsetsos.stavros@hotmail.com

Μιχαήλ Σκουμιάς

Επίκουρος Καθηγητής, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

skoumias@rhodes.aegean.gr

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια έχει αναγνωριστεί η σπουδαιότητα της ανάπτυξης επιστημονικών πρακτικών στους μαθητές και έχει τεθεί ως βασικός στόχος της εκπαίδευσής τους στις Φυσικές Επιστήμες. Όμως, η έρευνα που μελετά τις επιστημονικές πρακτικές που εμπλέκονται στις πειραματικές δραστηριότητες που περιλαμβάνονται στα σχολικά εγχειρίδια είναι ιδιαίτερα περιορισμένη. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάλυση των πειραματικών δραστηριοτήτων του σχολικού εγχειριδίου Φυσικών Επιστημών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου ως προς τις επιστημονικές πρακτικές που εμπλέκονται σε αυτές. Η ανάλυση των φύλλων εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια ενός πλαισίου ανάλυσης που συγκροτήθηκε και περιλαμβάνει διαστάσεις των οκτώ επιστημονικών πρακτικών που έχουν προταθεί από το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των Η.Π.Α. (NRC, 2012). Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι στα φύλλα εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων εμπλέκονται ορισμένες μόνο διαστάσεις των επιστημονικών πρακτικών, ενώ απουσιάζουν άλλες διαστάσεις τους που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην κατανόηση των ιδεών και των εννοιών των Φυσικών Επιστημών.

Λέξεις κλειδιά: πειραματικές δραστηριότητες, ανάλυση φύλλων εργασίας, μάθηση Φυσικών Επιστημών

Εισαγωγή

Η εργασία αυτή εντάσσεται στο ευρύτερο σώμα ερευνών που μελετούν τα φύλλα εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων με στόχο τη βελτίωση της αποτελεσματικότητάς τους. Ειδικότερα, εστιάζεται στην ανάλυση των πειραματικών δραστηριοτήτων που περιλαμβάνονται στο σχολικό εγχειρίδιο Φυσικών Επιστημών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου.

Είναι αναγκαία η μελέτη της αποτελεσματικότητας των πειραματικών δραστηριοτήτων αφού ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι οι πειραματικές δραστηριότητες μπορεί να συμβάλουν στην επίτευξη των στόχων της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Ειδικότερα, μπορεί να βοηθήσουν τους μαθητές να οικοδομήσουν νέα γνώση (Högström et al, 2010; Tiberghien, et al, 2001; Tobin, 1990), να αναπτύξουν δεξιότητες επιστημονικής μεθόδου (Giddings, et al, 1991; Hofstein, et al, 2005; Högström et al, 2010), δεξιότητες που αφορούν σε χειρισμό οργάνων και υλικών (Hofstein & Lunetta, 1982; Tobin, 1990) και να προάγουν θετικές στάσεις απέναντι στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών (Hofstein & Lunetta, 1982; 2004; Lazarowitz & Tamir, 1994). Όμως, έχουν εγερθεί ερωτήματα που σχετίζονται με την αποτελεσματικότητα των πειραματικών δραστηριοτήτων και την καταλληλότητα του εκπαιδευτικού υλικού που τις υποστηρίζει (Abrahams & Millar, 2008; Hodson, 1991; Hofstein & Lunetta, 2004; Osborne, 1993; Wellington, 1993). Υποστηρίζεται ότι συχνά αυτό που λαμβάνει χώρα μέσα στα εργαστήρια ή στις σχολικές τάξεις συνεισφέρει ελάχιστα στη μάθηση (Hodson, 1991) και ότι οι μαθητές περισσότερο επικεντρώνονται στην «τυπική» ολοκλήρωση της δραστηριότητας παρά στη μάθηση εννοιών (Berry et al, 1999).

Ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης των πειραματικών δραστηριοτήτων ο λόγος των μαθητών εστιάζεται κυρίως στο «πεδίο των αντικειμένων» και όχι στο «πεδίο των ιδεών», ο χειρισμός των οργάνων και των υλικών και η λήψη μετρήσεων είναι οι κυρίαρχες δραστηριότητες των μαθητών που καταλαμβάνουν σημαντικό μέρος του διαθέσιμου χρόνου, ενώ η συνεισφορά αυτών των δραστηριοτήτων στο να καταστήσουν τους μαθητές ικανούς να

συνδέσουν το πείραμα με τη θεωρία είναι ελάχιστη (Becu-Robinault, 2002, Buty, 2002, Hucke & Fischer, 2002; Skoumios & Passalis, 2010; Todas & Skoumios, 2014).

Έρευνες καταδεικνύουν ότι το φύλλο εργασίας και ο τρόπος που αυτό καθοδηγεί τους μαθητές επηρεάζει τη διαδικασία υλοποίησης και την αποτελεσματικότητα της πειραματικής δραστηριότητας (Hucke & Fischer, 2002; Lunetta, 1998). Συνεπώς, είναι αναγκαία η ανάλυση των φύλλων εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων. Προς την κατεύθυνση αυτή, έχουν πραγματοποιηθεί προσπάθειες για τη συγκρότηση πλαισίων ανάλυσης των φύλλων εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων με απώτερο στόχο τη βελτίωση της αποτελεσματικότητάς τους. Οι Lunetta και Tamir (1981) ανέλυσαν φύλλα εργασίας πειραματικών δραστηριοτήτων με ένα πλαίσιο ανάλυσης που περιλαμβάνει τέσσερις άξονες: τη σχεδίαση, την πραγματοποίηση, την ερμηνεία και την εφαρμογή. Οι Ganiel και Hofstein (1982) πρόσθεσαν έναν ακόμα άξονα στο παραπάνω πλαίσιο που αφορά στις δεξιότητες. Οι Roth et al. (1997) διαμόρφωσαν ένα πλαίσιο που βασίζεται στην αλληλεπίδραση ανάμεσα στους μαθητές και την πειραματική διάταξη. Οι Tiberghien et al. (2001), ανέλυσαν φύλλα εργασίας πειραματικών δραστηριοτήτων των μεγαλύτερων τάξεων της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, καθώς επίσης και της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης διαφόρων ευρωπαϊκών κρατών. Οι δραστηριότητες αναλύθηκαν ως προς τους μαθησιακούς στόχους τους και ως προς τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά και το πλαίσιο τους. Με βάση το πλαίσιο ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκε στην παραπάνω έρευνα, ο Millar (2009) πρότεινε ένα πλαίσιο ανάλυσης που περιλαμβάνει τρεις άξονες, τους μαθησιακούς στόχους, τη σχεδίαση και την παρουσίαση των πειραματικών δραστηριοτήτων.

Από τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι είναι περιορισμένη η έρευνα που εστιάζεται στην ανάλυση των φύλλων εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων. Αξίζει να επισημανθεί ότι η έρευνα αυτή εστιάζεται σε φύλλα εργασίας που προορίζονται για μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και φοιτητές, ενώ δεν εντοπίζονται αντίστοιχες έρευνες για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Αναδύεται λοιπόν η αναγκαιότητα πραγματοποίησης μιας έρευνας που να εστιάζεται στην ανάλυση των φύλλων εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων που περιλαμβάνονται στα σχολικά εγχειρίδια της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Τα τελευταία χρόνια έχει αναγνωριστεί η σπουδαιότητα της ανάπτυξης επιστημονικών πρακτικών στους μαθητές και έχει τεθεί ως βασικός στόχος της εκπαίδευσής τους στις Φυσικές Επιστήμες (NRC, 2012; NGSS Lead States, 2013). Επιδιώκεται οι μαθητές, μέσω της εμπλοκής τους με επιστημονικές πρακτικές, να οικοδομήσουν και να χρησιμοποιούν ιδέες και έννοιες των Φυσικών Επιστημών προκειμένου να ερμηνεύουν φαινόμενα, να επιλύουν προβλήματα και να λαμβάνουν αποφάσεις (NGSS Lead States, 2013).

Οι επιστημονικές πρακτικές αναφέρονται στις κύριες πρακτικές με τις οποίες εμπλέκονται οι επιστήμονες καθώς μελετούν και κατασκευάζουν μοντέλα και θεωρίες για τον κόσμο (NRC, 2012). Ο όρος επιστημονικές πρακτικές χρησιμοποιείται αντί του όρου δεξιότητες επιστημονικών διαδικασιών για να δώσει έμφαση στο ότι η εμπλοκή με την επιστημονική έρευνα απαιτεί όχι μόνο δεξιότητες αλλά και γνώση γύρω από κάθε μια πρακτική που ακολουθείται (NRC, 2012).

Για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες έχουν προταθεί οι ακόλουθες οκτώ επιστημονικές πρακτικές (NRC, 2012; NGSS Lead States, 2013): (α) υποβολή ερωτημάτων, (β) ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, (γ) σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας, (δ) ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, (ε) χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, (στ) συγκρότηση εξηγήσεων, (ζ) εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία και (η) απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.

Η ενεργός εμπλοκή των μαθητών με τις επιστημονικές πρακτικές μπορεί να τους βοηθήσει να κατανοήσουν τη διαδικασία ανάπτυξης της επιστημονικής γνώσης, να οικοδομήσουν βασικές ιδέες και έννοιες των Φυσικών Επιστημών, να προκαλέσει την περιέργεια και το ενδιαφέρον τους και να τους παρακινήσει σε περαιτέρω έρευνα (Duschl, et al, 2007). Η ανάπτυξη τέτοιων πρακτικών είναι απαραίτητη όχι μόνο για όσους μαθητές στοχεύουν να ακολουθήσουν ένα επάγγελμα που σχετίζεται με κάποιο επιστημονικό πεδίο των Φυσικών Επιστημών αλλά και για όλους τους μαθητές και αυριανούς πολίτες (NRC, 2012). Συνεπώς, το εκπαιδευτικό υλικό είναι αναγκαίο να παρέχει ευκαιρίες στους μαθητές να εμπλακούν και να χρησιμοποιούν αυτές τις επιστημονικές πρακτικές.

Παρά τη σημασία που αποδίδεται στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών στους μαθητές απουσιάζουν εργασίες που να εστιάζουν στην ανάλυση του εκπαιδευτικού υλικού ως προς αυτές τις πρακτικές. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάλυση των φύλλων εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων που περιλαμβάνονται στο σχολικό εγχειρίδιο Φυσικών Επιστημών της Ε' τάξης του δημοτικού σχολείου ως προς τις επιστημονικές πρακτικές που υπεισέρχονται σε αυτές τις

πειραματικές δραστηριότητες. Ειδικότερα, η εργασία αυτή επιδιώκει να απαντήσει στο ακόλουθο ερευνητικό ερώτημα: ποιες επιστημονικές πρακτικές και ποιες επιμέρους διαστάσεις τους εμπλέκονται στις πειραματικές δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου Φυσικών Επιστημών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου;

Μεθοδολογία

Ερευνητική διαδικασία

Η ερευνητική διαδικασία οργανώθηκε σε τρεις φάσεις. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε συγκέντρωση των πειραματικών δραστηριοτήτων (και συγκεκριμένα των φύλλων εργασίας τους) που περιλαμβάνονται στο σχολικό εγχειρίδιο Φυσικών Επιστημών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Κατά τη δεύτερη φάση, διαμορφώθηκε το εργαλείο ανάλυσης των πειραματικών δραστηριοτήτων. Στη τρίτη φάση πραγματοποιήθηκε η ανάλυση των φύλλων εργασίας, η επεξεργασία των δεδομένων και η εξαγωγή των συμπερασμάτων.

Δείγμα

Στην εργασία αυτή αναλύθηκαν τα τμήματα του σχολικού εγχειριδίου (της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου) που αναφέρονται σε πειραματικές δραστηριότητες. Κάθε φύλλο εργασίας μιας πειραματικής δραστηριότητας θεωρήθηκε ως μονάδα ανάλυσης. Το δείγμα της παρούσας έρευνας αποτέλεσαν τα φύλλα εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων, τα οποία εντοπίστηκαν στο σχολικό εγχειρίδιο των Φυσικών Επιστημών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Ειδικότερα, εντοπίστηκαν 91 φύλλα εργασίας πειραματικών δραστηριοτήτων.

Εργαλείο ανάλυσης

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας συγκροτήθηκε ένα πλαίσιο ανάλυσης των πειραματικών δραστηριοτήτων με βάση το πλαίσιο για την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες του Εθνικού Συμβουλίου Έρευνας των ΗΠΑ (NRC, 2012) και τα Next Generation Science Standards (NGSS Lead States, 2013). Το εργαλείο ανάλυσης που διαμορφώθηκε (βλ. Παράρτημα) περιλαμβάνει οκτώ κατηγορίες που η καθεμία από αυτές αντιστοιχεί σε μία από τις οκτώ επιστημονικές πρακτικές, ενώ η κάθε κατηγορία υποδιαιρείται σε υποκατηγορίες (επιμέρους διαστάσεις των επιστημονικών πρακτικών). Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι επιστημονικές πρακτικές και περιγράφονται συνοπτικά οι διαστάσεις τους.

ΕΠ1. Υποβολή ερωτημάτων: με την πρακτική αυτή συνδέονται οι πειραματικές δραστηριότητες που εμπλέκουν τους μαθητές με τη διατύπωση ερωτήσεων που μπορούν να απαντηθούν μέσω εμπειρικής έρευνας, την αξιολόγηση ερωτήσεων και την υποβολή ερωτήσεων πάνω στην εργασία άλλων.

ΕΠ2. Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων: με την πρακτική αυτή συνδέονται οι πειραματικές δραστηριότητες που εμπλέκουν τους μαθητές με την συγκρότηση και χρήση μοντέλων, τη μετατόπιση ανάμεσα σε διαφορετικούς τύπους μοντέλων, την αναγνώριση των ορίων των μοντέλων, την αξιολόγηση των ορίων των μοντέλων και την αναθεώρηση των μοντέλων.

ΕΠ3. Σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας: με την πρακτική αυτή συνδέονται οι πειραματικές δραστηριότητες που εμπλέκουν τους μαθητές με την υποβολή ερώτησης που μπορεί να διερευνηθεί, την εκφορά μιας υπόθεσης, την αναγνώριση των μεταβλητών, την εξέταση για το πώς οι μεταβλητές μπορούν να μετρηθούν και να ελεγχθούν, την εξέταση της αξιοπιστίας και της ακρίβειας των δεδομένων, την παρατήρηση και συλλογή των δεδομένων που περιγράφουν ένα φαινόμενο ή ελέγχουν μια υπάρχουσα θεωρία, τη σχεδίαση πλάνων για ατομική έρευνα ή συνεργατική έρευνα και την αξιολόγηση πλάνων για έρευνα.

ΕΠ4. Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων: με την πρακτική αυτή συνδέονται οι πειραματικές δραστηριότητες που εμπλέκουν τους μαθητές με τη χρήση πινάκων, διαγραμμάτων, απεικονίσεων για την αντιπαραβολή, τη σύνοψη και τη διαχείριση των δεδομένων, τη χρήση στατιστικής ανάλυσης, την αναγνώριση των τάσεων στα δεδομένα, τη χρήση των δεδομένων ως αποδεικτικών στοιχείων και την αναγνώριση των πηγών των σφαλμάτων.

ΕΠ5. Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης: με την πρακτική αυτή συνδέονται οι πειραματικές δραστηριότητες που εμπλέκουν τους μαθητές με την οπτική αναπαράσταση των

δεδομένων, τον μετασχηματισμό των δεδομένων ανάμεσα σε πίνακα και διάγραμμα, τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων, την αναγνώριση, την εξαγωγή και την εφαρμογή ποσοτικών σχέσεων.

ΕΠ6. Συγκρότηση εξηγήσεων: οι πειραματικές δραστηριότητες που συνδέονται με αυτή την πρακτική ζητούν από τους μαθητές να εφαρμόσουν εξηγήσεις στα φαινόμενα, να συγκροτήσουν εξηγήσεις βασισμένες σε αποδεικτικά στοιχεία, να συνδέσουν αποδεικτικά στοιχεία με ισχυρισμούς, να διατυπώσουν ισχυρισμούς, να χρησιμοποιήσουν αποδεικτικά στοιχεία για την υποστήριξη ή την αντίκρουση μιας εξήγησης και να αναγνωρίσουν κενά ή αδυναμίες σε μια εξήγηση.

ΕΠ7. Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία: με την πρακτική αυτή συνδέονται οι πειραματικές δραστηριότητες που εμπλέκουν τους μαθητές με την αναγνώριση των δυνατών και αδύνατων σημείων σε ένα συλλογισμό για την καλύτερη πειραματική σχεδίαση, την ανάλυση των δεδομένων ή την ερμηνεία μιας ομάδας δεδομένων, την εμπλοκή σε επιχειρηματολογία για την εύρεση της καλύτερης εξήγησης για ένα φαινόμενο ατομικά ή συνεργατικά, την κριτική σε εργασία άλλων, την αναγνώριση αδυναμιών σε ένα επίχειρημα, την τροποποίηση μιας εργασίας υπό το πρίσμα των αποδεικτικών στοιχείων και την αναγνώριση δυνατών και αδύνατων σημείων σε αναφορές των Φυσικών Επιστημών.

ΕΠ8. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών: με την πρακτική αυτή συνδέονται οι πειραματικές δραστηριότητες που εμπλέκουν τους μαθητές με προφορική ή γραπτή επικοινωνία ιδεών, την επικοινωνία ιδεών μέσω πινάκων, διαγραμμάτων ή συζητήσεων με τους συνομηλίκους, την άντληση νοημάτων από τον προφορικό ή το γραπτό λόγο, την αξιολόγηση της αξιοπιστίας των επιστημονικών πληροφοριών και την ενοποίηση πληροφοριών που προέρχονται από διαφορετικές πηγές.

Ανάλυση δεδομένων

Αρχικά αναλύθηκαν τα φύλλα εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων (μονάδες ανάλυσης) ως προς τις επιστημονικές πρακτικές που εμπλέκουν στο περιεχόμενό τους. Ακολούθησε η ανάλυση των μονάδων ανάλυσης ως προς τις επιμέρους διαστάσεις των επιστημονικών πρακτικών, με βάση το εργαλείο ανάλυσης που συγκροτήθηκε.

Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε από δύο ερευνητές οι οποίοι εργάστηκαν ανεξάρτητα. Στη συνέχεια οι διαφωνίες τους επιλύθηκαν μέσω συζήτησης. Προσδιορίστηκαν οι συχνότητες και τα ποσοστά των επιστημονικών πρακτικών και των επιμέρους διαστάσεών τους που εμπλέκονται στις πειραματικές δραστηριότητες.

Στη συνέχεια, περιγράφεται ένα παράδειγμα πειραματικής δραστηριότητας (που περιλαμβάνεται στις σελ. 112-113 του σχολικού εγχειριδίου της Ε΄ τάξης) και παρουσιάζεται η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε. Ζητείται από τους μαθητές να κατασκευάσουν ένα ανοικτό ηλεκτρικό κύκλωμα του οποίου το μοντέλο παρουσιάζεται σε μια εικόνα και να συνδέσουν διάφορα αντικείμενα - τα οποία αναγράφονται σε ένα πίνακα - στα δύο άκρα του ώστε να ελέγξουν με ποια αντικείμενα ανάβει το λαμπάκι. Στη συνέχεια, τους ζητείται να σημειώνουν στον πίνακα τα αποτελέσματα και να καταγράψουν ένα συμπέρασμα κατονομάζοντας τα υλικά που είναι αγωγοί και τα υλικά που είναι μονωτές. Η συγκεκριμένη δραστηριότητα συνδέεται: (α) με τη διάσταση «συγκρότηση και χρήση μοντέλων για την αναπαράσταση αυτών που έχουν κατανοηθεί» της πρακτικής που αφορά στην ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, αφού οι μαθητές χρησιμοποιούν ένα μοντέλο για να κατασκευάσουν ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, (β) με τη διάσταση «παρατήρηση και συλλογή των δεδομένων που περιγράφουν ένα φαινόμενο» της πρακτικής που αφορά στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας, αφού οι μαθητές επιλέγουν αντικείμενα που τα συνδέουν με τα άκρα του ηλεκτρικού κυκλώματος και παρατηρούν τη φωτοβολία ή μη του λαμπτήρα, (γ) με τη διάσταση «χρήση πινάκων για την αντιπαραβολή, τη σύνοψη και των διαχείριση των δεδομένων» της πρακτικής που αφορά στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, αφού καταγράφουν τα αποτελέσματα σε πίνακα και (δ) με τη διάσταση «γραπτή επικοινωνία ιδεών» της πρακτικής που αφορά στην απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών, αφού οι μαθητές καταγράφουν το συμπέρασμα που εξάγουν.

Αποτελέσματα

Οι επιστημονικές πρακτικές στις πειραματικές δραστηριότητες

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των επιστημονικών πρακτικών που εμπλέκονται στις πειραματικές δραστηριότητες που αναλύθηκαν. Από τον Πίνακα 1 προκύπτει ότι σε

όλες τις πειραματικές δραστηριότητες εμπλέκονται διαστάσεις των πρακτικών που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας, καθώς και στην ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων. Επίσης, προκύπτει ότι στις περισσότερες πειραματικές δραστηριότητες εμπλέκονται διαστάσεις της πρακτικής που αφορά στην απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών, ενώ είναι ιδιαίτερα περιορισμένος ο αριθμός των δραστηριοτήτων στις οποίες εμπλέκονται διαστάσεις των πρακτικών που αφορούν στη χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης και στην ανάπτυξη και χρήση μοντέλων. Επιπρόσθετα, διαπιστώνεται ότι οι υπόλοιπες πρακτικές δεν εμπλέκονται στις πειραματικές δραστηριότητες που αναλύθηκαν.

Πίνακας 1. Οι επιστημονικές πρακτικές που εμπλέκονται στις πειραματικές δραστηριότητες που αναλύθηκαν: συχνότητες και ποσοστά (%)

| Επιστημονικές πρακτικές | Συχνότητες | Ποσοστά (%) |
|---|------------|-------------|
| ΕΠ1. Υποβολή ερωτημάτων | 0 | 0,0 |
| ΕΠ2. Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων | 5 | 5,5 |
| ΕΠ3. Σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας | 91 | 100,0 |
| ΕΠ4. Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων | 91 | 100,0 |
| ΕΠ5. Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης | 6 | 6,6 |
| ΕΠ6. Συγκρότηση εξηγήσεων | 0 | 0,0 |
| ΕΠ7. Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία | 0 | 0,0 |
| ΕΠ8. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών | 87 | 95,6 |

Οι διαστάσεις των επιστημονικών πρακτικών στις πειραματικές δραστηριότητες

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν στη κατανομή των επιμέρους διαστάσεων των επιστημονικών πρακτικών στις πειραματικές δραστηριότητες.

Πίνακας 2. Οι διαστάσεις της επιστημονικής πρακτικής ΕΠ2 που εμπλέκονται στις πειραματικές δραστηριότητες που σχετίζονται με αυτή την πρακτική: συχνότητες και ποσοστά (%)

| ΕΠ2. Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων: διαστάσεις | Συχνότητες | Ποσοστά (%) |
|--|------------|-------------|
| Συγκρότηση και χρήση μοντέλων που βοηθούν στην υποβολή ερωτήσεων | 0 | 0,0 |
| Συγκρότηση και χρήση μοντέλων που βοηθούν στην υποβολή και τον έλεγχο εξηγήσεων | 0 | 0,0 |
| Συγκρότηση και χρήση μοντέλων για την αναπαράσταση αυτών που έχουν επεξεργαστεί οι μαθητές | 5 | 100,0 |
| Συγκρότηση και χρήση μοντέλων για την επικοινωνία ιδεών | 0 | 0,0 |
| «Ευέλικτη» μετατόπιση ανάμεσα σε διαφορετικούς τύπους μοντέλων | 0 | 0,0 |
| Αναγνώριση των ορίων των μοντέλων | 0 | 0,0 |
| Αξιολόγηση των ορίων των μοντέλων | 0 | 0,0 |
| Αναθεώρηση των μοντέλων | 0 | 0,0 |

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των διαστάσεων της ΕΠ2 που εμπλέκονται στις 5 πειραματικές δραστηριότητες στις οποίες υπεισέρχεται αυτή η πρακτική. Διαπιστώνεται ότι και στις πέντε πειραματικές δραστηριότητες εμπλέκεται η διάσταση της ΕΠ2 που αφορά στη συγκρότηση και τη χρήση μοντέλων για την αναπαράσταση αυτών που έχουν επεξεργαστεί οι μαθητές. Δεν εντοπίζονται πειραματικές δραστηριότητες που να εμπλέκουν άλλη διάσταση αυτής της πρακτικής.

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των διαστάσεων της ΕΠ3 που εμπλέκονται στις 91 πειραματικές δραστηριότητες που σχετίζονται με αυτή την πρακτική. Προκύπτει ότι κυριαρχεί η διάσταση της ΕΠ3 που αφορά στη παρατήρηση και συλλογή των δεδομένων που περιγράφουν ένα φαινόμενο.

Πίνακας 3. Οι επιμέρους διαστάσεις της επιστημονικής πρακτικής ΕΠ3 που εμπλέκονται στις πειραματικές δραστηριότητες που σχετίζονται με αυτή την πρακτική: συχνότητες και ποσοστά (%)

| ΕΠ3. Σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας: διαστάσεις | Συχνότητες | Ποσοστά (%) |
|--|------------|-------------|
|--|------------|-------------|

| | | |
|--|----|------|
| Υποβολή ερώτησης που μπορεί να διερευνηθεί | 0 | 0,0 |
| Εκφορά μιας υπόθεσης βασισμένης σε ένα μοντέλο ή μια θεωρία | 0 | 0,0 |
| Αναγνώριση των μεταβλητών | 0 | 0,0 |
| Εξέταση για το πώς οι μεταβλητές μπορούν να παρατηρηθούν ή να μετρηθούν | 0 | 0,0 |
| Εξέταση για το πώς οι μεταβλητές μπορούν να ελεγχθούν | 2 | 2,2 |
| Εξέταση της αξιοπιστίας και της ακρίβειας των δεδομένων | 0 | 0,0 |
| Παρατήρηση και συλλογή των δεδομένων που περιγράφουν ένα φαινόμενο | 85 | 93,4 |
| Παρατήρηση και συλλογή των δεδομένων που ελέγχουν μια υπάρχουσα θεωρία και τις εξηγήσεις | 3 | 3,3 |
| Σχεδίαση πλάνων για έρευνα ατομικά | 1 | 1,1 |
| Σχεδίαση πλάνων για έρευνα συνεργατικά | 0 | 0,0 |
| Αξιολόγηση πλάνων για έρευνα | 0 | 0,0 |

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των διαστάσεων της ΕΠ4 οι οποίες εμπλέκονται στις 91 πειραματικές δραστηριότητες στις οποίες υπεισέρχεται αυτή η πρακτική. Από τον Πίνακα 4 προκύπτει ότι στις περισσότερες πειραματικές δραστηριότητες εμπλέκεται η διάσταση της ΕΠ4 που αφορά στη σύγκριση των τάσεων στα δεδομένα. Είναι μικρότερος ο αριθμός των δραστηριοτήτων στις οποίες εμπλέκεται η διάσταση της ΕΠ4 που αφορά στην εξαγωγή πληροφορίας από πίνακα ή διάγραμμα δεδομένων.

Πίνακας 4. Οι επιμέρους διαστάσεις της επιστημονικής πρακτικής ΕΠ4 που εμπλέκονται στις πειραματικές δραστηριότητες που σχετίζονται με αυτή την πρακτική: συχνότητες και ποσοστά (%)

| ΕΠ4. Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων: διαστάσεις | Συχνότητες | Ποσοστά (%) |
|--|------------|-------------|
| Χρήση πινάκων για την αντιπαραβολή, τη σύνοψη και τη διαχείριση των δεδομένων | 6 | 6,6 |
| Χρήση διαγραμμάτων για την αντιπαραβολή, τη σύνοψη και τη διαχείριση των δεδομένων | 0 | 0,0 |
| Εξαγωγή πληροφορίας από πίνακα ή διάγραμμα δεδομένων | 14 | 15,4 |
| Αναγνώριση των τάσεων στα δεδομένα | 0 | 0,0 |
| Σύγκριση των τάσεων στα δεδομένα | 70 | 76,9 |
| Χρήση των δεδομένων ως αποδεικτικών στοιχείων | 1 | 1,1 |
| Αναγνώριση των πηγών των σφαλμάτων | 0 | 0,0 |

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των διαστάσεων της ΕΠ5 οι οποίες εμπλέκονται στις 6 πειραματικές δραστηριότητες που σχετίζονται με αυτή την πρακτική. Από τον Πίνακα 5 διαπιστώνεται ότι στις 4 από τις 6 δραστηριότητες εμπλέκεται η διάσταση της ΕΠ5 που αφορά στην εξαγωγή ποσοτικών σχέσεων.

Πίνακας 5. Οι επιμέρους διαστάσεις της επιστημονικής πρακτικής ΕΠ5 που εμπλέκονται στις πειραματικές δραστηριότητες που σχετίζονται με αυτή την πρακτική: συχνότητες και ποσοστά (%)

| ΕΠ5. Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης: διαστάσεις | Συχνότητες | Ποσοστά (%) |
|---|------------|-------------|
| Οπτική αναπαράσταση των δεδομένων | 0 | 0,0 |
| Μετασχηματισμός των δεδομένων ανάμεσα σε πίνακα και διάγραμμα | 0 | 0,0 |
| Στατιστική ανάλυση των δεδομένων | 0 | 0,0 |
| Αναγνώριση ποσοτικών σχέσεων | 1 | 16,7 |
| Εξαγωγή ποσοτικών σχέσεων | 4 | 66,6 |
| Εφαρμογή ποσοτικών σχέσεων | 1 | 16,7 |

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των διαστάσεων της ΕΠ8 οι οποίες εμπλέκονται στις 87 πειραματικές δραστηριότητες στις οποίες υπεισέρχεται αυτή η πρακτική. Προκύπτει ότι η γραπτή επικοινωνία ιδεών είναι η διάσταση αυτής της επιστημονικής πρακτικής που εμπλέκεται στο σύνολο σχεδόν αυτών των πειραματικών δραστηριοτήτων.

Πίνακας 6. Οι επιμέρους διαστάσεις της επιστημονικής πρακτικής ΕΠ8 που εμπλέκονται στις πειραματικές δραστηριότητες που σχετίζονται με αυτή την πρακτική: συχνότητες και ποσοστά (%)

| ΕΠ8. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών: διαστάσεις | Συχνότητες | Ποσοστά (%) |
|--|------------|-------------|
| Προφορική επικοινωνία ιδεών | 0 | 0,0 |
| Γραπτή επικοινωνία ιδεών | 86 | 98,8 |
| Επικοινωνία ιδεών μέσω πινάκων και διαγραμμάτων | 1 | 1,2 |
| Επικοινωνία ιδεών μέσω εκτενών συζητήσεων με τους συνομηλίκους | 0 | 0,0 |
| Αντληση νοημάτων από επιστημονικά άρθρα και κείμενα | 0 | 0,0 |
| Αντληση νοημάτων από πληροφορίες που παρουσιάζονται προφορικά | 0 | 0,0 |
| Αξιολόγηση της αξιοπιστίας των επιστημονικών πληροφοριών | 0 | 0,0 |
| Ενοποίηση πληροφοριών που προέρχονται από διαφορετικές πηγές | 0 | 0,0 |

Συζήτηση και Συμπεράσματα

Από την παρούσα εργασία προέκυψε ότι στα φύλλα εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων του σχολικού εγχειριδίου Φυσικών Επιστημών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου εμπλέκονται ορισμένες μόνο επιστημονικές πρακτικές και ειδικότερα ορισμένες επιμέρους διαστάσεις τους, ενώ απουσιάζουν άλλες επιστημονικές πρακτικές και διαστάσεις τους.

Διαστάσεις των επιστημονικών πρακτικών που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας, καθώς και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων εμπλέκονται στο σύνολο των φύλλων εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων που αναλύθηκαν. Πιο συγκεκριμένα πρόκειται κυρίως για τις διαστάσεις που αφορούν στη παρατήρηση και συλλογή των δεδομένων που περιγράφουν ένα φαινόμενο και στη σύγκριση των τάσεων στα δεδομένα. Όμως, στα φύλλα εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων δεν υπεισέρχονται άλλες διαστάσεις των δύο αυτών επιστημονικών πρακτικών. Ειδικότερα, απουσιάζουν οι διαστάσεις που αφορούν στη διατύπωση ερευνητικών ερωτημάτων και υποθέσεων, στην αναγνώριση και τον έλεγχο των μεταβλητών, στη σχεδίαση και αξιολόγηση πλάνων έρευνας και στη χρήση πινάκων ή διαγραμμάτων για τη διαχείριση των δεδομένων. Οι παραπάνω διαστάσεις κρίνονται αναγκαίες για την κατανόηση της φύσης της επιστήμης και των ιδεών και των εννοιών των Φυσικών Επιστημών (Duschl, et al, 2007; NRC, 2102; OECD, 2012).

Στα φύλλα εργασίας των περισσότερων πειραματικών δραστηριοτήτων υπεισέρχεται η επιστημονική πρακτική που αφορά στην απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών. Ωστόσο, από αυτή την πρακτική στις πειραματικές δραστηριότητες εμπλέκεται μόνο η διάστασή της που σχετίζεται με τη γραπτή επικοινωνία ιδεών, ενώ απουσιάζουν οι άλλες διαστάσεις της. Έχει επισημανθεί ότι αυτές οι διαστάσεις διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες (Pearson et al, 2010). Επίσης, ένας περιορισμένος αριθμός πειραματικών δραστηριοτήτων εμπλέκει ορισμένες μόνο διαστάσεις των πρακτικών που αφορούν στη χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης και στην ανάπτυξη και χρήση μοντέλων. Όμως, ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι η κατανόηση ιδεών και εννοιών απαιτεί τη χρήση των διαστάσεων που σχετίζονται με τη μαθηματική και υπολογιστική σκέψη (Orton & Roper, 2000). Επιπρόσθετα, τα μοντέλα, ως προσωπικές εσωτερικές απλοποιημένες αναπαραστάσεις ενός αντικειμένου, ενός γεγονότος, μιας ιδέας ή μιας διαδικασίας, θεωρούνται παιδαγωγικά εργαλεία για την αποτελεσματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Ainsworth et al, 2011).

Στις πειραματικές δραστηριότητες που αναλύθηκαν δεν εμπλέκονται οι επιστημονικές πρακτικές που αφορούν στην υποβολή ερωτημάτων, τη συγκρότηση εξηγήσεων και την εμπλοκή σε επιχειρηματολογία. Η σημασία της υποβολής ερωτημάτων στη μαθησιακή διαδικασία έχει επισημανθεί από πλήθος ερευνητών (ενδεικτικά: Chin & Osborne, 2008; Penick et al, 1996). Επίσης, η συγκρότηση εξηγήσεων και η εμπλοκή σε επιχειρηματία θεωρούνται βασικά συστατικά της εκπαίδευσης των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες (NRC, 2012) και ουσιώδεις διαστάσεις του επιστημονικού εγγραμματισμού των μαθητών (OECD, 2012). Αυτές οι δύο πρακτικές είναι αναγκαίες όχι μόνο για αυτούς που σκοπεύουν να ασχοληθούν ενεργά με ένα επιστημονικό πεδίο αλλά και για όλους τους πολίτες. Οι πολίτες είναι αναγκαίο να αξιολογούν επιστημονικά δεδομένα που τους παρουσιάζονται γραπτά μέσα από το διαδίκτυο, τις εφημερίδες και τα περιοδικά ή προφορικά από την τηλεόραση και το ραδιόφωνο (Krajcik & McNeill, 2009). Χρειάζεται να έχουν αναπτύξει την

ικανότητα να αξιολογούν εξηγήσεις και επιχειρήματα, να καθορίζουν αν οι ισχυρισμοί τους εδράζονται σε δεδομένα και αν οι συλλογισμοί που περιλαμβάνουν είναι επαρκώς τεκμηριωμένοι. Η διαδικασία συγκρότησης επιστημονικών εξηγήσεων και η εμπλοκή με επιχειρηματολογία μπορούν να συνεισφέρουν στην καλύτερη κατανόηση του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών από τους μαθητές (Sandoval & Reiser, 2004).

Η παρούσα εργασία συνεισφέρει στην έρευνα για τη μελέτη των φύλλων εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων ως προς τις επιστημονικές πρακτικές που εμπλέκουν, ζήτημα για το οποίο δεν υπήρχαν ερευνητικά δεδομένα. Ωστόσο, η εργασία εστιάστηκε στην ανάλυση των πειραματικών δραστηριοτήτων μόνο του σχολικού εγχειριδίου της Ε΄ τάξης. Προκειμένου να σχηματιστεί μια πληρέστερη εικόνα των πειραματικών δραστηριοτήτων των σχολικών εγχειριδίων είναι αναγκαίο να αναλυθούν οι πειραματικές δραστηριότητες των σχολικών εγχειριδίων της Στ΄ τάξης του δημοτικού καθώς επίσης και των τάξεων του Γυμνασίου και του Λυκείου. Επίσης, η παρούσα εργασία επικεντρώθηκε στην ανάλυση των φύλλων εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων και όχι στην εφαρμογή τους στο σχολικό πλαίσιο. Απαιτείται περαιτέρω έρευνα προκειμένου να μελετηθεί συστηματικά η επίδραση της εφαρμογής των πειραματικών δραστηριοτήτων στις επιστημονικές πρακτικές των μαθητών. Επιπλέον, απαιτείται, περαιτέρω έρευνα προκειμένου να μελετηθεί συστηματικά η επίδραση των πειραματικών δραστηριοτήτων που εμπλέκουν άλλες διαστάσεις των επιστημονικών πρακτικών, τόσο στην ανάπτυξη δεξιοτήτων όσο και στην εξέλιξη της κατανόησης των ιδεών και των εννοιών των Φυσικών Επιστημών.

Αναφορές

- Abrahams, I., & Millar, R., (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969.
- Ainsworth, S., Prain, V., & Tytler, R. (2011). Drawing to learn in science. *Science*, 333, 1096–1097.
- Becu-Robinault K. (2002). Modelling activities of students during a traditional labwork. In D. Psillos and H. Niedderer (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 51-64). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Berry, A., Mulhall, P., Gunstone, R.F., & Loughran, J.J., (1999). Helping Students Learn from Laboratory Work. *Australian Science Teachers Journal*, 45(1), 27-31.
- Buty, C. (2002). Modelling in geometrical optics using a microcomputer. In D. Psillos & H. Niedderer (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 231-242). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Chin, C., & Osborne, J. F. (2008). Students' questions: A potential resource for teaching and learning science. *Studies in Science Education*, 44(1), 1–39.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: National Academies Press.
- Ganiel, U., & Hostein, A. (1982). Objective and continuous assessment of student performance in the physics laboratory. *Science Education*, 66(4), 581–591.
- Giddings, G.J., Hofstein, A., & Lunetta, V.N. (1991). Assessment and evaluation in the science laboratory. In B. E. Woolnough (Ed.). *Practical science* (pp. 167-178). Milton Keynes: Open University Press.
- Hodson, D. (1991). Practical work in science: Time for a reappraisal. *Studies in Science Education*, 19, 175–184.
- Hofstein, A., & Lunetta, V.N. (2004). The laboratory in science education: Foundation for the 21st century. *Science Education*, 88, 28-54.
- Hofstein, A., & Lunetta, V.N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52, 201-217.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M., & Naaman-Mamluk, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 791-806.
- Högström, P., Ottander, C., & Benckert, S. (2010). Labwork and Learning in Secondary School Chemistry: The Importance of Teacher and Student Interaction. *Research in Science Education*, 40, 505-523.
- Hucke, L., & Fischer, H. E. (2002). The link of theory and practice in traditional and in computer-based university laboratory experiments. In D. Psillos & H. Niedderer (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 205-218). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Krajcik, J., & McNeill, K. (2009). Designing Instructional Materials to Support Students' in Writing Scientific Explanations: Using Evidence and Reasoning Across the Middle School Years. Paper Presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Hyatt Regency Orange County, Garden Grove, CA.

- Lazarowitz, R., & Tamir, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science. In D. L. Gabel (ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 67-77). New-York: Macmillan.
- Lunetta, V. N., & Tamir, P. (1981). An analysis of laboratory activities: Project Physics and PSSC. *School Science and Mathematics*, 81, 635–642.
- Lunetta, V.N. (1998). The School Science Laboratory: Historical Perspectives and Contexts for Contemporary Teaching. In K. Tobin and B. Fraser (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 249-264). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Millar, R. (2009) *Analysing practical activities to assess and improve effectiveness: The Practical Activity Analysis Inventory (PAAI)* York: Centre for Innovation and Research in Science Education, University of York.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.
- OECD. (2012). The PISA 2015 assessment framework: Key competencies in reading, mathematics and science. <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2015draftframeworks.htm>.
- Orton, T., & Roper, T. (2000). Science and mathematics: A relationship in need of counselling? *Studies in Science Education*, 35(1), 123–153.
- Osborne, J. (1993). Alternatives to practical work. *School Science Review*, 75(271), 117–123.
- Pearson, D., Moje, E. B., & Greenleaf, C. (2010). Literacy and science: Each in the service of the other. *Science*, 328, 459–463.
- Penick, J. E., Crow, L. W., & Bonnsteter, R. J. (1996). Questions are the answers. *Science Teacher*, 63, 26–29.
- Roth, W.F., McRobbie, C., Lucas, K. B., & Boutone, S. (1997). The local production of order in traditional science laboratories: A phenomenological analysis. *Learning and Instruction*, 7, 107–136.
- Sandoval, W. A., & Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88, 345–372.
- Skoumios, M., & Passalis, N. (2010). Chemistry Laboratory Activities: The Link between Practice and Theory. *The International Journal of Learning*, 17(6), 101-114.
- Tiberghien, A., Veillard, L., Le Maréchal, J.F., Buty, C., & Millar, R. (2001). An analysis of labwork tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several European countries. *Science Education*, 85(5), 483-508.
- Tobin, K. G. (1990). Research on science laboratory activities: In pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics*, 90, 403-418.
- Todas, A., & Skoumios, M. (2014). Practical Work in Primary Science: Actions and Verbalized Knowledge. *The International Journal of Early Childhood Learning*, 20, 37-50.
- Wellington, J. (1998). Practical work in science. Time for a reappraisal. In J. Wellington (Ed.). *Practical work in school science: Which way now?* (pp. 3-15). London: Routledge.

Παράρτημα

Το πλαίσιο ανάλυσης

| Επιστημονικές πρακτικές | Διαστάσεις |
|--|--|
| ΕΠ1. Υποβολή ερωτημάτων | Υποβολή ερωτήσεων που μπορούν να απαντηθούν μέσω εμπειρικής έρευνας. Αξιολόγηση ερωτήσεων. Υποβολή ερωτήσεων πάνω στην εργασία άλλων. |
| ΕΠ2. Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων | Συγκρότηση και χρήση μοντέλων που βοηθούν στην υποβολή ερωτήσεων. Συγκρότηση και χρήση μοντέλων που βοηθούν στην υποβολή και τον έλεγχο εξηγήσεων. Συγκρότηση και χρήση μοντέλων για την αναπαράσταση όσων έχουν επεξεργαστεί οι μαθητές. Συγκρότηση και χρήση μοντέλων για την επικοινωνία ιδεών. «Ευέλικτη» μετατόπιση ανάμεσα σε διαφορετικούς τύπους μοντέλων. Αναγνώριση ή αξιολόγηση των ορίων των μοντέλων. Αναθεώρηση των μοντέλων. |
| ΕΠ3. Σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας | Υποβολή ερώτησης που μπορεί να διερευνηθεί. Εκφορά μιας υπόθεσης βασισμένης σε ένα μοντέλο ή μια θεωρία. Αναγνώριση των μεταβλητών. Εξέταση για το πώς οι μεταβλητές μπορούν να παρατηρηθούν ή να μετρηθούν. Εξέταση της αξιοπιστίας και της ακρίβειας των δεδομένων. Παρατήρηση και συλλογή των δεδομένων που περιγράφουν ένα φαινόμενο. Παρατήρηση και συλλογή των δεδομένων που ελέγχουν μια θεωρία και τις εξηγήσεις. Σχεδίαση ή αξιολόγηση πλάνων για έρευνα ατομικά ή συνεργατικά . |
| ΕΠ4. Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων | Χρήση πινάκων για την αντιπαραβολή, τη σύνοψη και τη διαχείριση των δεδομένων. Χρήση διαγραμμάτων για την αντιπαραβολή, τη σύνοψη και τη διαχείριση των δεδομένων. Εξαγωγή πληροφορίας από πίνακα ή διάγραμμα δεδομένων. |

| | |
|---|---|
| | <p>Αναγνώριση ή σύγκριση των τάσεων στα δεδομένα. Χρήση των δεδομένων ως αποδεικτικών στοιχείων. Αναγνώριση των πηγών των σφαλμάτων.</p> |
| ΕΠ5. Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης | <p>Οπτική αναπαράσταση των δεδομένων. Μετασχηματισμός των δεδομένων ανάμεσα σε πίνακα και διάγραμμα. Στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Αναγνώριση, εξαγωγή ή εφαρμογή ποσοτικών σχέσεων.</p> |
| ΕΠ6. Συγκρότηση εξηγήσεων | <p>Εφαρμογή εξηγήσεων στα φαινόμενα. Συγκρότηση εξηγήσεων για τα φαινόμενα βασισμένων σε αποδεικτικά στοιχεία. Σύνδεση αποδεικτικών στοιχείων με τους ισχυρισμούς (συγκρότηση συλλογισμών). Διατύπωση ισχυρισμού. Χρήση αποδεικτικών στοιχείων για την υποστήριξη ή την αντίκρουση μιας εξήγησης. Αναγνώριση κενών ή αδυναμιών σε μια εξήγηση.</p> |
| ΕΠ7. Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία | <p>Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία για την αναγνώριση των δυνατών και αδύνατων σημείων σε ένα συλλογισμό για την καλύτερη πειραματική σχεδίαση, διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων ή ερμηνεία μιας ομάδας δεδομένων. Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία για την αναγνώριση των δυνατών και αδύνατων σημείων σε ένα συλλογισμό σχετικά με το πώς τα δεδομένα υποστηρίζουν ένα ισχυρισμό. Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία για την εύρεση της καλύτερης εξήγησης για ένα φαινόμενο ατομικά ή συνεργατικά. Παροχή κριτικής σε εργασία άλλων. Αναγνώριση αδυναμιών σε ένα επίχειρημα. Τροποποίηση μιας εργασίας υπό το πρίσμα των αποδεικτικών στοιχείων. Αναγνώριση δυνατών και αδύνατων σημείων σε αναφορές των Φυσικών Επιστημών. Αναγνώριση της διαδικασίας αιτιολόγησης των ισχυρισμών από την επιστημονική κοινότητα.</p> |
| ΕΠ8. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών | <p>Προφορική ή γραπτή επικοινωνία ιδεών. Επικοινωνία ιδεών μέσω πινάκων και διαγραμμάτων ή συζητήσεων με άλλους. Άντληση νοημάτων από επιστημονικά άρθρα και κείμενα ή από προφορικό λόγο. Αξιολόγηση της αξιοπιστίας των επιστημονικών πληροφοριών. Ενοποίηση πληροφοριών που προέρχονται από διαφορετικές πηγές.</p> |

Συμβολή μιας σειράς πειραματικών δραστηριοτήτων στις δεξιότητες των μαθητών να αξιολογούν τα αποδεικτικά στοιχεία γραπτών επιχειρημάτων

Μιχαήλ Σκουμιάς

Επίκουρος Καθηγητής, Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστημίου Αιγαίου
skoumios@rhodes.aegean.gr

Περίληψη

Η εργασία αυτή εξετάζει τη συμβολή μιας σειράς πειραματικών δραστηριοτήτων για την εξάτμιση και τη συμπύκνωση των υγρών στην εξέλιξη των δεξιοτήτων των μαθητών της Ε' τάξης του δημοτικού σχολείου να αξιολογούν την ποιότητα των αποδεικτικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων που μελετούν. Για τις ανάγκες της έρευνας συγκροτήθηκε εκπαιδευτικό υλικό που περιλάμβανε σειρά πειραματικών δραστηριοτήτων για την εξάτμιση και τη συμπύκνωση το οποίο εφαρμόστηκε σε 64 μαθητές της Ε' τάξης του δημοτικού σχολείου. Ως εργαλείο συλλογής των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ένα γραπτό ερωτηματολόγιο το οποίο συμπληρώθηκε από τους μαθητές πριν και μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού. Η ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών επέτρεψε την αποτύπωση των δεξιοτήτων τους να εντοπίζουν τα αποδεικτικά στοιχεία σε επιχειρήματα, να αναγνωρίζουν αποδεικτικά στοιχεία που είναι αναγκαίο να περιλαμβάνονται σε επιχειρήματα, να κρίνουν αποδεικτικά στοιχεία, καθώς επίσης και να συγκρίνουν και να αξιολογούν δύο επιχειρήματα με βάση τα αποδεικτικά τους στοιχεία. Προέκυψε ότι η σειρά των πειραματικών δραστηριοτήτων συνέβαλε σημαντικά στην ανάπτυξη των παραπάνω δεξιοτήτων των μαθητών.

Λέξεις κλειδιά: πειραματικές δραστηριότητες, δεξιότητες αξιολόγησης επιχειρημάτων, Φυσικές Επιστήμες

Εισαγωγή

Οι πειραματικές δραστηριότητες κατέχουν κεντρική θέση στην εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες. Μέσω των πειραματικών δραστηριοτήτων επιδιώκεται η επίτευξη πολυάριθμων μαθησιακών στόχων. Σύμφωνα με τους Millar και Abrahams (2009), οι κύριοι στόχοι των πειραματικών δραστηριοτήτων μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες. Πιο συγκεκριμένα, οι πειραματικές δραστηριότητες στοχεύουν: (α) να βοηθήσουν τους μαθητές να βελτιώσουν τις γνώσεις τους για το φυσικό κόσμο και την κατανόησή τους για ορισμένες βασικές ιδέες, θεωρίες και μοντέλα που χρησιμοποιούν οι Φυσικές Επιστήμες, (β) να βοηθήσουν τους μαθητές να μάθουν τη χρήση οργάνων και υλικών και να είναι ικανοί να ακολουθούν μια πειραματική διαδικασία και (γ) να αναπτύξουν την κατανόηση των μαθητών για την επιστημονική προσέγγιση στην έρευνα (π.χ. πώς να σχεδιάζουν μια έρευνα, να αξιολογούν δεδομένα, να εξάγουν συμπεράσματα από δεδομένα, να επιχειρηματολογούν).

Ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι οι πειραματικές δραστηριότητες μπορούν να συνεισφέρουν στην οικοδόμηση γνώσεων (Gunstone, 1991; Högstöm et al, 2010), καθώς επίσης και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων που σχετίζονται με την επιστημονική μέθοδο (Hofstein et al, 2005; Dkeidek et al, 2012) και το χειρισμό οργάνων και υλικών (Tobin, 1990). Επιπρόσθετα, μπορούν να συμβάλουν στην καλλιέργεια θετικών στάσεων απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες (Hofstein et al, 2004; Luketic & Dolan, 2013). Ωστόσο, έχουν εγερθεί ερωτήματα που σχετίζονται με την αποτελεσματικότητά τους και την εκπαιδευτική τους αξία. Ο Osborne (1998) ισχυρίστηκε ότι οι πειραματικές δραστηριότητες παίζουν ένα δευτερεύοντα ρόλο στη μάθηση των Φυσικών Επιστημών και έχουν χαμηλή εκπαιδευτική αξία. Έχει υποστηριχθεί ότι οι πειραματικές δραστηριότητες, με τον τρόπο που πραγματοποιούνται, δεν είναι καλά οργανωμένες, προκαλούν σύγχυση στους μαθητές και συνεισφέρουν ελάχιστα στη μάθηση (Hodson, 1991). Οι Berry et al. (1999) παρατήρησαν ότι οι μαθητές περισσότερο επικεντρώνονται στην ολοκλήρωση της δραστηριότητας παρά στη μάθηση από την εκτέλεσή της. Επίσης, έχει επισημανθεί ότι οι πειραματικές δραστηριότητες δεν είναι αποτελεσματικές στο να βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν τις έννοιες και τις θεωρίες και ότι είναι βαρετές για πολλούς μαθητές που δεν τις βρίσκουν απαραίτητες (Woolnough, 1995).

Με στόχο τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των πειραματικών δραστηριοτήτων, μια κατεύθυνση της έρευνας τα τελευταία χρόνια έχει εστιάσει στην επιχειρηματολογία των μαθητών (Hofstein & Kind, 2012; Katchevich et al, 2014; Sampson et al, 2011). Η παραγωγή και η αξιολόγηση επιχειρημάτων από τους μαθητές αποτελεί ουσιαστικό στόχο της εκπαίδευσής τους στις Φυσικές Επιστήμες (Driver et al, 2000; National Research Council [NRC], 2012). Η εκπαίδευση στη παραγωγή και την αξιολόγηση επιχειρημάτων είναι αναγκαία όχι μόνο για αυτούς που σκοπεύουν να ασχοληθούν ενεργά με ένα επιστημονικό πεδίο αλλά και για όλους τους πολίτες. Οι πολίτες είναι αναγκαίο να έχουν αναπτύξει τη δεξιότητα να αξιολογούν επιχειρήματα που τους παρουσιάζονται γραπτά ή προφορικά και να παράγουν τεκμηριωμένα επιχειρήματα όταν καταθέτουν μια άποψή τους (Krajcik & McNeill, 2009). Επιπρόσθετα, οι διαδικασίες παραγωγής και αξιολόγησης επιχειρημάτων μπορούν να συνεισφέρουν στην καλύτερη κατανόηση του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών από τους μαθητές (Zohar & Nemet, 2002) και στην αλλαγή της εικόνας που έχουν διαμορφώσει για τις Φυσικές Επιστήμες (Bell & Linn, 2000).

Το μοντέλο επιχειρημάτων του Toulmin (1958), έχει ευρύτατα χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση επιστημονικών επιχειρημάτων. Ωστόσο, έχει επισημανθεί ότι εμφανίζονται δυσκολίες στη χρήση του για την ανάλυση του γραπτού ή του προφορικού λόγου των μαθητών (McNeill et al, 2006). Για την αντιμετώπιση αυτών των δυσκολιών προτάθηκε μια απλουστευμένη εκδοχή του. Σύμφωνα με αυτήν, ένα επιχειρήμα περιλαμβάνει τέσσερα συστατικά στοιχεία: ισχυρισμό (claim), αποδεικτικά στοιχεία (evidence), συλλογισμό (reasoning) και αντίκρουση (rebuttal) (McNeill & Krajcik, 2012). Πιο συγκεκριμένα, ο ισχυρισμός είναι ένα συμπέρασμα που απαντά σε μια ερώτηση. Τα αποδεικτικά στοιχεία είναι τα δεδομένα εκείνα που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό. Ο συλλογισμός συνδέει τον ισχυρισμό με τα αποδεικτικά στοιχεία και φανερώνει το λόγο για τον οποίο τα δεδομένα θεωρούνται ως αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό χρησιμοποιώντας επιστημονικές αρχές. Η αντίκρουση αιτιολογεί πώς ή γιατί ένας εναλλακτικός ισχυρισμός είναι λανθασμένος.

Μολονότι η παραγωγή και η αξιολόγηση επιστημονικών επιχειρημάτων διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες, συχνά δεν εντάσσεται στη συνήθη σχολική πρακτική (Newton et al, 1999). Επιπρόσθετα, ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι οι μαθητές παρουσιάζουν δυσκολίες στη παραγωγή επιχειρημάτων. Πιο συγκεκριμένα, όταν οι μαθητές καλούνται να παράγουν ένα επιχειρήμα απαντώντας σε ένα ερώτημα που τους τίθεται, συνήθως έχουν δυσκολίες στο να προτείνουν επαρκή και κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία και συλλογισμούς για να τεκμηριώσουν τους ισχυρισμούς τους (Sandoval, 2003; McNeill & Krajcik, 2007; Songer & Gotwals, 2012).

Η έρευνα για την επιχειρηματολογία των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες έχει επικεντρωθεί κυρίως στη μελέτη της ποιότητας των επιχειρημάτων (Sandoval, 2003; Bell & Linn, 2000; McNeill, 2011; Songer & Gotwals, 2012) και της ποιότητας της διαλογικής επιχειρηματολογίας που αυτοί παράγουν (Katchevich et al, 2014). Είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που μελετά τις δεξιότητες των μαθητών να αξιολογούν επιχειρήματα (Knight et al, 2013; Knight et al, 2014). Όμως, η έρευνα αυτή εστιάζεται σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ενώ απουσιάζουν αντίστοιχες έρευνες με μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Επιπρόσθετα, απουσιάζουν έρευνες που να διερευνούν τη συμβολή των πειραματικών δραστηριοτήτων στην εξέλιξη των δεξιοτήτων των μαθητών να αξιολογούν γραπτά επιστημονικά επιχειρήματα που μελετούν.

Η εργασία αυτή επικεντρώνεται στην αξιολόγηση των αποδεικτικών στοιχείων των επιχειρημάτων. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της συμβολής μιας σειράς πειραματικών δραστηριοτήτων για την εξάτμιση και τη συμπύκνωση των υγρών στις δεξιότητες των μαθητών της Ε' τάξης του δημοτικού σχολείου να αξιολογούν την ποιότητα των αποδεικτικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων που μελετούν. Ειδικότερα, η εργασία αυτή διερευνά τη συμβολή αυτών των πειραματικών δραστηριοτήτων στις δεξιότητες των μαθητών: (α) να εντοπίζουν τα αποδεικτικά στοιχεία σε γραπτά επιχειρήματα, (β) να αναγνωρίζουν αποδεικτικά στοιχεία που είναι αναγκαίο να περιλαμβάνονται σε επιχειρήματα, (γ) να κρίνουν αποδεικτικά στοιχεία και (δ) να συγκρίνουν και να αξιολογούν γραπτά επιχειρήματα με βάση τα αποδεικτικά στοιχεία που περιλαμβάνουν.

Μεθοδολογία

Ερευνητική διαδικασία και δείγμα

Η έρευνα διεξήχθη σε τρεις φάσεις. Στη πρώτη φάση, συγκροτήθηκε το ερωτηματολόγιο που εξέταζε τις δεξιότητες αξιολόγησης των αποδεικτικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων που μελετούν οι μαθητές και το εκπαιδευτικό υλικό με σειρά πειραματικών δραστηριοτήτων για την εννοιολογική περιοχή της εξάτμισης και της συμπύκνωσης. Στη δεύτερη φάση, πραγματοποιήθηκε η εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε στους μαθητές των σχολείων (διδακτική παρέμβαση) και η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων από τους μαθητές πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση (προ-τεστ και μετά-τεστ). Στη τρίτη φάση, αφού ολοκληρώθηκε η συλλογή των δεδομένων, πραγματοποιήθηκε η ανάλυσή τους και η εξαγωγή των συμπερασμάτων.

Αρχικά, το ερωτηματολόγιο που συγκροτήθηκε δόθηκε σε πέντε μαθητές (πιλοτική έρευνα). Πραγματοποιήθηκε μια σύντομη συλλογική συζήτηση με τους μαθητές για να εξαχθούν σχόλια και παρατηρήσεις. Επίσης, δόθηκε σε δύο ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, ώστε να ελεγχθεί η εσωτερική του εγκυρότητα και να διορθωθούν τυχόν ελλείψεις ή ασάφειες. Στη συνέχεια, διαμορφώθηκε το ερωτηματολόγιο της κύριας έρευνας, με βάση τις παρατηρήσεις και τις ελλείψεις που επιστημονικώς στην εφαρμογή του στην πιλοτική έρευνα, προκειμένου αυτό να ανταποκρίνεται στους στόχους της έρευνας και να είναι κατανοητό από τους μαθητές.

Στην παρούσα έρευνα το δείγμα της αποτέλεσαν συνολικά 64 μαθητές (33 αγόρια, 31 κορίτσια) που φοιτούσαν στην Ε΄ τάξη τριών δημοτικών σχολείων της Ρόδου.

Το ερωτηματολόγιο

Το ερωτηματολόγιο συγκροτήθηκε με βάση το πλαίσιο αξιολόγησης των αποδεικτικών στοιχείων που έχει προταθεί από τους Knight et al. (2014). Ειδικότερα, το ερωτηματολόγιο περιλάμβανε ένα εισαγωγικό κείμενο, τρεις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και μια ανοικτή ερώτηση (βλ. Παράρτημα). Στο αρχικό κείμενο υπήρχε ένα ερευνητικό ερώτημα, ένας πίνακας δεδομένων και ένα επιστημονικό επιχειρήμα. Η πρώτη ερώτηση ζητούσε από τους μαθητές να εντοπίσουν τα αποδεικτικά στοιχεία που περιέχονται στο επιχειρήμα. Η δεύτερη ερώτηση ζητούσε από τους μαθητές να αναγνωρίσουν, ανάμεσα σε διάφορες προτάσεις, το αποδεικτικό στοιχείο που είναι αναγκαίο να περιλαμβάνεται στο επιχειρήμα. Η τρίτη ερώτηση ζητούσε από τους μαθητές να κρίνουν αν ένα αποδεικτικό στοιχείο που τους δίνεται είναι ισχυρό ή ασθενές. Η τέταρτη ερώτηση ζητούσε από τους μαθητές να συγκρίνουν δύο επιχειρήματα που έχουν ίδιο ισχυρισμό αλλά διαφορετικά αποδεικτικά στοιχεία.

Οι πειραματικές δραστηριότητες

Οι σύγχρονες προσεγγίσεις για τη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες εδράζονται στην εποικοδομητικές απόψεις για τη μάθηση και θεωρούν ότι ο μαθητής δεν λαμβάνει παθητικά τη γνώση αλλά αντίθετα οικοδομεί ενεργητικά τη γνώση μέσα από γνωστικές, κοινωνικές και πολιτισμικές διαδικασίες (NRC, 2012). Βασική θέση των εποικοδομητικών απόψεων για τη μάθηση είναι ότι οι μαθητές έχουν διαμορφωμένες αντιλήψεις για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών (Driver & Oldham, 1986). Η διανοητική και πρακτική εργασία που σχετίζεται με την επεξεργασία και την αναθεώρηση των αντιλήψεων εδράζεται στην εμπλοκή των μαθητών με επιστημονικές πρακτικές (NRC, 2012). Για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες έχουν προταθεί οι ακόλουθες οκτώ επιστημονικές πρακτικές (NGSS Lead States, 2013): (α) υποβολή ερωτημάτων, (β) ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, (γ) σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας, (δ) ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, (ε) χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, (στ) συγκρότηση εξηγήσεων, (ζ) εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία και (η) απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.

Οι παραπάνω απόψεις απετέλεσαν το υπόβαθρο για τη σχεδίαση μιας σειράς πειραματικών δραστηριοτήτων για την εξάτμιση και τη συμπύκνωση. Ειδικότερα, σε ό,τι αφορά τη δομή των πειραματικών δραστηριοτήτων που συγκροτήθηκαν, αυτές περιλαμβάνουν τα ακόλουθα στάδια.

(α) *Προβληματισμός*: Με σκοπό να αναδυθούν οι αντιλήψεις των μαθητών τίθενται ένα πρόβλημα στους μαθητές.

(β) *Προβλέψεις*: Οι μαθητές, μολονότι είναι οργανωμένοι σε ομάδες, εργάζονται ατομικά και απαντούν γραπτά στις ερωτήσεις του προβλήματος.

(γ) *Συνειδητοποίηση διαφωνιών και διαμόρφωση ερωτήματος προς έρευνα:* Πραγματοποιείται συζήτηση ανάμεσα στους μαθητές κάθε ομάδας, με στόχο τη συνειδητοποίηση των μεταξύ τους διαφωνιών. Ακολουθεί αντιπαράθεση των μαθητών στην προσπάθειά τους να υποστηρίξουν τις απόψεις τους. Οι αντιπρόσωποι των ομάδων ανακοινώνουν τα αποτελέσματα των συζητήσεων των ομάδων στο σύνολο των μαθητών της τάξης. Πραγματοποιείται συζήτηση των μαθητών σε επίπεδο τάξης με τον συντονισμό του εκπαιδευτικού με στόχο τη διατύπωση από πλευράς μαθητών του ερωτήματος για έρευνα.

(δ) *Σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας:* Οι μαθητές, με τη βοήθεια κατάλληλων ερωτήσεων που υπάρχουν στο φύλλο εργασίας τους, σχεδιάζουν και πραγματοποιούν έρευνα με σκοπό να απαντήσουν στο ερευνητικό ερώτημα που έθεσαν. Αφού διατυπώσουν υποθέσεις, αναγνωρίζουν τις μεταβλητές που υπεισέρχονται στην έρευνα, πραγματοποιούν έλεγχο των μεταβλητών (αναγνωρίζοντας την ανεξάρτητη και την εξαρτημένη μεταβλητή, καθώς επίσης και τις μεταβλητές ελέγχου), περιγράφουν τα βήματα της πειραματικής διαδικασίας που θα ακολουθήσουν, συγκεντρώνουν όργανα και υλικά, υλοποιούν το πείραμα και συλλέγουν και καταγράφουν τα δεδομένα.

(ε) *Συγκρότηση «αρχικού» επιχειρήματος:* Οι μαθητές, με τη βοήθεια κατάλληλων ερωτήσεων που υπάρχουν στο φύλλο εργασίας τους, καλούνται ατομικά να καταγράψουν ένα ισχυρισμό, τα αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό και ένα συλλογισμό που συνδέει τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό.

(στ) *Αντιπαράθεση επιχειρημάτων:* Πραγματοποιείται συζήτηση ανάμεσα στους μαθητές κάθε ομάδας με στόχο την αντιπαραβολή των επιχειρημάτων τους. Ακολουθεί αντιπαράθεση των μαθητών στην προσπάθειά τους να υποστηρίξουν τα επιμέρους συστατικά στοιχεία των επιχειρημάτων τους.

(ζ) *Αξιολόγηση και αναθεώρηση επιχειρήματος:* Οι μαθητές, με τη βοήθεια μιας κλίμακας διαβαθμισμένων κριτηρίων για την αξιολόγηση των επιχειρημάτων (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2013), αξιολογούν είτε το δικό τους επίχειρημα είτε τα επιχειρήματα των συμμαθητών τους. Πραγματοποιείται συζήτηση των μαθητών σε επίπεδο τάξης με τον συντονισμό του εκπαιδευτικού πάνω στις διαφωνίες που έχουν ανακύψει.

(η) *Συγκρότηση «τελικού» επιχειρήματος:* Οι μαθητές καλούνται με βάση τα όσα έχουν προηγηθεί στο προηγούμενο στάδιο να καταγράψουν εκ νέου ένα ισχυρισμό, τα αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό και ένα συλλογισμό που συνδέει τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό.

(θ) *Αναστοχασμός:* Οι μαθητές μελετούν εκ νέου το «αρχικό» επίχειρημα και το συγκρίνουν με το «τελικό» επίχειρημα. Συζητούν τις ομοιότητες και τις διαφοροποιήσεις με τους συμμαθητές της ομάδας τους.

Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

Τα δεδομένα της έρευνας απετέλεσαν οι γραπτές απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ως μονάδα ανάλυσης ορίστηκε η απάντηση που συνέταξε κάθε μαθητής σε κάθε ερώτηση που του τέθηκε. Για την αξιολόγηση των απαντήσεων των μαθητών στην ανοικτού τύπου ερώτηση (τέταρτη ερώτηση) χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων που έχει αναπτυχθεί από τους Knight et al, 2014) (βλ. Πίνακας 1).

Η ανάλυση των δεδομένων επέτρεψε την αποτύπωση, σε επίπεδο απόλυτων τιμών και εκατοστιαίων κατανομών, των επιπέδων των δεξιοτήτων τους να εντοπίζουν τα αποδεικτικά στοιχεία σε επιχειρήματα, να αναγνωρίζουν αποδεικτικά στοιχεία που είναι αναγκαίο να περιλαμβάνονται σε επιχειρήματα, να κρίνουν αποδεικτικά στοιχεία, καθώς επίσης και να συγκρίνουν και να αξιολογούν επιχειρήματα με βάση τα αποδεικτικά τους στοιχεία, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Για τη μελέτη του ζητήματος της εξέλιξης των απαντήσεων των μαθητών, οι απαντήσεις των μαθητών χωρίστηκαν σε δυο κατηγορίες: (α) κατάλληλες απαντήσεις (απαντήσεις προς την κατεύθυνση της σχολικής εκδοχής της επιστημονικής γνώσης) και (β) εναλλακτικές απαντήσεις (απαντήσεις διαφορετικές της σχολικής εκδοχής της επιστημονικής γνώσης) και χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό τεστ χ^2 για τη σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών στο αρχικό και το τελικό ερωτηματολόγιο. Ο καθορισμός και η ερμηνεία των συσχετίσεων βασίστηκε στις τιμές του χ^2 και των τυποποιημένων υπολοίπων.

Πίνακας 1. Η κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων για τη σύγκριση δύο επιχειρημάτων που έχουν τον ίδιο ισχυρισμό αλλά διαφορετικά αποδεικτικά στοιχεία

| Επίπεδα | Περιγραφή |
|-----------|--|
| Επίπεδο 3 | Ο μαθητής επιλέγει ορθά και κρίνει την ποιότητα των αποδεικτικών στοιχείων που χρησιμοποιούνται και στα δύο επιχειρήματα |
| Επίπεδο 2 | Ο μαθητής επιλέγει ορθά και κρίνει την ποιότητα των αποδεικτικών στοιχείων που χρησιμοποιούνται μόνο στο ένα επιχείρημα |
| Επίπεδο 1 | Ο μαθητής επιλέγει ορθά χωρίς αιτιολόγηση ή επιλέγει ορθά και αναφέρει ότι το ένα επιχείρημα περιλαμβάνει ισχυρότερα αποδεικτικά στοιχεία, όμως η αιτιολόγηση είναι λανθασμένη |
| Επίπεδο 0 | Ο μαθητής δεν επιλέγει ή επιλέγει λανθασμένα |

Αποτελέσματα

Εντοπισμός αποδεικτικού στοιχείου

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην πρώτη ερώτηση του ερωτηματολογίου προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στις απαντήσεις που προτείνουν οι μαθητές (βλ. Πίνακα 2). Πιο συγκεκριμένα, πριν τη διδακτική παρέμβαση η πλειοψηφία των μαθητών προτείνει εναλλακτικές απαντήσεις, δηλαδή δεν εντοπίζει ορθά το αποδεικτικό στοιχείο (70,31%), ενώ μετά τη διδακτική παρέμβαση η πλειοψηφία των μαθητών προτείνει την κατάλληλη απάντηση, δηλαδή εντοπίζει ορθά το αποδεικτικό στοιχείο που περιλαμβάνεται στο επιχείρημα (79,69%). Μάλιστα, διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($\chi^2=30,3$, $df=1$, $p<0.0001$). Ειδικότερα, πριν τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές τείνουν να επιλέγουν εναλλακτικές απαντήσεις, ενώ μετά τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές τείνουν να επιλέγουν την κατάλληλη απάντηση.

Πίνακας 2. Οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν στον εντοπισμό του αποδεικτικού στοιχείου σε ένα επιχείρημα πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες (f, f%) και τυποποιημένα υπόλοιπα (R)

| Κατηγορίες απαντήσεων | Προ-τεστ | | | Μετά-τεστ | | |
|-----------------------|----------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | f | f% | R | f | f% | R |
| Κατάλληλη | 19 | 29,69 | -2,62 | 51 | 79,69 | +2,62 |
| Εναλλακτική | 45 | 70,31 | +2,88 | 13 | 20,31 | -2,88 |

Αναγνώριση αποδεικτικού στοιχείου

Με βάση τις απαντήσεις των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στη δεύτερη ερώτηση του ερωτηματολογίου προκύπτει ότι (βλ. Πίνακα 3) ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές δεν αναγνωρίζουν το αποδεικτικό στοιχείο που μπορεί να περιλαμβάνεται σε ένα επιχείρημα προκειμένου αυτό να είναι ισχυρότερο (67,19%), μετά τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές αναγνωρίζουν το αποδεικτικό στοιχείο (76,56%). Επίσης, διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($\chi^2=22,98$, $df=1$, $p<0.0001$). Πιο συγκεκριμένα, πριν τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές τείνουν να επιλέγουν εναλλακτικές απαντήσεις, ενώ μετά τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές τείνουν να επιλέγουν την κατάλληλη απάντηση.

Πίνακας 3. Οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν στην αναγνώριση του αποδεικτικού στοιχείου που μπορεί να περιλαμβάνεται σε ένα επιχείρημα πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες (f, f%) και τυποποιημένα υπόλοιπα (R)

| Κατηγορίες απαντήσεων | Προ-τεστ | | | Μετά-τεστ | | |
|-----------------------|----------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | f | f% | R | f | f% | R |
| Κατάλληλη | 21 | 32,81 | -2,28 | 49 | 76,56 | +2,28 |
| Εναλλακτική | 43 | 67,19 | +2,51 | 15 | 23,44 | -2,51 |

Κρίση αποδεικτικού στοιχείου

Από την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στη τρίτη ερώτηση του ερωτηματολογίου διαπιστώνεται ότι (βλ. Πίνακα 4) ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές δεν κρίνουν ορθά αν ένα αποδεικτικό στοιχείο είναι ισχυρό ή ασθενές (68,75%), μετά τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές κρίνουν ορθά αν ένα αποδεικτικό στοιχείο είναι ισχυρό ή ασθενές (71,88%). Επίσης, διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($\chi^2=19,55$, $df=1$, $p<0.0001$). Ειδικότερα, πριν τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές τείνουν να επιλέγουν εναλλακτικές απαντήσεις και μετά τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές τείνουν να επιλέγουν την κατάλληλη απάντηση.

Πίνακας 4. Οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν στη κρίση ενός αποδεικτικού στοιχείου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες (f, f%) και τυποποιημένα υπόλοιπα (R)

| Κατηγορίες απαντήσεων | Προ-τεστ | | | Μετά-τεστ | | |
|-----------------------|----------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | f | f% | R | f | f% | R |
| Κατάλληλη | 20 | 31,25 | -2,18 | 46 | 71,88 | +2,18 |
| Εναλλακτική | 44 | 68,75 | +2,25 | 18 | 28,12 | -2,25 |

Σύγκριση και αξιολόγηση δύο επιχειρημάτων με βάση τα αποδεικτικά στοιχεία

Με βάση τις απαντήσεις των μαθητών στη τέταρτη ερώτηση του ερωτηματολογίου προκύπτει ότι (βλ. Πίνακα 5) πριν τη διδακτική παρέμβαση οι απαντήσεις σχεδόν των μισών μαθητών εντάσσονται στο επίπεδο 0. Είναι σημαντικό το ποσοστό των μαθητών που οι απαντήσεις τους εντάσσονται στο επίπεδο 1 (39,06%). Είναι ελάχιστοι οι μαθητές που οι απαντήσεις εντάσσονται στο επίπεδο 2 (7,81%). Μετά τη διδακτική παρέμβαση είναι αρκετά μειωμένο το ποσοστό των μαθητών που οι απαντήσεις τους ανήκουν στο επίπεδο 0 (20,31%) και έχουν αυξηθεί τα ποσοστά των απαντήσεων που εντάσσονται στα επίπεδα 2 και 3 (31,25% και 12,5% αντίστοιχα).

Πίνακας 5. Οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν στη σύγκριση και την αξιολόγηση επιχειρημάτων με βάση τα αποδεικτικά τους στοιχεία πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες (f, f%) και τυποποιημένα υπόλοιπα (R)

| Επίπεδα απαντήσεων | Προ-τεστ | | Μετά-τεστ | |
|--------------------|----------|-------|-----------|-------|
| | f | f% | f | f% |
| Επίπεδο 3 | 1 | 1,56 | 8 | 12,50 |
| Επίπεδο 2 | 5 | 7,81 | 20 | 31,25 |
| Επίπεδο 1 | 25 | 39,06 | 23 | 35,94 |
| Επίπεδο 0 | 33 | 51,57 | 13 | 20,31 |

Επίσης, διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($\chi^2=4,75$, $df=1$, $p<0.0293$). Η συσχέτιση αυτή οφείλεται στις ακόλουθες τάσεις (βλ. Πίνακα 6): (α) πριν τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές τείνουν να επιλέγουν απαντήσεις επιπέδου 0 και όχι επιπέδων 2 και 3 και (β) μετά τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές τείνουν να επιλέγουν απαντήσεις επιπέδων 2 και 3 και όχι απαντήσεις επιπέδου 0.

Πίνακας 6. Οι συχνότητες (f) των επιπέδων των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στη σύγκριση και την αξιολόγηση επιχειρημάτων με βάση τα αποδεικτικά τους στοιχεία πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση και τα αντίστοιχα τυποποιημένα υπόλοιπα (R)

| Επίπεδα απαντήσεων | Προ-τεστ | | Μετά-τεστ | |
|--------------------|----------|-------|-----------|-------|
| | f | R | f | R |
| Επίπεδα 2 & 3 | 6 | -2,55 | 28 | +2,55 |
| Επίπεδο 1 | 25 | +0,1 | 23 | -0,1 |
| Επίπεδο 0 | 33 | +2,09 | 13 | -2,09 |

Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε ότι πριν την εφαρμογή της σειράς των πειραματικών δραστηριοτήτων οι περισσότεροι μαθητές πρότειναν εναλλακτικές απαντήσεις στις ερωτήσεις που τους τέθηκαν. Συνεπώς, οι δεξιότητες των μαθητών να εντοπίζουν τα αποδεικτικά στοιχεία σε επιχειρήματα, να αναγνωρίζουν αποδεικτικά στοιχεία που είναι αναγκαίο να περιλαμβάνονται σε επιχειρήματα, να κρίνουν αποδεικτικά στοιχεία και να συγκρίνουν επιχειρήματα με βάση την ποιότητα των αποδεικτικών στοιχείων τους, δεν ήταν αναπτυγμένες. Η παραπάνω διαπίστωση μπορεί να αποδοθεί στο ότι στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών σπάνια παρέχονται ευκαιρίες στους μαθητές να αξιολογούν επιχειρήματα και σπάνια υποστηρίζονται στην προσπάθειά τους να συγκροτούν επιχειρήματα (Newton et al, 1999).

Όμως, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση η πλειονότητα των μαθητών πρότεινε εναλλακτικές απαντήσεις στις ερωτήσεις που τους τέθηκαν, μετά τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές πρότειναν κατάλληλες απαντήσεις. Μάλιστα, διαπιστώθηκε μια στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Τα ευρήματα της παρούσας εργασίας καταδεικνύουν ότι η ανάπτυξη των δεξιοτήτων που αφορούν στην αξιολόγηση των αποδεικτικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων στους μαθητές της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου, μέσω της εφαρμογής μιας σειράς πειραματικών δραστηριοτήτων για την εξάτμιση και τη συμπύκνωση των υγρών, αναδείχθηκε εφικτή. Τα ευρήματα της εργασίας αυτής είναι δυνατόν να αποδοθούν σε λόγους που σχετίζονται με τη διδακτική στρατηγική που ακολουθήθηκε και στις πειραματικές δραστηριότητες που χρησιμοποιήθηκαν.

Μολονότι η ανάπτυξη δεξιοτήτων που αφορούν στην αξιολόγηση της ποιότητας των αποδεικτικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων που μελετούν οι μαθητές, μέσω των πειραματικών δραστηριοτήτων, αναδείχθηκε εφικτή, ωστόσο υπάρχουν μαθητές που δεν ανέπτυξαν αυτές τις δεξιότητες. Συνεπώς, η ανάπτυξη τέτοιων δεξιοτήτων δεν είναι απρόσκοπτη. Καταδεικνύεται επομένως η ανάγκη δημιουργίας ενός πλαισίου, που να υποστηρίζει εκπαιδευτικούς και μαθητές τόσο στη διαδικασία υποστήριξης ενός ισχυρισμού με αποδεικτικά στοιχεία και συλλογισμούς όσο και αξιολόγησης των επιχειρημάτων. Προς αυτή την κατεύθυνση κατατείνουν σχετικά πρόσφατες ερευνητικές προσπάθειες (Katchevich et al, 2014; Krajcik & McNeill, 2009; Kyza et al, 2011; Sampson et al, 2011; Songer & Gotwals, 2012). Η παρούσα εργασία με τα ευρήματά της συνεισφέρει προς αυτή την κατεύθυνση.

Στην έρευνα αυτή συμμετείχαν μαθητές τριών δημοτικών σχολείων και συνεπώς τα ευρήματά της υπόκεινται στους περιορισμούς του δείγματος. Επιπλέον, η έρευνα πραγματοποιήθηκε μόνο με τη χρήση ερωτηματολογίων. Η χρήση συνέντευξης ή ο συνδυασμός ερωτηματολογίου και συνέντευξης αλλά και η μελέτη του λόγου των μαθητών σε όλη τη διάρκεια των διδασκαλιών, θα επέτρεπαν τη διερεύνηση, σε μεγαλύτερο βάθος, της διαδικασίας ανάπτυξης των δεξιοτήτων των μαθητών που αφορούν στην αξιολόγηση των αποδεικτικών στοιχείων των επιχειρημάτων. Επιπρόσθετα, η μελέτη του λόγου των μαθητών σε όλη τη διάρκεια των διδασκαλιών θα επέτρεπε να εντοπιστούν οι πειραματικές δραστηριότητες που συμβάλουν σημαντικά στην ανάπτυξη αυτών των δεξιοτήτων.

Η παρούσα εργασία εστιάστηκε αποκλειστικά στη διερεύνηση της εξέλιξης των δεξιοτήτων των μαθητών να αξιολογούν γραπτά επιχειρήματα που μελετούν με βάση τα αποδεικτικά τους στοιχεία. Δεν έχει μελετηθεί η εξέλιξη των δεξιοτήτων τους να αξιολογούν γραπτά επιχειρήματα με βάση την ποιότητα των συλλογισμών και των αντικρούσεων που αυτά περιλαμβάνουν. Επίσης, δεν έχει διερευνηθεί η εξέλιξη των δεξιοτήτων τους να αξιολογούν επιχειρήματα στον προφορικό λόγο και δεν έχει διερευνηθεί αν υπάρχουν διαφοροποιήσεις ανάμεσα στις δεξιότητές τους να αξιολογούν προφορικά επιχειρήματα και στις δεξιότητές τους να αξιολογούν γραπτά επιχειρήματα. Επιπρόσθετα, δεν έχει διερευνηθεί η συσχέτιση ανάμεσα στην ανάπτυξη δεξιοτήτων που αφορούν στην αξιολόγηση επιχειρημάτων και στην οικοδόμηση γνώσεων. Η έρευνα αυτή θα συμβάλει στη σχεδίαση νέου εκπαιδευτικού υλικού που να επιδιώκει την ανάπτυξη των δεξιοτήτων τους να αξιολογούν επαρκώς γραπτά ή προφορικά επιχειρήματα και στην οικοδόμηση γνώσεων.

Αναφορές

- Bell, P., & Linn, M. (2000). Scientific arguments as learning artifacts: Designing for learning from the Web with KIE. *International Journal of Science Education*, 22, 797–817.
- Berry, A., Mulhall, P., Gunstone, R.F., & Loughran, J.J., (1999). Helping Students Learn from Laboratory Work. *Australian Science Teachers Journal*, 45(1), 27-31.

- Dkeidek, I., Mamlok-Naaman, R., & Hofstein, A. (2012). Assessment of the laboratory learning environment in an inquiry-oriented chemistry laboratory in Arab and Jewish high schools in Israel. *Learning Environments Research*, 15, 141–169.
- Driver, R. & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84, 287–312.
- Gustone, R.F., (1991). Reconstructing theory from practical experience. In B.E. Woolnough (ed.), *Practical Science* (pp. 67-77). Milton Keynes: Open University Press.
- Hodson, D. (1991). Practical work in science: Time for a reappraisal. *Studies in Science Education*, 19, 175–184.
- Hofstein, A., & Kind, P. (2012) Learning in and from science laboratories. In B. Fraser, K. Tobin & K. McRobbie (Eds.), *Second Handbook of Research in Science Teaching* (pp. 189-208). Dordrecht NL: Springer.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis M., & Naaman-Mamlok., R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 791-806.
- Högström, P., Ottander, C., & Benckert, S. (2010). Labwork and learning in secondary school chemistry: The importance of teacher and student interaction. *Research in Science Education*, 40, 505-523.
- Holfstein, A., & Lunetta, V.N. (2004). The laboratory in science education: Foundation for the 21st century. *Science Education*, 88, 28-54.
- Katchevich, D., Mamlok-Naaman, R., & Hofstein, A. (2014). The characteristics of openended inquiry-type chemistry experiments that enable argumentative discourse. *Sisyphus-Journal of Education*, 2(2), 74-99.
- Knight, A. M., Alves, C. B., Cannady, M. A., McNeill, K. L., & Pearson, P. D. (2014, April). Assessing middle school students' abilities to critique scientific evidence. Paper presented at the annual meeting of NARST, Pittsburg, PA.
- Knight, A. M., McNeill, K. L., Corrigan, S., & Barber, J. (2013, April). Student assessments for reading and writing scientific arguments. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.
- Krajcik, J., & McNeill, K. (2009). Designing instructional materials to support students' in writing scientific explanations: using evidence and reasoning across the Middle School years. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Hyatt Regency Orange County, Garden Grove, CA.
- Kyza, E., Constantinou, C. P., & Spanoudis, G., (2011). Sixth graders' co-construction of explanations of a disturbance in an ecosystem: exploring relationships between grouping, reflective scaffolding and evidence-based explanations. *International Journal of Science Education*, 33(18), 2489-2525.
- Luketic, C. D., & Dolan, E. L. (2013). Factors influencing student perceptions of high-school science laboratory environments. *Learning Environments Research*, 16, 37–47.
- McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2007). Middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations. In Lovett, M & Shah, P (Eds.), *Thinking with data* (pp. 233-265). New York, NY: Taylor & Francis Group, LLC.
- McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2012). *Supporting grade 5-8 students in constructing explanations in science: The claim, evidence and reasoning framework for talk and writing*. New York, NY: Pearson Allyn & Bacon.
- McNeill, K. L. (2011). Elementary students' views of explanation, argumentation and evidence and abilities to construct arguments over the school year. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(7), 793-823.
- McNeill, K. L., Lizotte, D. J, Krajcik, J., & Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153-191.
- Millar, R., & Abrahams, I. (2009). Practical work: Making it more effective. *School Science Review*, 91(334), 59-64.
- National Research Council (NRC). (2012). *A Framework for K–12 Science Education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- Newton, P., Driver, R., & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21, 553–576.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Osborne, J. (1998). Science education without a laboratory? In J.J. Wellington (Ed.), *Practical work in school science. Which way now?* (pp. 156-173). London: Routledge.
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. (2011). Argument-Driven Inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study. *Science Education*, 95(2), 217-257.
- Sandoval, W. (2003). Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. *The Journal of the Learning Sciences*, 12, 5–51.

- Songer, N. B. & Gotwals, A. W. (2012). Guiding explanation construction by children at the entry points of learning progressions. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(2), 141-165.
- Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Woolnough B. (1995). School effectiveness for different types of potential scientists and engineers. *Research in Science and Technological Education*, 13, 53-66.
- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 35–62.
- Σκουμιός, Μ. & Χατζηνικήτα, Β. (2013) Η ποιότητα των εξηγήσεων των μαθητών του δημοτικού στις Φυσικές Επιστήμες. Στο: Πιερράτος, Θ., Αρτέμη, Σ., Πολάτογλου, Χ. & Κουμαράς, Π. (επιμ.), Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου: «Ποια Φυσική έχει νόημα να διδάσκονται τα παιδιά μας σήμερα;» (σ. 323-330). Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης και Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, saph2013.web.auth.gr.

Παράρτημα

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Σε πέντε δοχεία διαφορετικών χρωμάτων και μεγεθών υπάρχει νερό ίδιας θερμοκρασίας. Ο κύριος Κώστας ζητά από τους μαθητές του να γράψουν και να υποστηρίξουν την άποψή τους για την ακόλουθη ερώτηση:

Τι επηρεάζει το πόσο γρήγορα εξατμίζεται το νερό (ταχύτητα εξάτμισης του νερού) που είναι σε ένα δοχείο;

Η Μαρία χρησιμοποίησε τα στοιχεία που υπάρχουν στον ακόλουθο πίνακα για να γράψει και να υποστηρίξει την άποψή της.

| Χρώμα δοχείου που έχει το νερό | Επιφάνεια νερού (σε τ. εκ.) | Ποσότητα νερού (σε γρ.) | Ταχύτητα εξάτμισης νερού |
|--------------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Πράσινο | 50 | 700 | Πολύ μεγάλη |
| Κίτρινο | 40 | 500 | Μεγάλη |
| Καφέ | 30 | 1800 | Μεσαία |
| Πορτοκαλί | 20 | 200 | Μικρή |
| Άσπρο | 10 | 1200 | Πολύ μικρή |

Το κείμενο της Μαρίας:

Όταν η επιφάνεια του νερού είναι μεγάλη τότε η ταχύτητα εξάτμισης του νερού είναι μεγάλη (πρόταση 1). Στο πράσινο δοχείο το νερό έχει επιφάνεια 50 τ. εκ. και η ταχύτητα εξάτμισης είναι πολύ μεγάλη, ενώ στο πορτοκαλί δοχείο το νερό έχει επιφάνεια 20 τ. εκ. και η ταχύτητα εξάτμισης είναι μικρή (πρόταση 2). Η επιφάνεια του νερού στο πράσινο δοχείο είναι μεγαλύτερη από την επιφάνεια του νερού στο πορτοκαλί δοχείο και αυτό κάνει την ταχύτητα εξάτμισης του νερού στο πράσινο δοχείο να είναι πολύ μεγάλη (πρόταση 3).

Ερώτηση 1

Σε ποια πρόταση θεωρείς ότι η Μαρία έχει στοιχεία που υποστηρίζουν την άποψή της;

- Μόνο στην πρόταση 1
- Μόνο στην πρόταση 2
- Στις προτάσεις 1 και 2
- Σε καμιά πρόταση.

Ερώτηση 2

Η Μαρία σκέφτεται να προσθέσει ακόμα ένα στοιχείο για να υποστηρίξει επιπλέον την άποψή της. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις αποτελεί στοιχείο που υποστηρίζει την άποψή της;

- Όταν εξατμίζεται νερό σε ένα δοχείο με μαύρο χρώμα η ταχύτητα εξάτμισής του είναι πολύ μεγάλη
- Η επιφάνεια του νερού που έχει ένα κόκκινο ποτήρι είναι 30 τ. εκ. και η ταχύτητα εξάτμισής του είναι πολύ μεγάλη.
- Η επιφάνεια του νερού που είναι σε ένα μπλε ποτήρι είναι 40 τ. εκ. και η ταχύτητα εξάτμισής του είναι μεγάλη.
- Η επιφάνεια του νερού που είναι σε ένα γαλάζιο ποτήρι είναι η μεγαλύτερη και είναι 50 τ. εκ.

Ερώτηση 3

Η Μαρία λέει ότι όταν η επιφάνεια του νερού είναι μεγάλη τότε ο ρυθμός εξάτμισης του νερού είναι μεγάλος. Η Μαρία θέλει να προσθέσει το παρακάτω στοιχείο για να ενισχύσει την άποψή της:

Η επιφάνεια του νερού σε ένα βυσσινή ποτήρι είναι 15 τ. εκ. και η ταχύτητα εξάτμισης του νερού είναι μεγάλη.

Αυτό το στοιχείο είναι:

- αδύναμο, επειδή δεν έχει σχέση με την άποψη της Μαρίας

- αδύναμο, επειδή υποστηρίζει την αντίθετη άποψη από αυτήν που λέει η Μαρία
- ισχυρό, επειδή υποστηρίζει μια διαφορετική άποψη από αυτήν που προτείνει η Μαρία
- ισχυρό, επειδή υποστηρίζει την άποψη της Μαρίας.

Ερώτηση 4

Ο Κυριάκος είναι επίσης μαθητής στη τάξη του κυρίου Κώστα. Ο κύριος Κώστας ζήτησε από τη Μαρία και τον Κυριάκο να συγκρίνουν τα κείμενά τους.

Το κείμενο της Μαρίας

Όταν η επιφάνεια του νερού είναι μεγάλη τότε η ταχύτητα εξάτμισης του νερού είναι μεγάλη. Στο πράσινο δοχείο το νερό έχει επιφάνεια 50 τ. εκ. και η ταχύτητα εξάτμισης είναι πολύ μεγάλη, ενώ στο πορτοκαλί δοχείο το νερό έχει επιφάνεια 20 τ. εκ. και η ταχύτητα εξάτμισης είναι μικρή. Η επιφάνεια του νερού στο πράσινο δοχείο είναι μεγαλύτερη από την επιφάνεια του νερού στο πορτοκαλί δοχείο και αυτό κάνει την ταχύτητα εξάτμισης του νερού στο πράσινο δοχείο να είναι πολύ μεγάλη.

Το κείμενο του Κυριάκου

Όταν η επιφάνεια του νερού είναι μεγάλη τότε η ταχύτητα εξάτμισης του νερού είναι μεγάλη. Ο Γάλλος χημικός Λαβουαζιέ (που θεωρείται ο πατέρας της σύγχρονης Χημείας) σε ένα βιβλίο του έγραψε ότι η ταχύτητα εξάτμισης του νερού στη θάλασσα είναι μεγάλη. Αυτό είναι ένα καλό παράδειγμα που δείχνει ότι η ταχύτητα εξάτμισης του νερού στο πράσινο δοχείο να είναι πολύ μεγάλη.

Ποιος από τους δύο, η Μαρία ή ο Κυριάκος υποστηρίζει καλύτερα την άποψη που προτείνει;
Γιατί;

Κατασκευάζοντας μια ρουμπρίκα για τη διεξαγωγή πειραμάτων στο νηπιαγωγείο: μια μελέτη περίπτωσης

Μιχαήλ Καλογιαννάκης
Επίκουρος Καθηγητής, Π.Τ.Π.Ε. Πανεπιστήμιο Κρήτης
mkalogian@edc.uoc.gr

Περίληψη

Στις μέρες μας, δίδεται ιδιαίτερη έμφαση στην καταλληλότητα των εκπαιδευτικών παρεμβάσεων για τις Φυσικές Επιστήμες. Τα παιδιά από μικρή ηλικία δέχονται διάφορα ερεθίσματα από το περιβάλλον τους και είναι σε θέση να παρατηρήσουν τις αλλαγές στα φαινόμενα που είναι αντιληπτά στα πλαίσια της καθημερινής εμπειρίας. Στο παρόν κείμενο παρουσιάζουμε το σκεπτικό και τη μεθοδολογία υλοποίησης μίας ρουμπρίκας για την υλοποίηση της πειραματικής διαδικασίας σε παιδιά προσχολικής ηλικίας. Οι πειραματικές δραστηριότητες που στοχεύουν στην αναγνώριση αντικειμένων και φαινομένων και στην εξοικείωση μ' αυτά θεωρούνται ιδιαίτερα αποτελεσματικές και είναι σημαντικό να ξεκινάνε από την προσχολική εκπαίδευση. Ο σχεδιασμός της ρουμπρίκας πειραμάτων πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του σεμιναρίου για την πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης. Τα βασικά τμήματα της ρουμπρίκας είναι: (α) η υλοποίηση πειράματος, (β) τα εκπαιδευτικά χαρακτηριστικά πειράματος, (γ) τα επιπρόσθετα στοιχεία κατά την πειραματική διαδικασία και (δ) ο κριτικός αναστοχασμός της πειραματικής διαδικασίας.

Λέξεις κλειδιά: Προσχολική Εκπαίδευση, πείραμα, ρουμπρίκα αξιολόγησης

Εισαγωγή

Εξέχουσα θέση στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών κατέχει η πειραματική διαδικασία και σημαντικές προσπάθειες καταβάλλονται ώστε να προσφερθούν ευκαιρίες στους μαθητές να εμπλακούν σε πειραματικές δραστηριότητες από την προσχολική ηλικία. Επιχειρώντας να απαντήσουμε σε μερικά από τα βασικά ερωτήματα του συνεδρίου «*Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες*» προσπαθούμε να αναδείξουμε το ρόλο του πειράματος στο νηπιαγωγείο και τους τρόπους με τους οποίους μπορεί να λειτουργήσει η υλοποίησή του στην τάξη. Θα αναζητηθούν τα χαρακτηριστικά στοιχεία τα οποία θα μπορούσαν να έχουν πειράματα και ολόκληρη η διαδικασία ένταξή τους ώστε να απευθύνονται στα παιδιά προσχολικής εκπαίδευσης για να προκαλούν το ενδιαφέρον τους και ουσιαστικά να προετοιμάζουν τους αυριανούς επιστημονικά εγγράμματους πολίτες.

Με την παρούσα πρόταση για τη δημιουργία μιας ρουμπρίκας πειραμάτων αναζητούμε καλές πρακτικές με τις οποίες θα μπορούσαν να υποστηριχθούν τα πειράματα αλλά και γενικότερα οι πειραματικές δραστηριότητες από το χώρο των Φυσικών Επιστημών στο νηπιαγωγείο ώστε πέρα από γνώσεις περιεχομένου, να έχουν ως αντικείμενα την κατανόηση της φύσης των Φυσικών Επιστημών και τη διαμόρφωση θετικών στάσεων στους μικρούς μαθητές για τις Φυσικές Επιστήμες; Απώτερο σκοπό αποτελεί η εξαγωγή συμπερασμάτων τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν στην καθημερινή διδακτική πρακτική στο νηπιαγωγείο για την προετοιμασία και την υλοποίηση πειραμάτων στην τάξη.

Ανλυτικότερα, κατά το ακαδημαϊκό έτος 2013-14 στο πλαίσιο ενός σεμιναριακού μαθήματος στο Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης τέθηκε ο αρχικός προβληματισμός για τη θέση του πειράματος στο νηπιαγωγείο. Επιπρόσθετα, αναζητήθηκαν τα δομικά στοιχεία τα οποία συνιστούν μία επιτυχημένη εισαγωγή της πειραματικής διαδικασίας στην προσχολική εκπαίδευση.

Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Πειραματική διαδικασία

Στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική η θέση ότι η γνώση οικοδομείται στις προϋπάρχουσες νοητικές δομές των μαθητών και οι οποίες συχνά διαφοροποιούνται από την επιστημονική γνώση. Ουσιαστικά, πρόκειται για τις αρχικές ιδέες, με τις οποίες έρχονται οι

μαθητές στο σχολείο και είναι αποτέλεσμα της εμπειρίας τους, της κοινωνικής αλληλεπίδρασης και της προσπάθειάς τους να ερμηνεύσουν τον κόσμο, συμβάλλοντας στην ερμηνεία των εμπειριών τους (Duit & Treagust, 2003).

Σύμφωνα με τον Hofstein (2004), υπάρχουν επαρκή στοιχεία που δηλώνουν ότι το πραγματικό εργαστήριο είναι αποδοτικό διδακτικό μέσο για την επίτευξη των στόχων της μάθησης. Οι μαθητές μπορούν να κατασκευάσουν τις γνώσεις τους, να αναπτύξουν ερευνητικού τύπου δεξιότητες καθώς και ικανότητες επίλυσης προβλήματος. Επίσης, αναπτύσσουν δεξιότητες κινητικές, παρατήρησης, επικοινωνίας και συνεργασίας διαμορφώνοντας θετική στάση απέναντι στην επιστήμη (Hofstein, 2004). Αν και ο Osborne (1998) υποστηρίζει ότι η πρακτική εργασία ("practical work") έχει ένα αυστηρά περιορισμένο ρόλο στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών εξαιτίας της σχετικά μικρής όπως θεωρεί εκπαιδευτικής αξίας, ισχυριζόμαστε ότι η υλοποίηση πειραμάτων στο νηπιαγωγείο είναι πέρα από τα όρια μιας απλής πρακτικής εργασίας. Το εργαστηριακό είναι ένα μοναδικό περιβάλλον μάθησης όπου οι εκπαιδευτικοί μπορούν να ποικίλουν τις εκπαιδευτικές τους τεχνικές και να αποφεύγουν τη μονοτονία και αυτό το περιβάλλον πρέπει να έχει σημαντική θέση και στην προσχολική εκπαίδευση για τη διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Καλογιαννάκης & Ρεκούμη, 2013; Καλογιαννάκης & Ρεκούμη, 2014).

Όμως, είναι γεγονός ότι δεν υπάρχει απλοϊκή σχέση μεταξύ των εργαστηριακών εμπειριών και της επιστημονικής εκπαίδευσης και για αυτό είναι απαραίτητη μια καλά σχεδιασμένη πειραματική διαδικασία. Το εργαστήριο μπορεί να επιτύχει σημαντικά μαθησιακά αποτελέσματα όταν οι μαθητές αλληλεπιδρούν με τη συμμετοχή κινητικών και διανοητικών δεξιοτήτων και όταν δεν επηρεάζονται οι επιδόσεις τους από τις προσδοκίες των εκπαιδευτικών τους και τον προσανατολισμό των εργαστηριακών οδηγιών και των φύλλων εργασίας, κάτι που συμβαίνει στην πραγματικότητα (Hofstein, 2004). Προς την ίδια κατεύθυνση και άλλοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι οι πειραματικές δραστηριότητες που στοχεύουν στην αναγνώριση αντικειμένων και φαινομένων και στην εξοικείωση μ' αυτά είναι αποτελεσματικές ενώ δεν συμβαίνει όμως το ίδιο με την κατανόηση εννοιών. Οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες στη σύνδεση του πεδίου των αντικειμένων και των ιδεών (Millan, Lubben, Gott, & Duggan, 1994).

Ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες αναδύονται οι διδακτικές πρακτικές που μπορούν να βοηθήσουν να εξομαλυνθούν οι σχέσεις της σχολικής φυσικής με τους μαθητές και τον κοινωνικό τους περίγυρο όπως η σύνδεση με την καθημερινή ζωή, τα απλά πειράματα με καθημερινά υλικά, η διατύπωση ορισμών και εννοιών. Είναι σημαντικό να διαπιστωθεί μέσω προβληματικών καταστάσεων η ανάγκη κατάλληλων προβλημάτων που απαιτούν τη δημιουργικότητα των μαθητών και όχι τεχνητές και αδιάφορες ασκήσεις (Πιερράτος, 2013).

Στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών είναι απαραίτητο να δίνεται προτεραιότητα στην εμπλοκή των μαθητών σε διαδικασίες παρατήρησης, χειρισμού και επεξεργασίας υλικών και αντικειμένων (Millar et al, 1999). Μερικές από τις βασικές αρχές για την επιτυχημένη υλοποίηση πειραμάτων στο Δημοτικό σχολείο όπως έχουν διαπιστωθεί από τον Κουμαρά (2002) είναι:

- Τα παιδιά πρέπει να εστιάζουν στο φαινόμενο με τη χρήση απλών και καθημερινών υλικών.
- Τα παιδιά πιστεύουν συχνά ότι η «επιτυχία» ενός πειράματος οφείλεται στην περίπλοκη διάταξη και τα ακριβά υλικά. Όμως, όταν τα πειράματα υλοποιούνται με καθημερινά υλικά τα παιδιά συνδέουν την επιστήμη με απλές καθημερινές καταστάσεις και δραστηριότητες.
- Η χρήση καθημερινών υλικών απομυθοποιεί την επιστήμη και την κάνει καθημερινή δραστηριότητα αναζήτησης και απάντησης ουσιαστικών ερωτημάτων.
- Τα παιδιά μέσω της ενεργητικής συμμετοχικής διαδικασίας και της εμπλοκής τους σε πειραματικές δραστηριότητες με απλά υλικά αποκτούν μια θετικότερη στάση για τις Φυσικές Επιστήμες.
- Η απλότητα των υλικών και των διαδικασιών φαίνεται να ενθαρρύνει σημαντικά τους πιο «αδύνατους» μαθητές.

Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση - Εργαστήριο και Πείραμα

Η προσχολική εκπαίδευση θέτει τις βάσεις για τη μαθησιακή και προσωπική εξέλιξη των παιδιών. Σύμφωνα με τους Conezio & French (2002) οι Φυσικές Επιστήμες στην προσχολική εκπαίδευση δεν θα πρέπει να είναι μία πολύπλοκη διαδικασία ή μία διακριτή δραστηριότητα η οποία πραγματοποιείται ξεχωριστά από τις καθημερινές σχολικές ρουτίνες. Όπως επισημαίνουν κάθε στιγμή είναι ευκαιρία για τα μικρά παιδιά να ασχοληθούν με την επιστήμη, να εξερευνήσουν τον κόσμο γύρω

τους και να αναπτύξουν θεωρίες για τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί ο κόσμος (Conezio & French, 2002). Τα παιδιά καθώς προσπαθούν να κατανοήσουν και να ερμηνεύσουν τον κόσμο γύρω τους «κατασκευάζουν» ιδέες οι οποίες κάποιες φορές δεν συμφωνούν με τις επιστημονικές. Συχνά, οι ιδέες αυτές αποτελούν εμπόδιο στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών διότι τις χρησιμοποιούν ως βάση, προσπαθώντας να αφομοιώσουν την επιστημονική γνώση στις αρχικές ιδέες τους (Ioannides & Vosniadou, 2001; Ραβάνης, 2001).

Είναι γεγονός ότι αρκετοί νηπιαγωγοί είναι διστακτικοί να εισαγάγουν τις Φυσικές Επιστήμες στην τάξη τους κυρίως λόγω της δική τους αποσπασματικής αρχικής εκπαίδευσης και συχνά αναφέρουν ότι αισθάνονται λιγότερο προετοιμασμένοι να διδάξουν Φυσικές Επιστήμες σε σχέση με τα υπόλοιπα αντικείμενα. Οι νηπιαγωγοί με τις γνώσεις που κατέχουν θα πρέπει κατά το σχεδιασμό δραστηριοτήτων από το χώρο των Φυσικών Επιστημών να μετασχηματίζουν κατάλληλα την εκπαιδευτική γνώση, ώστε να εναρμονιστεί με τις απαιτήσεις - δυνατότητες - ενδιαφέροντα των παιδιών. Από τη δεκαετία του '90, η εκπαιδευτική έρευνα στον τομέα της προσχολικής εκπαίδευσης έχει συσσωρεύσει μια σειρά αποτελεσμάτων όπου διαπιστώνεται ότι, από τη μία πλευρά, η συγκρότηση βιωματικών νοητικών παραστάσεων στη σκέψη των νηπίων οι οποίες έχουν χαρακτηριστικά που βρίσκονται σε μεγάλες αποστάσεις από τα χαρακτηριστικά των μοντέλων των Φυσικών Επιστημών (Trundle & Sackes, 2015) ενώ από την άλλη υπάρχει η δυνατότητα μετασχηματισμού τους διαμέσου μέσω κατάλληλα σχεδιασμένων διδακτικών παρεμβάσεων (Ραβάνης, 1999). Ειδικότερα, σύμφωνα με τον Τσελφέ (2002) οι μορφές εργαστηριακών δραστηριοτήτων που επικρατούν δεν είναι όλες ιδανικές για όλους τους εκπαιδευόμενους ή για όλα τα αντικείμενα καθώς κάθε μαθητής έχει τις δικές του ξεχωριστές ανάγκες.

Οι δραστηριότητες από το χώρο των Φυσικών Επιστημών στο νηπιαγωγείο δεν είναι μόνο ένα εμπειριστικό κατασκεύασμα του νηπιαγωγού. Ουσιαστικά, η δυσκολία των εκπαιδευτικών προσχολικής εκπαίδευσης να μετασχηματίσουν κατάλληλα το επιστημονικό περιεχόμενο ώστε να γίνεται κατανοητό από τα μικρά παιδιά, αποτελεί ένδειξη ότι αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της ανεπαρκώς ανεπτυγμένης παιδαγωγικής γνώσης του περιεχομένου (Tytler 2002, Garbett 2004).

Στο επίπεδο της προσχολικής εκπαίδευσης, η διδακτική προσέγγιση με την πειραματική διαδικασία, τις Τεχνολογίες της Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) και με την ενεργητική εμπλοκή των γονέων στη φάση της συγκέντρωσης και εμπλουτισμού των καθημερινών υλικών έχει ιδιαίτερα ενθαρρυντικά αποτελέσματα (Γκαντάκη & Καλογιαννάκης, 2013) και μπορεί να στρέψει τις αντιλήψεις των παιδιών προς τις επιστημονικά αποδεκτές απόψεις για διάφορα θέματα από το χώρο των Φυσικών Επιστημών. Η γωνιά του δραματικού παιχνιδιού αλλά και οι γωνιές της τέχνης και της χειροτεχνίας αποτελούν από τα πιο δημοφιλή μέρη για τα παιδιά προσχολικής ηλικίας ενώ λιγότερο δημοφιλής παραμένει η «γωνιά» των Φυσικών Επιστημών (Hanley et al, 2009). Επιπρόσθετα, σε πρόσφατες εργασίες μας μελετάμε την ανάγκη για την εισαγωγή ενός εργαστηρίου (αντί για «γωνιά») για τις Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση για τη διδασκαλία βασικών γεωλογικών φαινομένων και εννοιών (Καλογιαννάκης & Ρεκούμη, 2013; Καλογιαννάκης & Ρεκούμη, 2014). Βασικός σκοπός των παραπάνω εργασιών ήταν να παρουσιαστούν απλές πειραματικές δραστηριότητες με τις οποίες μπορούμε να εισαγάγουμε τις έννοιες των ηφαιστείων, των σπηλαίων καθώς και άλλων γεωλογικών φαινομένων και εννοιών σε παιδιά προσχολικής ηλικίας, συμβάλλοντας ταυτόχρονα στην εκπαίδευση για την κατανόηση του γεωπεριβάλλοντος και της δημιουργίας του. Για το σχεδιασμό των προτεινόμενων δραστηριοτήτων ακολουθήθηκαν οι αρχές για τη δημιουργία ενός εργαστηρίου («γωνιάς») Φυσικών Επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση (Καλογιαννάκης & Ρεκούμη, 2013; Καλογιαννάκης & Ρεκούμη, 2014).

Ρουμπρίκα πειραμάτων - Κριτήρια αξιολόγησης πειραματικής διαδικασίας

Περί ρουμπρίκας

Ο όρος «ρουμπρίκα» - στα αγγλικά (rubric) - μπορεί να αποδοθεί με τον όρο «κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων» ή «φύλλα περιγραφικής αξιολόγησης» (Αλεβυζάκη, 2008). Σημαντικός αριθμός εμπειρογνομόνων θεωρεί τη ρουμπρίκα ως ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο, καθώς ανήκει στο είδος της διαμορφωτικής αξιολόγησης, παρέχοντας τη δυνατότητα αξιολόγησης και συνεχούς ανατροφοδότησης σε ερευνητές, εκπαιδευτικούς, μαθητές και γονείς και μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να αξιολογηθεί ένα πλήθος προφορικών και γραπτών δραστηριοτήτων (Αλεβυζάκη, 2008).

Για την κατασκευή μιας ρουμπρίκας για την υλοποίηση πειραμάτων από μελλοντικούς νηπιαγωγούς προσπαθήσαμε να ακολουθήσουμε τις βασικές προδιαγραφές δημιουργίας μιας κλίμακας διαβαθμισμένων κριτηρίων, όπως έχουν τεθεί από τους Κουλουμπαρίτση & Ματσαγγούρα (2004). Αναλυτικότερα, βασική μας μέριμνα κατά το σχεδιασμό της ρουμπρίκας για την εισαγωγή και υλοποίηση των πειραμάτων στην προσχολική εκπαίδευση ήταν τα παρακάτω:

- Να συμπεριλάβουμε ένα ικανοποιητικό και όσο το δυνατόν πληρέστερο αριθμό κριτηρίων για την εισαγωγή της πειραματικής διαδικασίας στην προσχολική εκπαίδευση. Όταν ο αριθμός των κριτηρίων είναι πολύ μεγάλος, η ρουμπρίκα καθίσταται δυσλειτουργική, ενώ όταν είναι πολύ μικρός, δεν προσφέρει επαρκείς πληροφορίες αναφορικά με το προς αξιολόγηση αντικείμενο.
- Τα επίπεδα επίδοσης να είναι λειτουργικά.
- Οι περιγραφές των επιπέδων επίδοσης, όπου αναλύονται τα επιμέρους χαρακτηριστικά, να είναι όσο το δυνατόν πιο κατατοπιστικές, ώστε να απευθύνονται σε μεγαλύτερο κοινό (π.χ. γονείς, φοιτητές, εκπαιδευτικούς) και όχι μόνο σε ειδικούς από το χώρο της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών για την προσχολική εκπαίδευση.

Μεθοδολογία

Στην παρούσα έρευνα συμμετείχαν 15 φοιτήτριες 4^{ου} έτους σπουδών και μελλοντικοί νηπιαγωγοί οι οποίες παρακολουθούσαν το σεμινάριο «Εργαστηριακές Εφαρμογές στις Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση» κατά το ακαδημαϊκό έτος 2013-14. Τα σεμινάρια στο Πανεπιστήμιο Κρήτης αποτελούν μία ιδιαίτερη κατηγορία μαθημάτων στα οποία ο φοιτητής με την καθοδήγηση του καθηγητή ερευνά ένα ειδικό θέμα. Δικαίωμα εγγραφής σε κάθε σεμινάριο έχουν οι φοιτητές οι οποίοι έχουν ήδη παρακολουθήσει και εξετασθεί επιτυχημένα σ' ένα τουλάχιστον σχετικό μάθημα από την ενότητα μαθημάτων, στην οποία ανήκει η επιστημονική περιοχή του σεμιναρίου. Το συγκεκριμένο σεμινάριο αφορούσε στην πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση και οι φοιτήτριες του σεμιναρίου είχαν ήδη παρακολουθήσει με επιτυχία μαθήματα σχετικά με τη διδακτική των Φυσικών Επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση.

Στο πρώτο στάδιο ζητήθηκε από το κοινό του σεμιναρίου να προβληματιστούν πάνω στο παρακάτω ζήτημα: Ποιά στοιχεία συνιστούν «επιτυχημένη» την υλοποίηση ενός πειράματος σε παιδιά προσχολικής ηλικίας; Στη συνέχεια, δόθηκε ο απαραίτητος χρόνος για μια αρχική καταγραφή των απόψεων των φοιτητριών. Έπειτα, ζητήθηκε να γίνει η επεξεργασία των στοιχείων σε μικρές ομάδες 2-3 ατόμων και να πραγματοποιηθεί συζήτηση στις μικρές ομάδες και προβληματισμός γύρω από το ζήτημα που είχε τεθεί.

Στο δεύτερο στάδιο μελετήθηκαν αναλυτικά τα πρακτικά όλων των Πανελληνίων συνεδρίων για τις Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση. Τα συνέδρια αυτά είναι περιοδικά, έχουν ξεκινήσει το 1999 και διεξάγονται ανά διετία στα Παιδαγωγικά Τμήματα Προσχολικής Εκπαίδευσης στην Ελλάδα και στην Κύπρο. Τα δημοσιευμένα πρακτικά των επιστημονικών εργασιών των συνεδρίων είναι ελεύθερα προσβάσιμα και διαθέσιμα σε ηλεκτρονική μορφή στην ιστοσελίδα του Εθνικού Κέντρου Τεκμηρίωσης στον παρακάτω σύνδεσμο:

<http://epublishing.ekt.gr/en/publisher/Laboratory-Pedagogical-Research-Applications>

Στον Πίνακα 1 που ακολουθεί παρουσιάζονται αναλυτικά οι σχετικά αναφορές για τα δημοσιευμένα πρακτικά των εργασιών των Πανελληνίων συνεδρίων:

Πίνακας 1. Πρακτικά Πανελληνίων Συνεδρίων για τις Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση από το 1999 μέχρι το 2015

| Συνέδριο | Επιμέλεια -Έτος | Τίτλος βιβλίου Πρακτικών |
|----------------|--|--|
| 1 ^ο | Ραβάνης, Κ. 2001 | Η μύηση των μικρών παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες. Εκπαιδευτικές και διδακτικές διαστάσεις. Πάτρα: Πανεπιστήμιο Πατρών.0 |
| 2 ^ο | Τσιτουρίδου, Μ. 2003 | Οι Φυσικές Επιστήμες και οι επιστήμες της τεχνολογίας της πληροφορίας και της επικοινωνίας στην προσχολική εκπαίδευση. Θεσσαλονίκη: Τζιόλας. |
| 3 ^ο | Λουκά, Α., Παπαδημήτρη-Καχριμάνη, Χρ. & Κωνσταντίνου, Κ. 2004 | Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και αξιοποίηση νέων τεχνολογιών στη νηπιακή ηλικία. Λευκωσία: Πανεπιστήμιο Κύπρου. |
| 4 ^ο | Χρηστίδου, Β. 2006 | Εκπαιδύοντας τα μικρά παιδιά στις Φυσικές Επιστήμες. Ερευνητικοί προσανατολισμοί και παιδαγωγικές πρακτικές. Θεσσαλονίκη: Κυριακίδης. |
| 5 ^ο | Πλακίτση, Κ. | Επιστήμη και Κοινωνία: Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική |

| | | |
|----------------|---|--|
| | 2010 | Εκπαίδευση. Ιωάννινα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. |
| 6 ^ο | Δημητρίου, Α. 2013 | Εννοιες για τη φύση και το περιβάλλον στην προσχολική εκπαίδευση. Ερευνητικά δεδομένα, μεθοδολογικές προσεγγίσεις και εκπαιδευτικές εφαρμογές. Θεσσαλονίκη: Επίκεντρο. |
| 7 ^ο | Παπαδοπούλου, Π. & Καριώτογλου, Π. 2013 | Υπερβαίνοντας τα όρια της τυπικής και μη εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες και το Περιβάλλον. Πρακτικά 7 ^ο Πανελληνίου Συνεδρίου – Οι Φυσικές Επιστήμες στο Νηπιαγωγείο. Φλώρινα: Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας. |
| 8 ^ο | Τσελφές, Β. 2015 | Η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών στην εκπαίδευση, επιμόρφωση, μετεκπαίδευση των Νηπιαγωγών. Αθήνα, 19-21 Δεκεμβρίου 2014 (υπό έκδοση) |
| 9 ^ο | Καλογιαννάκης, Μ. 2017 | Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση: Σύγχρονες Τάσεις και Προοπτικές. Ρέθυμνο: Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης Πανεπιστήμιο Κρήτης, 27-29 Μαΐου 2016 (υπό διαμόρφωση). |

Στο τρίτο στάδιο πραγματοποιήθηκε η συνολική επεξεργασία των στοιχείων της ρουμπρίκας και διαμορφώθηκαν οι τελικοί άξονες. Επίσης, αφαιρέθηκαν τα κοινά στοιχεία στους επιμέρους άξονες για να αποφευχθούν οι διάφορες επικαλύψεις. Στη συνέχεια, ξεκίνησε η υλοποίηση πειραμάτων στο σεμιναριακό μάθημα στο Πανεπιστήμιο Κρήτης ώστε να δοθεί η ευκαιρία να χρησιμοποιηθεί στην πράξη το εργαλείο το οποίο είχε δημιουργηθεί.

Αποτελέσματα

Σ' αυτό το τμήμα της μελέτης μας παρουσιάζουμε αναλυτικά τη ρουμπρίκα αξιολόγησης των πειραμάτων. Η ρουμπρίκα παρατίθεται στο Παράρτημα του κειμένου μας. Οι βασικοί άξονες της ρουμπρίκας όπως προέκυψαν από το τρίτο στάδιο της έρευνας ήταν οι παρακάτω:

Α' άξονας: Υλοποίηση πειράματος.

Β' άξονας: Εκπαιδευτικά χαρακτηριστικά πειράματος.

Γ' άξονας: Επιπρόσθετα στοιχεία κατά την πειραματική διαδικασία.

Δ' άξονας: Κριτικός αναστοχασμός πειραματικής διαδικασίας.

Αναφορικά με τον πρώτο άξονα ο οποίος αφορούσε την υλοποίηση του πειράματος, ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην καταλληλότητα του πειράματος και στο κατά πόσο μπορεί να γίνει κατανοητό και να απευθυνθεί σε παιδιά προσχολικής ηλικίας. Επίσης, φαίνεται να απασχολεί ιδιαίτερα εάν πραγματοποιείται με σχετική ευκολία στην τάξη καθώς και το κόστος των υλικών. Κατά την υλοποίηση του πειράματος είναι σημαντικό να συγκεντρώνει την προσοχή του παιδιών και να αντιπροσωπεύει ξεκάθαρα κάποια έννοια ή φαινόμενο από το χώρο των Φυσικών Επιστημών.

Αναφορικά με το δεύτερο άξονα της ρουμπρίκας, ο οποίος αφορούσε τα βασικότερα εκπαιδευτικά χαρακτηριστικά του πειράματος ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στη ξεκάθαρη διατύπωση των στόχων του πειράματος και στην επαρκή ανάλυση της έννοιας ή του φαινομένου που παρουσιάστηκε. Επίσης, σημαντική θέση κατέχει η κατανομή ρόλων και ευθυνών στα μέλη της ομάδας καθώς και η διάθεση και ενεργητικότητα κατά την υλοποίηση του πειράματος χωρίς να απαιτηθούν ειδικές επιστημονικές γνώσεις ώστε να μπορεί να πραγματοποιηθεί από τη νηπιαγωγό στην τάξη. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η εισαγωγή του κριτηρίου που αναφέρεται στην αξιοποίηση των φάσεων του διερευνητικού μοντέλου κατά την υλοποίηση του πειράματος.

Αναφορικά με τον τρίτο άξονα της ρουμπρίκας σχετικά με τα επιπρόσθετα αλλά απαραίτητα στοιχεία κατά την πειραματική διαδικασία δόθηκε ιδιαίτερα έμφαση στη σύνδεση του πειράματος με τις καθημερινές εμπειρίες των παιδιών και στη βιβλιογραφική ανασκόπηση που πρέπει να έχει υλοποιηθεί από τον εκπαιδευτικό για τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις των παιδιών για την έννοια ή το φαινόμενο που αντιστοιχεί στο πείραμα που θα υλοποιηθεί. Επίσης, θεωρείται αναγκαία η αξιοποίηση των ΤΠΕ και της τέχνης κατά την υλοποίηση του πειράματος καθώς και η ενεργητική συμμετοχή του «κοινού» με σχετικές ερωτήσεις αλλά και τη γενικότερη προετοιμασία της ομάδας για την πραγματοποίηση της πειραματικής διαδικασίας.

Στον τέταρτο άξονα της ρουμπρίκας δόθηκε η δυνατότητα του κριτικού αναστοχασμού της ομάδας για ολόκληρη τη διαδικασία. Στον άξονα αυτό δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην αντικειμενική αξιολόγηση της ομάδας που παρουσίαζε καθώς και στη συνάφεια με την αντίστοιχη θεωρία που παρουσιάστηκε από την κάθε ομάδα. Όπως αναφέρθηκε η ρουμπρίκα πειραμάτων που δημιουργήθηκε εφαρμόστηκε στο πλαίσιο του σεμιναριακού μαθήματος στο Πανεπιστήμιο Κρήτης.

Για κάθε άξονα υπάρχει η δυνατότητα να προστεθεί η επιλογή («Άλλο») με κάποιο στοιχείο που δεν αναφέρεται ρητά στον αντίστοιχο άξονα και θα μπορούσε να προστεθεί στη ρουμπρίκα των πειραμάτων για παιδιά προσχολικής ηλικίας.

Συμπεράσματα - Προοπτικές

Στις μέρες μας, υπάρχουν σημαντικές αποδείξεις ότι τα παιδιά προσχολικής ηλικίας έχουν πλούσιο νοητικό υπόβαθρο στο πώς αντιλαμβάνονται τα υλικά αντικείμενα και ερμηνεύουν τις αλληλεπιδράσεις τους μέσα στο περιβάλλον. Σύμφωνα με την Πλακίτση (2007) οι βιωματικές νοητικές αναπαραστάσεις και οι διδακτικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ άλλων μπορούν να αποτελέσουν ένα ολοκληρωμένο σύγχρονο παράδειγμα εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες στην προσχολική εκπαίδευση. Παλιότερα, η αναγκαιότητα της διδασκαλίας θεμάτων από το χώρο των Φυσικών Επιστημών στις μικρές ηλικίες αντιμετωπιζόταν απλά μέσω της εκλαΐκευσης του επιστημονικού αντικειμένου. Όμως, τα τελευταία χρόνια η σύγχρονη διδακτική των Φυσικών Επιστημών στην προσχολική και πρώτη παιδική ηλικία έχει κάνει την υπέρβαση να «συνδιαλέγεται» με άλλα επιστημονικά πεδία, σε μια «από κάτω προς τα πάνω» προσέγγιση (Πλακίτση, 2007). Η προτεινόμενη ρουμπρίκα για την υλοποίηση πειραμάτων στο νηπιαγωγείο αναδεικνύει το σημαντικό αριθμό παραγόντων οι οποίοι υπηρετούνται για την εισαγωγή των πειραμάτων στην προσχολική εκπαίδευση.

Η παρούσα πρόταση προέκυψε μέσα από τη συγκεκριμένη μεθοδολογία που ακολουθήσαμε και στο άμεσο μέλλον είναι σημαντικό να γίνει επαναπροσδιορισμός των τεσσάρων αξόνων καθώς και των αναλυτικών στοιχείων της ρουμπρίκας και αναδόμηση των σχετικών κριτηρίων. Όμως, θα πρέπει να επισημανθεί ότι δεν υπάρχει ένα μόνο κριτήριο ή μία ομάδα κριτηρίων που καθιστά ολοκληρωμένη μία ρουμπρίκα υλοποίησης των πειραμάτων για την προσχολική εκπαίδευση. Ο επαναπροσδιορισμός αυτός μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσα από τη συστηματική εφαρμογή της ρουμπρίκας στην τάξη και την ένταξη της πειραματικής διαδικασίας στις καθημερινές ρουτίνες του νηπιαγωγείου.

Επίσης, θα είχε ιδιαίτερο ενδιαφέρον να προσδιοριστούν εκ νέου τα στοιχεία της ρουμπρίκας με την εφαρμογή τους σε μία ποικιλία πειραμάτων κατάλληλα διαμορφωμένων για παιδιά προσχολικής ηλικίας. Είναι σημαντικό να διευρυνθεί η παρούσα πρόταση με μία αντίστοιχη ρουμπρίκα για την υλοποίηση πειραμάτων σε μαθητές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Απαραίτητη κρίνεται επίσης η σύνδεση των στοιχείων της ρουμπρίκας με την οικογένεια για την ενδυνάμωση της σχέσης νηπιαγωγείο, φυσικές επιστήμες, πειράματα και κοινωνικό περιβάλλον των παιδιών.

Αναφορές

- Conezio, K., & French, L. (2002). Science in the Preschool Classroom. Capitalizing on Children's Fascination with the Everyday World to Foster Language and Literacy Development. *Young Children*, 57(5) 12-18.
- Duit, R., & Treagust, D. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25, 671-688.
- Garbett, D. (2004). Science Education in Early Childhood Teacher Education: Putting Forward a Case to Enhance Student Teachers' Confidence and Competence. *Early Childhood Research Quarterly*, 19(2004), 138-149.
- Hanley, G. P., Tiger, J. H., Ingvarsson, E. T., & Cammilleri, A. P. (2009). Influencing preschoolers' free-play activity preferences: An evaluation of satiation and embedded reinforcement. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 42(1), 33-41.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88 (1), 28-54.
- Ioannides, C., & Vosniadou, S. (2001). The changing meanings of force: from coherence to fragmentation. *Cognitive Science Quarterly*, 2(1), 5-62.
- Millan, R., Lubben, F., Gott, R., & Duggan, S. (1994). Investigating the school science laboratory: conceptual and procedural knowledge and their influence on performance. *Research Papers Education* 9(2), 207-248.
- Millar, R., Tiberghien, A., & Le Maréchal, J.-F. (2002). Varieties of labwork: A way of profiling labwork tasks. In D. Psillos & H. Niedderer (Eds.), *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 9-20). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

- Osborne, J. (1998). Science education without a laboratory? In J.J. Wellington (Ed.), *Practical work in school science. Which way now?* (pp. 156-173). London: Routledge.
- Trundle, K.-C., & Sackes, M. (Eds.) (2015). *Research in Early Childhood Science Education*. Dordrecht: Springer.
- Tytler, R., Waldrip, B., & Griffiths, M. (2002). Talking to effective teachers of primary science. *Investigating*, 18(4), 11-15.
- Αλεβυζάκη, Ε. (2008). *Ρουμπρικές αξιολόγησης της επίδοσης μαθητών σε συνεργατικά περιβάλλοντα μάθησης* (Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία). Τμήμα διδακτικής της Τεχνολογίας και Ψηφιακών Συστημάτων, Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
- Γκαντάκη, Μ., & Καλογιαννάκης, Μ. (2013). Διδασκαλία θεμάτων από το μακρόκοσμο σε παιδιά προσχολικής ηλικίας: το διάστημα και οι πλανήτες με χρήση των ΤΠΕ. Στο Θ. Πιερράτος, Σ. Αρτέμη, Χ. Πολάτογλου & Π. Κουμαράς (Επιμ.), *Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Ποια Φυσική έχει νόημα να διδάσκονται τα παιδιά μας σήμερα;»* (σσ. 303-312), Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 9-10 Μαρτίου 2013, Διαθέσιμο στο: sarth2013.web.auth.gr, τελευταία πρόσβαση 03/10/2015.
- Καλογιαννάκης, Μ., & Ρεκούμη, Χ. (2013). Δημιουργία εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών για τη διδασκαλία γεωλογικών φαινομένων σε παιδιά προσχολικής ηλικίας. Στο Α. Δημητρίου (Επιμ.), *Πρακτικά του 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου για τις Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση*. (σσ. 221-230). Αλεξανδρούπολη, 3-5 Δεκεμβρίου 2010.
- Καλογιαννάκης, Μ., & Ρεκούμη, Χ. (2014). Δημιουργία εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών για τη διδασκαλία γεωλογικών φαινομένων σε παιδιά προσχολικής ηλικίας: η περίπτωση της διδασκαλίας των σπηλαίων. Στο Π. Καριώτογλου & Π. Παπαδοπούλου (Επιμ.), *Φυσικές Επιστήμες και Περιβάλλον στην Προσχολική Εκπαίδευση*, 247-264, Αθήνα: Gutenberg.
- Κουλουμπαρίτση, Α., & Ματσαγγούρας, Η. (2004). Φάκελος εργασιών του μαθητή (Portfolio): Η αυθεντική αξιολόγηση στη διαθεματική διδασκαλία. Στο Π. Αγγελίδης & Γ. Μαυροειδής (Επιμ.), *Εκπαιδευτικές Καινοτομίες για το Σχολείο του Μέλλοντος*. Αθήνα: Τυπωθήτω - Γ. Δαρδανός.
- Κουμαράς, Π. (2003). *Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Χριστοδουλίδη.
- Πιερράτος, Θ. (2013). Η σχολική Φυσική, τα μαθηματικά και ο υπέροχος φυσικός κόσμος «εκεί έξω». Στο Θ. Πιερράτος, Σ. Αρτέμη, Χ. Πολάτογλου & Π. Κουμαράς (Επιμ.), *Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Ποια Φυσική έχει νόημα να διδάσκονται τα παιδιά μας σήμερα;»* (σσ. 161-163), Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 9-10 Μαρτίου 2013, Διαθέσιμο στο: sarth2013.web.auth.gr, τελευταία πρόσβαση 03/10/2015.
- Πλακίτση, Κ. (2007). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών στην Προσχολική και στην πρώτη σχολική ηλικία: Σύγχρονες τάσεις και προοπτικές*. Αθήνα: Πατάκης
- Ραβάνης, Κ. (1999). *Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση*. Αθήνα: Gutenberg-Τυπωθήτω.
- Ραβάνης, Κ. (2001). *Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση. Διδακτική και γνωστική προσέγγιση*. Αθήνα: Τυπωθήτω - Γ. Δαρδανός.
- Τσελφές, Β. (2002). *Δοκιμή και Πλάνη: Το εργαστήριο στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Νήσος.

Παράρτημα

ΡΟΥΜΠΡΙΚΑ για την υλοποίηση και αξιολόγηση της πειραματικής διαδικασίας στην προσχολική εκπαίδευση

Παρακαλούμε σημειώστε με κύκλο την απάντηση που σας αντιπροσωπεύει

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------|----------|-----------|-----------|---------|-------|---|---|---|----|
| καθόλου | σε μικρό | σε μέτριο | σε μεγάλο | σε πολύ | | | | | |
| | βαθμό | βαθμό | βαθμό | μεγάλο | βαθμό | | | | |

| Α' άξονας: Υλοποίηση πειράματος | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1. Είναι το πείραμα που προτείνεται κατάλληλο και κατανοητό για παιδιά προσχολικής ηλικίας; | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2. Έγινε κατανοητό ως προς την έννοια ή το φαινόμενο το οποίο διαπραγματεύτηκε από το χώρο των φυσικών επιστημών; | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 3. Πραγματοποιείται με ευκολία πετυχημένα η υλοποίηση του πειράματος στην τάξη; | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 4. Είναι εφικτό να τηρηθούν ορισμένα βασικά χρονικά περιθώρια; | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 5. Είναι σχετικά χαμηλό το κόστος των υλικών που απαιτούνται για την υλοποίησή τους; | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 6. Αντιπροσωπεύει ξεκάθαρα κάποια έννοια ή φυσικό φαινόμενο; | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 7. Παρέχει ικανοποιητικές και χρήσιμες επεξηγήσεις για κάποια έννοια ή φυσικό φαινόμενο; | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 8. Καταφέρνει να συγκεντρώσει την προσοχή του κοινού κατά την υλοποίησή του; | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 9. Θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί σε μια τάξη στο νηπιαγωγείο στο μέλλον; | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 10. Άλλο (σημειώστε) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

| Β' άξονας: Εκπαιδευτικά χαρακτηριστικά πειράματος | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1. Οι στόχοι του πειράματος διατυπώθηκαν ξεκάθαρα; | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2. Δόθηκαν αναλυτικές επεξηγήσεις πριν τη διεξαγωγή του πειράματος; | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 3. Δόθηκαν αναλυτικές επεξηγήσεις κατά τη διεξαγωγή του πειράματος; | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 4. Υπήρξε επαρκής ανάλυση της έννοιας ή του φαινομένου που παρουσιάστηκε; | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 5. Υπήρξε κατανομή ρόλων και ευθυνών από τα μέλη της ομάδας; | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 6. Υπήρξε διάθεση και ενεργητικότητα κατά την παρουσίαση από όλη την ομάδα; | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 7. Υπήρξε αξιοποίηση των φάσεων του αποκαλυπτικού (διερευνητικού) μοντέλου κατά την υλοποίηση του πειράματος; | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 8. Πραγματοποιήθηκε ικανοποιητική εισαγωγή των νέων εννοιών; | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 9. Η διεξαγωγή του πειράματος δεν απαιτούσε ειδικές επιστημονικές γνώσεις και μπορεί να πραγματοποιηθεί από τον/τη νηπιαγωγό; | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 10. Άλλο (σημειώστε) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

| Γ' άξονας: Επιπρόσθετα στοιχεία κατά την πειραματική διαδικασία | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1. Πραγματοποιήθηκε σύνδεση του πειράματος με καθημερινές εμπειρίες των παιδιών; | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2. Αναφέρθηκε κάποια βιβλιογραφική ανασκόπηση των αντιλήψεων των παιδιών για την έννοια ή το φαινόμενο που παρουσιάστηκε; | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 3. Υπήρξαν θεωρητικές αναφορές σε κάποιες έννοιες ή φυσικά φαινόμενα (π.χ. δόθηκαν κάποια στοιχεία/ορισμοί, δημιουργήθηκε κάποιος εννοιολογικός χάρτης, κ.ά.) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 4. Ήταν εφικτή η αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών (π.χ υπολογιστής, ταμπλέτα, κινητό) ή κάποια μορφή τέχνης (π.χ. μουσικής); | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 5. Δόθηκε η δυνατότητα από την ομάδα που παρουσίασε για συμμετοχή του κοινού; | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 6. Τέθηκε ικανοποιητικός αριθμός ερωτήσεων στην ομάδα που παρουσίασε; | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 7. Δόθηκαν ικανοποιητικές απαντήσεις στις ερωτήσεις που τέθηκαν; | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 8. Δόθηκε μια λίστα με τα υλικά, τα βασικά βήματα για την υλοποίηση του πειράματος και για το φαινόμενο ή την έννοια που παρουσιάστηκε; | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 9. Σε ποίο βαθμό είστε ικανοποιημένος/-η από την προετοιμασία της ομάδας που παρουσίασε και νιώθετε ότι μάθατε κάτι καινούργιο για κάποια έννοια ή φαινόμενο από το χώρο των φυσικών επιστημών; | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 10. Άλλο (σημειώστε) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

| Δ' άξονας: Κριτικός αναστοχασμός πειραματικής διαδικασίας | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1. Θεωρώ ότι αξιολόγησα αντικειμενικά τους συναδέλφους μου. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2. Η αξιολόγησή μου γινόταν σ' όλη τη διάρκεια της παρουσίασης του πειράματος. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 3. Η αξιολόγησή μου ήταν σε συνάφεια με την αντίστοιχη θεωρία και δεν είχε σκοπό να κολακέψει την ομάδα που παρουσίαζε. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 4. Άλλο (σημειώστε) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

Αναφερθείτε αναλυτικά στα στοιχεία που θα βελτιώναν την παρουσίαση του πειράματος καθώς και ολόκληρη την παρουσίαση της ομάδας (π.χ. τι άλλο θα θέλατε να παρακολουθήσετε, αδύνατα σημεία, κ.ά.)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Συνεδρία Δ3

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Μια απλή διάταξη για την επίδειξη φαινομένων που σχετίζονται με την εξίσωση Bernoulli

Παναγιώτης Λάζος
Φυσικός, 26ο ΓΕΛ Αθηνών (Μαράσλειο)
taklazos@gmail.com

Περίληψη

Η εργασία παρουσιάζει την αρχή λειτουργίας, την κατασκευή και τη χρήση μια απλής διάταξης για την επίδειξη του φαινομένου Bernoulli. Πρόκειται, ουσιαστικά, για την υλοποίηση διάταξης που παρουσιάζεται στο κεφάλαιο της ρευστομηχανικής από το βιβλίο Φυσικής Προσανατολισμού της Γ' Λυκείου. Χρησιμοποιούνται απλά και οικονομικά υλικά που μπορούν να βρεθούν και να συναρμολογηθούν εύκολα.

Λέξεις κλειδιά: Εξίσωση Bernoulli

Εισαγωγή

Η εξίσωση Bernoulli είναι μία από τις βασικότερες εξισώσεις στη ρευστομηχανική των ιδανικών ρευστών αποτελώντας, ουσιαστικά, μια έκφραση της διατήρησης της ενέργειας στη ροή του ρευστού.

Σύμφωνα με την εξίσωση για κάθε σημείο μίας φλέβας ενός ιδανικού ρευστού ισχύει (Ιωάννου κ.ά., 2015):

$$p + 1/2\rho v^2 + \rho gy = \text{σταθερό} \quad (1)$$

όπου:

p: η πίεση στο σημείο,

ρ : η πυκνότητα του ρευστού,

v: η ταχύτητα του ρευστού στο σημείο,

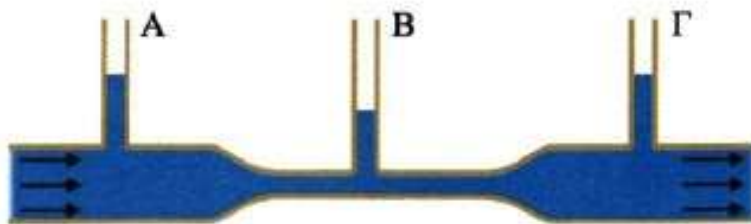
g: η επιτάχυνση της βαρύτητας,

y: η κατακόρυφη απόσταση του σημείου από ένα επίπεδο αναφοράς.

Στην περίπτωση οριζόντιου σωλήνα η σχέση (1) παίρνει την μορφή:

$$p + 1/2\rho v^2 = \text{σταθερό} \quad (2)$$

Στην Εικόνα 1 (Ιωάννου κ.ά., 2015) αποτυπώνεται οριζόντιος σωλήνας, ο οποίος διαρρέεται από νερό. Η διαφορετική στάθμη του νερού στους κατακόρυφους σωλήνες Α, Β και Γ σχετίζεται άμεσα με τη μικρότερη πίεση στο σημείο Β σε σχέση με εκείνη των σημείων Α και Γ.

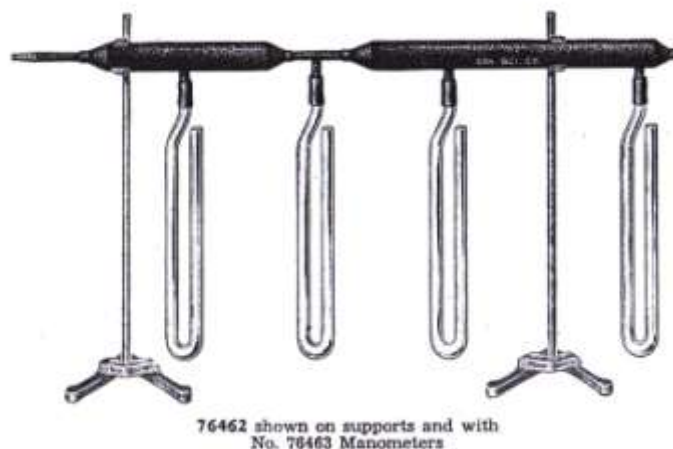


Εικόνα 1. Εφαρμογή της εξίσωσης Bernoulli σε οριζόντιο σωλήνα.

Πειραματική διάταξη για την επίδειξη φαινομένων σχετικά με την εξίσωση Bernoulli

Ο αμερικανικός κατασκευαστικός οίκος επιστημονικών οργάνων Central Scientific Company (CENCO) διέθετε στα μέσα του 20^{ου} αιώνα μια διάταξη εμπνευσμένη από την εικόνα 1. Η διάταξη της εικόνας 2, με κωδικό 76462, ονομάζεται Bernoulli's principle apparatus, κόστιζε 12\$, έχει μήκος περίπου 1,2 m (3,5 feet) και είναι κατασκευασμένη από ορείχαλκο (CENCO, 1941). Στο μεσαίο τμήμα ο σωλήνας παρουσιάζει μια στένωση. Στο ένα άκρο του σωλήνα μπορεί να συνδεθεί παροχή αέρα. Υπάρχουν συνολικά 4 οπές στο σωλήνα (μία στο τμήμα με τη στένωση, μία στο αρχικό πλατύτερο τμήμα και δύο στο τελευταίο πλατύτερο τμήμα) στις οποίες μπορούν να συνδεθούν

γυάλινα ανοικτά μανόμετρα, στα οποία τοποθετείται νερό που έχει χρωματιστεί για ευκολότερη παρατήρηση της ανύψωσής του από τους μαθητές και, ενδεχομένως, λήψη μετρήσεων. Η όλη διάταξη στηρίζεται σε κατάλληλους ορθοστάτες.



Εικόνα 2. Bernoulli's principle apparatus από τον εμπορικό κατάλογο της CENCO

Όταν κατευθυνθεί ρεύμα αέρα εντός της διάταξης η ανύψωση του νερού στα μανόμετρα δεν είναι η ίδια και συγκεκριμένα σε εκείνο που έχει συνδεθεί στη στένωση είναι σαφώς μικρότερη (Εικόνα 3), όπως προβλέπεται από τη θεωρία.



Εικόνα 3. Η διάταξη της CENCO σε λειτουργία

Η διάταξη έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στη δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση στις ΗΠΑ και όχι μόνο, με αποτέλεσμα να έχουν αναδειχθεί και κάποια μειονεκτήματα. Το κυριότερο, μάλλον, από αυτά είναι πως η διάταξη χρησιμοποιεί τα γυάλινα μανόμετρα τα οποία δεν είναι πάντα διαθέσιμα ενώ παράλληλα είναι ιδιαίτερα ευπαθή και εύθραυστα με αποτέλεσμα να γίνεται δύσκολη η χρήση αλλά και η μεταφορά της διάταξης (Chafee & Sieradzan, 1989). Έχει προταθεί, λοιπόν, τα μανόμετρα να αντικατασταθούν με... κεριά. Η διάταξη τοποθετείται στο ύψος του πάγκου, χωρίς ορθοστάτες και δίπλα στις οπές τοποθετούνται αναμμένα κεριά. Όταν παροχετευθεί αέρας εντός της διάταξης τότε η φλόγα των κεριών που βρίσκονται στις οπές των πλατύτερων τμημάτων κλίνει σαφώς μακριά από τη διάταξη και συχνά σβήνει, ενώ η φλόγα που βρίσκεται δίπλα στο στενό τμήμα κλίνει προς τη διάταξη

και μάλιστα εισέρχεται στην οπή. Εναλλακτικά, μπορούν τα κεριά να βρίσκονται αρχικά μακριά από τις οπές και να πλησιάζουν σταδιακά ώστε η παρατήρηση να έχει μεγαλύτερη διάρκεια (Chafee & Sieradzan, 1989). Η ιδέα παρουσιάζει απλότητα και επιδεικνύει σαφώς το φαινόμενο. Η έλλειψη δυνατότητας ποσοτικών μετρήσεων προσμετρείται στα μειονεκτήματα μόνο αν η λήψη μετρήσεων ανήκει στους διδακτικούς στόχους του εκπαιδευτικού.

Κατασκευάζοντας μία απλή διάταξη

Σε ελάχιστα σχολικά εργαστήρια υπάρχει μια παρόμοια διάταξη με αυτή της CENCO, ενώ θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμη στη διδασκαλία της νεοεισαχθείσας ρευστομηχανικής στη φυσική προσανατολισμού της Γ' τάξης. Το κενό αυτό προσπαθεί να καλύψει η διάταξη που προτείνουμε. Για την κατασκευή χρειάζονται τα εξής υλικά, που διαθέτει οποιοδήποτε κατάστημα με υδραυλικά είδη με συνολικό κόστος που δεν υπερβαίνει τα 9 ευρώ:

Σωλήνας PVC Φ63, μήκος 1m,

Σωλήνας PVC Φ32, μήκος 1m,

2 συστολές Φ63/50,

2 συστολές Φ50/32.

Οι συστολές είναι ειδικές υποδοχές που επιτρέπουν σε δύο σωλήνες διαφορετικής διατομής να ενωθούν μεταξύ τους. Με ένα σιδηροπρίονο κόβονται δύο τμήματα μήκους περίπου 40cm από το σωλήνα Φ63 και ένα τμήμα ίδιου μήκους από το σωλήνα Φ32. Στο μέσο κάθε τμήματος ανοίγεται μια οπή διαμέτρου 1cm με κατάλληλο τρυπάνι. Στη συνέχεια τοποθετείται μία συστολή Φ63/50 στο ένα άκρο κάθε τμήματος του σωλήνα Φ63. Η τοποθέτηση προϋποθέτει θέρμανση του σωλήνα με φλόγιστρο μέχρι να μαλακώσει και στη συνέχεια τοποθέτηση της συστολής με κατάλληλη πίεση στο μαλακό άκρο. Στη συνέχεια τοποθετούνται οι συστολές Φ50/32 εντός των συστολών Φ63/50 (το αποτέλεσμα φαίνεται στην εικόνα 4). Προτείνεται η χρήση σιλικόνης για μόνιμη και αεροστεγή εφαρμογή. Η τοποθέτηση των άκρων του σωλήνα Φ32 στις δύο συστολές ολοκληρώνει το βασικό τμήμα της διάταξης. Χωρίς να είναι απολύτως απαραίτητο και μόνο αν δεν ενδιαφέρει η εύκολη φορητότητα ή αποσυναρμολόγηση της διάταξης, μπορεί να τοποθετηθεί σιλικόνη ανάμεσα στις συστολές και το σωλήνα Φ32 για καλύτερη στεγανοποίηση.



Εικόνα 4. Το ένα από τα δύο πλατύτερα τμήματα της διάταξης σε τελική μορφή

Επίσης, χρειάζονται 3 πώματα για δοκιμαστικούς σωλήνες και γυάλινος σωλήνας διαμέτρου 5mm από τον οποίον πρέπει να κόψουμε 3 κομμάτια μήκους περίπου 5cm. Η κοπή μπορεί να γίνει σε οποιοδήποτε κατάστημα πώλησης υαλοπινάκων. Στη συνέχεια ανοίγονται στα 3 πώματα οπές κατάλληλης διαμέτρου ώστε να τοποθετηθεί εκεί ο γυάλινος σωλήνας. Οι οπές ανοίγονται με φελλοτρυπητήρα (Μπισδικιάν & Μολοχίδης, 2000), που διαθέτουν σχεδόν όλα τα σχολικά εργαστήρια. Τα έτοιμα πώματα με τους σωλήνες σφηνώνονται στις οπές διαμέτρου 1cm που έχουν ανοιχθεί στα 3 τμήματα της διάταξης, η οποία έτσι ολοκληρώνεται (Εικόνα 5). Η στήριξη του

συνόλου είναι εύκολη και μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους. Προαιρετικά, η διάταξη μπορεί να βαφτεί, αν και στην περίπτωση μας το αισθητικό αποτέλεσμα υπήρξε αμφίβολο...



Εικόνα 5. Η τελική μορφή της διάταξης. Η μεσαία οπή έχει συνδεθεί με μανόμετρο

Χρήση της διάταξης, σχόλια και αποτελέσματα

Στο ένα άκρο της διάταξης τοποθετείται πιστολάκι για τα μαλλιά, ή οποιαδήποτε άλλη συσκευή παροχής αέρα. Μπροστά στους γυάλινους σωλήνες μπορούν, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, να τοποθετηθούν κεριά. Επίσης, μπορούν οι σωλήνες να συνδεθούν με τη βοήθεια ελαστικού σωλήνα με το άκρο ανοικτού μανόμετρου.

Στην περίπτωση χρήσης κεριών και αφού ξεκινήσει η παροχή αέρα στη διάταξη παρατηρείται πως η φλόγα του κεριού στο πρώτο πλατύ τμήμα γέρνει μακριά από το σωλήνα και ενίοτε σβήνει, ένδειξη πίεσης μεγαλύτερης της ατμοσφαιρικής (Εικόνα 6).



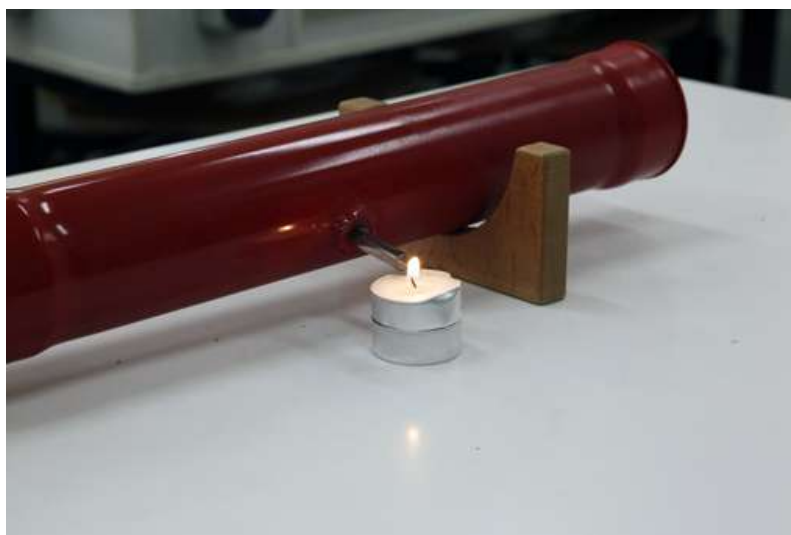
Εικόνα 6. Η φλόγα του κεριού απομακρύνεται από τον πρώτο σωλήνα

Η φλόγα του κεριού στη στένωση τείνει να εισέλθει στο σωλήνα, ένδειξη πίεσης μικρότερης της ατμοσφαιρικής (Εικόνα 7).



Εικόνα 7. Η φλόγα του κεριού τείνει να εισέλθει στο δεύτερο σωλήνα

Αντίθετα, η φλόγα στο τελευταίο πλατύ τμήμα συνεχίζει να συμπεριφέρεται όπως πριν την έναρξη παροχής του αέρα (Εικόνα 8). Τα πρώτα δύο δεδομένα φαίνεται να συμφωνούν ποιοτικά με την εξίσωση Bernoulli αλλά το τρίτο όχι.



Εικόνα 8. Η φλόγα του κεριού δεν επηρεάζεται από τον τρίτο σωλήνα.

Ο αέρας δεν είναι ένα ιδανικό ρευστό (π.χ. δεν είναι ασυμπίεστο). Άρα, όλες οι διατάξεις που χρησιμοποιούν αέρα δεν μπορούν να δώσουν αποτελέσματα απολύτως συμβατά με την εξίσωση Bernoulli. Πράγματι, τόσο στη διάταξη που προτείνεται όσο και σε εκείνη της CENCO (όπως φαίνεται στην εικόνα 2), η πίεση μετά τη στένωση είναι μικρότερη από την πίεση πριν τη στένωση, ενώ η εξίσωση Bernoulli προβλέπει πως θα είναι ίσες. Αυτό είναι αποτέλεσμα της εσωτερικής τριβής του αέρα (Αλεξόπουλος & Μαρίνος, 1992) και γίνεται τόσο εντονότερο όσο αυξάνει η ταχύτητα του αέρα με τον οποίο τροφοδοτείται η διάταξη. Πιστεύουμε, ωστόσο, πως αυτό δεν αποτελεί πρόβλημα για τη διδασκαλία, αφενός γιατί σε κάθε περίπτωση γίνεται εμφανής η μείωση της πίεσης στη στένωση, αφετέρου γιατί δίνει στο διδάσκοντα την ευκαιρία να επισημάνει τα όρια του μοντέλου του ιδανικού ρευστού.

Η διάταξη μπορεί θαυμάσια να χρησιμοποιηθεί με νερό αντί για αέρα. Σε αυτήν την περίπτωση η διάταξη πρέπει να στραφεί έτσι ώστε οι οπές να βρίσκονται στο πάνω μέρος του σωλήνα και να συνδεθούν σε αυτές κατακόρυφοι διαφανείς σωλήνες, ώστε να φαίνεται πόσο ψηλά θα φτάσει το νερό εντός τους. Επίσης, πρέπει να εξασφαλιστεί κατάλληλη απομάκρυνση του νερού από τη διάταξη και θα ήταν καλό να χρησιμοποιηθούν λεπτότεροι σωλήνες για τα 3 τμήματα.

Η σύνδεση μανόμετρων στις οπές, αντί για τη χρήση κεριών, επιτρέπει την ποσοτική μελέτη του φαινομένου. Σημειώνεται πως σε περίπτωση απουσίας μανόμετρου, είναι δυνατόν να κατασκευαστεί εύκολα ένα πρόχειρο μανόμετρο. Αρκεί να υπάρχει ένας ευθύγραμμος γυάλινος σωλήνας, ο οποίος θα καμφθεί στο μέσο του με τη βοήθεια ενός λύχνου Bunsen (Lynde, 2003). Στην εικόνα 9 φαίνεται η ένδειξη μανόμετρου που έχει συνδεθεί με την πρώτη οπή στο αριστερό του σκέλος. Η πίεση στην οπή είναι μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική κατά 2,4 cm νερού.



Εικόνα 9. Το αριστερό σκέλος του μανόμετρου έχει συνδεθεί με την πρώτη οπή



Εικόνα 10. Το αριστερό σκέλος του μανόμετρου έχει συνδεθεί με τη μεσαία οπή

Στην Εικόνα 10 φαίνεται η ένδειξη μανόμετρου που έχει συνδεθεί με τη μεσαία οπή στο αριστερό του σκέλος. Η πίεση στην οπή είναι μικρότερη από την ατμοσφαιρική κατά 1,6 cm νερού. Αν το μανόμετρο συνδεθεί με την τελευταία οπή η στάθμη στα δύο σκέλη παραμένει στο ίδιο σημείο, όπως αναμενόταν βάσει των παρατηρήσεων με τα κεριά.

Αξίζει να σημειωθεί πως στην περίπτωση που χρησιμοποιηθούν κεριά αντί για μανόμετρα είναι προφανές πως έχουμε είσοδο ή έξοδο αέρα από τις οπές και κατά συνέπεια τίθεται το ερώτημα αν ισχύει η εξίσωση της συνέχειας και κατά επέκταση η εξίσωση Bernoulli. Για να επιβεβαιωθεί το αν η παρουσία των πλευρικών οπών επηρεάζει μετρήσιμα το φαινόμενο, τοποθετήθηκε ανοικτό μανόμετρο στην οπή της στένωσης και μετρήθηκε η πίεση στο συγκεκριμένο σημείο δύο φορές. Η πρώτη μέτρηση πραγματοποιήθηκε με την οπή στο πρώτο πλατύτερο τμήμα ανοικτή και η δεύτερη μέτρηση με την αντίστοιχη οπή κλειστή. Οι μετρήσεις και στις δύο περιπτώσεις ήταν ίδιες στα πλαίσια

ακρίβειας του μανόμετρου ($1,6 \pm 0,1 \text{ cm}$ νερού). Μπορεί, λοιπόν, να υποστηριχθεί βάσιμα πως οι σπές δεν επηρεάζουν σημαντικά την εξέλιξη του φαινομένου.

Τέλος, είναι δυνατόν να συνδεθούν η πρώτη και η μεσαία σπή στα δύο σκέλη του μανόμετρου και να ληφθεί μέτρηση για τη διαφορά ανάμεσα στις πιέσεις στα δύο σημεία. Η διαφορά αυτή σχετίζεται με την ταχύτητα στη στένωση και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον υπολογισμό της ταχύτητας άρα και της παροχής, αρκεί να είναι γνωστές οι διατομές των δύο σωλήνων και η πυκνότητα του ρευστού. Στα προηγούμενα στηρίζεται η αρχή λειτουργίας του βεντουρίμετρου, όργανο που χρησιμοποιείται στη μέτρηση της παροχής και στο οποίο αξίζει να γίνει μια αναφορά στην τάξη (Αλεξόπουλος & Μαρίνος, 1992).

Συμπεράσματα

Η διάταξη, που προτείνεται στην παρούσα εργασία, είναι ιδιαίτερα εύκολη και οικονομική στην κατασκευή ενώ μεταφέρεται και αποθηκεύεται εύκολα. Η χρήση της στη διδασκαλία της εξίσωσης του Bernoulli μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο για τον εκπαιδευτικό, τόσο για την υποστήριξη του σχολικού βιβλίου όσο και για την κατάδειξη των ορίων του μοντέλου του ιδανικού ρευστού, επιτρέπει, δε, τόσο την ποιοτική όσο και την ποσοτική αντιμετώπιση του φαινομένου.

Αναφορές

- CENCO, Scientific Instruments Laboratory Apparatus and Supplies. (1941). *Catalog J-141*. USA:CENCO.
- Chafee W., Sieradzan A. (1989). Bernoulli Revisited: A simple demonstration. *The Physics Teacher*, April 1989.
- Fowler M. (2006). *The Bernoulli effect*. <http://galileo.phys.virginia.edu/classes/152.mf1i.spring02/Bernoulli.htm>.
Ημερομηνία προσπέλασης: 23/12/2015.
- Lynde C.(2003). *Glass blowing*. Amsterdam: Fredonia Books
- Αλεξόπουλος Κ., Μαρίνος Δ. (1992). *Γενική Φυσική-Μηχανική*. Αθήνα: Ολυμπία.
- Ιωάννου Α., Ντάνος Γ., Πήττας Α., Ράπτης Σ.(2015). Φυσική Ομάδας Προσανατολισμού Θετικών Επιστημών Γ' Τάξη Γενικού Λυκείου. Αθήνα: ΙΤΥΕ «Διόφαντος».
- Μπισδικιάν Γ., Μολοχίδης Τ. (2000). *Κατάλογος οργάνων και συσκευών εργαστηρίου φυσικών επιστημών*. Αθήνα: ΟΕΔΒ.

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Θεώρημα του Torricelli και οριζόντια βολή

Σωτήριος Μανδηλιώτης
Γεωλόγος, Υπευθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Σερρών
sotmandili@gmail.com

Γεώργιος Ελληνούδης
Φυσικός, ΓΕ.Λ. Ν. Ζίχνης Σερρών
geollin@yahoo.gr

Περίληψη

Η εργαστηριακή μελέτη της οριζόντιας βολής απαιτεί μια σειρά από πολύπλοκα και δυσεύρετα όργανα σε πολλές σχολικές μονάδες (όπως φωτοπύλες). Από την άλλη η εισαγωγή της μηχανικής των ρευστών στην ύλη της Γ' λυκείου και η απουσία εργαστηριακών ασκήσεων στην γνωστή βιβλιογραφία, είναι ένας λόγος να αναζητήσουμε εργαστηριακές εφαρμογές στο κεφάλαιο αυτό. Υπάρχουν εξάλλου πολλές ασκήσεις του σχολικού βιβλίου που μπορούν να πραγματοποιηθούν εργαστηριακά. Στην εργασία αυτή προτείνουμε την εργαστηριακή μελέτη της οριζόντιας βολής, παράλληλα με το θεώρημα του Torricelli της Μηχανικής των Ρευστών, με τη χρήση απλών υλικών.

Λέξεις κλειδιά: οριζόντια βολή, θεώρημα Torricelli, μηχανική ρευστών

Εισαγωγή

Η διδασκαλία και η μάθηση εννοιών της Φυσικής, αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην κατανόηση τους από τους μαθητές καθώς πολλές φορές οι εναλλακτικές ιδέες τους είναι έντονες και αντιστέκονται στην αλλαγή. Όταν χρησιμοποιούνται παραδοσιακές διδακτικές προσεγγίσεις, είναι αμφίβολο εάν οι μαθητές είναι σε θέση να αφομοιώσουν την επιστημονική θεώρηση (Αναγνωστόπουλος & Κώτσης, 2009). Μια προσέγγιση στο πλαίσιο της οποίας μπορούν να δημιουργηθούν οι συνθήκες για επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής είναι το πείραμα.

Στο άρθρο αυτό περιγράφεται η κατασκευή μιας απλής πειραματικής διάταξης για τη μελέτη της οριζόντιας βολής που εκτελεί το υγρό που βγαίνει από μια οπή που υπάρχει στο πλευρικό τείχος του δοχείου που το περιέχει, με στόχο την πειραματική επιβεβαίωση βασικών νόμων που διέπουν την οριζόντια βολή και την ταχύτητα εκτόξευσης του υγρού.

Στο πρώτο μέρος δίνεται το θεωρητικό πλαίσιο των φαινομένων που θα μας απασχολήσουν. Στο δεύτερο μέρος περιγράφονται λεπτομερώς τα στάδια της κατασκευής της πειραματικής διάταξης. Στο τρίτο μέρος αξιοποιούμε τις μετρήσεις που παίρνουμε κατά την εκτέλεση του πειράματος και συγκρίνουμε τις θεωρητικές και πειραματικές τιμές των φυσικών μεγεθών που μελετάμε (βεληνεκές, ταχύτητα εκτόξευσης). Τέλος προτρέπουμε τους μαθητές να αναζητήσουν τις πιθανές αιτίες για τις οποίες διαφέρουν τα πειραματικά αποτελέσματα από το θεωρητικό μοντέλο.

Στα πειράματα κίνησης όταν αυτά διαρκούν μικρό χρονικό διάστημα (ελεύθερη πτώση, οριζόντια βολή κ.ά.) η δυσκολία λήψης πειραματικών μετρήσεων προέρχεται από τη δυσκολία μέτρησης πολύ μικρών χρονικών διαστημάτων. Ένας τρόπος για τον υπολογισμό της ταχύτητας ή της επιτάχυνσης είναι η μέθοδος της φωτογράφισης. Μια τέτοια μέθοδος προτείνεται από τον εργαστηριακό οδηγό Φυσικής Α' τάξης Ενιαίου Λυκείου (Βλάχος κ.ά. 2014) για την επεξεργασία της οριζόντιας βολής, μετατρέποντας εν μέρει το αντίστοιχο πείραμα σε μια ακόμη άσκηση επίλυσης μαθηματικών σχέσεων. Μια άλλη μέθοδος απαιτεί μια σειρά από πολύπλοκα όργανα, όπως ειδικοί διάδρομοι εκτόξευσης και φωτοπύλες.

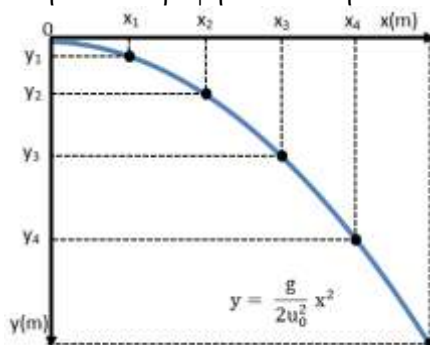
Στο πείραμα που προτείνουμε χρησιμοποιούμε απλά υλικά. Αυξάνουμε τον χρόνο παρατήρησης του φαινομένου της οριζόντιας βολής, οπτικοποιούμε την τροχιά της κίνησης και παρέχουμε τη δυνατότητα καταγραφής με απλά όργανα των απαραίτητων φυσικών μεγεθών για την επεξεργασία του Φύλλου Εργασίας (Ε.Κ.Φ.Ε. Σερρών, 2016)

Αμέσως παρακάτω παρουσιάζονται, και με σχετική συντομία, οι διδακτικές διαδικασίες που καλείται να ακολουθήσει ο διδάσκων. Σημαντικός παράγοντας για το τι θα μάθουν οι μαθητές (Βοσνιάδου, 2001), συναρτάται σημαντικά με το είδος των εργασιών που καλούνται οι μαθητές να

διεκπεραιώσουν και να αξιολογηθούν. Σκοπός του πειράματος είναι να δοθούν ερωτήσεις και δραστηριότητες προς αξιολόγηση οι οποίες να έχουν νόημα στους ίδιους τους μαθητές και, πέρα από τη γνώση του περιεχομένου, να αξιολογούνται και άλλες δεξιότητες (Κουμαράς, 2002). (Εξ)ερευνώντας μια γνώση ενεργά, κριτικά, δημιουργικά, με σαφή επιστημονική δομή και συμφραζόμενα, ενθαρρύνοντας τους μαθητές να προσεγγίσουν μέσα από τις δικές τους γνώσεις και παραστάσεις τα επιστημονικά ζητούμενα.

Θεωρητικό πλαίσιο

Α. Όταν ένα αντικείμενο εκτοξεύεται από κάποιο ύψος οριζόντια, κάνει σύνθετη κίνηση. Εάν θεωρηθεί ότι κατά την οριζόντια διεύθυνση δεν ασκείται καμία δύναμη, το αντικείμενο κινείται ευθύγραμμα και ομαλά με ταχύτητα u_0 , δηλαδή με την αρχική ταχύτητα εκτόξευσης. Συγχρόνως, το αντικείμενο πέφτει ελεύθερα κατά την κατακόρυφη διεύθυνση υπό την επίδραση του βάρους του.



Σχήμα 1. Η τροχιά που διαγράφει ένα σώμα το οποίο εκτελεί οριζόντια βολή

Αν επιλέξουμε το κατάλληλο σύστημα συντεταγμένων, οι εξισώσεις που μας δίνουν τη θέση του αντικειμένου σε κάθε χρονική στιγμή, είναι: $x = u_0 t$ (1) και $y = \frac{1}{2} g t^2$ (2) όπου g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας.

Με απαλοιφή του χρόνου t από τις εξισώσεις αυτές προκύπτει η εξίσωση της τροχιάς:

$$y = \frac{g}{2u_0^2} x^2$$

Από την τελευταία σχέση παρατηρούμε ότι η γραφική παράσταση του y σε

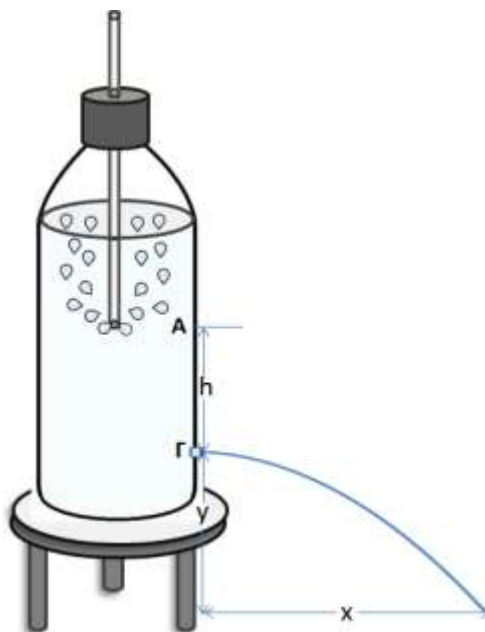
συνάρτηση με το x^2 είναι ευθεία γραμμή με κλίση: $\lambda = \frac{g}{2u_0^2}$

Β. Στο δοχείο του Σχήματος 2, το υγρό βγαίνει κάθετα από μια οπή που βρίσκεται στο πλευρικό τοίχωμα με σταθερή ταχύτητα u_0 , εκτελώντας οριζόντια βολή. Εφαρμόζουμε το νόμο του Bernoulli για τις θέσεις Α (το κάτω άκρο του ανοικτού σωλήνα του πώματος) και Γ (σημείο εκροής του υγρού):

$$P_A + \frac{1}{2} \rho u_A^2 + \rho g h = P_\Gamma + \frac{1}{2} \rho u_\Gamma^2 + 0 \quad (h = A\Gamma \text{ και } u_\Gamma = u_0)$$

Η πίεση στα δύο σημεία είναι η ατμοσφαιρική δηλαδή $P_A = P_\Gamma$ και επειδή η στάθμη στο σημείο Α είναι σταθερή $u_A = 0$ (βλέπε εξήγηση στην παράγραφο «πλαστικό δοχείο – προετοιμασία») τελικά $\rho g h = \frac{1}{2} \rho u_\Gamma^2$ από όπου προκύπτει $u_\Gamma^2 = 2gh$ και τέλος $u_\Gamma = u_0 = \sqrt{2gh}$ (3) που αποτελεί την μαθηματική έκφραση του θεωρήματος του Torricelli:

«Η ταχύτητα εκροής υγρού από στόμιο που βρίσκεται σε βάθος h από την ελεύθερη επιφάνειά του είναι ίση με την ταχύτητα που θα είχε το υγρό αν έπεφτε ελεύθερα από ύψος h ».



Σχήμα 2. Η πειραματική διάταξη. Το υγρό εκτελεί οριζόντια βολή

Το υγρό μετά το σημείο εκροής εκτελεί οριζόντια βολή. Έστω y το ύψος του σημείου εκροής από το πάτωμα και x η οριζόντια απόσταση που θα φτάσει το υγρό (βεληνεκές). Από τις σχέσεις 1, 2 και 3 προκύπτει $x = 2\sqrt{yh}$.

Προτεινόμενες δραστηριότητες

Θα διερευνήσουμε με πείραμα επίδειξης στο μάθημα της Φυσικής, ομάδας προσανατολισμού της Γ' Λυκείου (Ιωάννου κ.ά, 1999) αν επαληθεύονται οι σχέσεις της θεωρίας που καταλήγουν στη σχέση $x = 2\sqrt{xy}$ δηλαδή η σχέση που συνδέει το βεληνεκές με το ύψος της οπής και την κατακόρυφη απόσταση της οπής που βγαίνει το υγρό έως το κάτω άκρο του ανοικτού σωλήνα του πώματος. Θα διαπιστώσουμε αν υπάρχουν αποκλίσεις, πόσο μεγάλες είναι και θα προσπαθήσουμε να βρούμε τις πιθανές αιτίες των αποκλίσεων.

Θα προτείνουμε φύλλο εργασίας για το μάθημα της Φυσικής, ομάδας προσανατολισμού της Γ' Λυκείου, ώστε με μετρήσεις y και x να κάνουμε πίνακα τιμών και διάγραμμα, από την κλίση του οποίου θα υπολογίσουμε την ταχύτητα εξόδου του υγρού από το δοχείο (Το φύλλο εργασίας μέχρι εδώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την φυσική, ομάδας προσανατολισμού της Β' Λυκείου). Επίσης θα υπολογίσουμε την ταχύτητα εξόδου του υγρού από το δοχείο με το θεώρημα του Torricelli. Τέλος θα συγκρίνουμε τις δύο τιμές και θα αναζητήσουμε τις αιτίες της διαφοράς τους.

Πειραματική διάταξη

- Ένα πλαστικό δοχείο με οπή στο πλαϊνό τοίχωμα.
- Ένα βάθρο μεταβλητού ύψους (π.χ. τοποθετώντας μια σειρά από αντικείμενα σταθερού ύψους πάνω στο βάθρο μεταβάλλουμε το ύψος του).
- Νήμα της στάθμης.
- Κανόνας βαθμολογημένος, μήκους 1m.
- Μια γυάλινη λεκάνη φαρδιά.
- Υγρό (π.χ. νερό).

Πλαστικό δοχείο - προετοιμασία:



Σχήμα 3. Ο αέρας εισέρχεται στο δοχείο από το σωλήνα του πόματος

Στο πλαϊνό τοίχωμα ενός πλαστικού μπουκαλιού και αρκετά χαμηλά προς τη βάση του, ανοίγουμε μια οπή διαμέτρου από 3mm έως 6mm. Προαιρετικά στην οπή μπορούμε να εφαρμόσουμε στεγανά έναν πολύ μικρό γυάλινο σωλήνα (ScienseDemo.org, 2015).

Σε ένα πόμα περνάμε έναν γυάλινο σωλήνα 20-25cm σε τόσο βάθος, ώστε όταν πωματίζουμε το δοχείο το άκρο του σωλήνα να φτάνει περίπου μέχρι το μέσο του ύψους του.

Τοποθετούμε το δοχείο πάνω στη βάση, το γεμίζουμε με υγρό και το πωματίζουμε. Παρατηρούμε ότι το υγρό τρέχει από την πλευρική οπή με σταθερή παροχή*, επομένως και σταθερή ταχύτητα, ενώ από τον σωλήνα του πόματος μπαίνουν μέσα στο δοχείο φυσαλίδες αέρα.

Ανεβάζοντας ή κατεβάζοντας τον σωλήνα του πόματος αυξάνουμε ή ελαττώνουμε την παροχή του υγρού στην πλευρική οπή.

* Στο οριζόντιο επίπεδο που περνάει από το κάτω μέρος του σωλήνα του πόματος, η πίεση διατηρείται σταθερή και ίση με την ατμοσφαιρική, ανεξάρτητα από τη θέση της στάθμης του υγρού στο δοχείο (Μπουρούτης, 1994). Έτσι η υδροστατική πίεση στο ύψος της πλευρικής οπής είναι σταθερή και ίση με την πίεση που προκαλεί η στήλη του υγρού από το κέντρο της μέχρι το οριζόντιο επίπεδο που περνάει από το κάτω μέρος του σωλήνα του πόματος.

Πειραματική διαδικασία

Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές επιδιώκεται:

Να μελετήσουν την οριζόντια βολή ως σύνθετη κίνηση, η οποία προκύπτει από τη σύνθεση δυο κινήσεων, μιας οριζόντιας και μιας κατακόρυφης (Stem Learning, 2015).

Να προσδιορίσουν την οριζόντια ταχύτητα u_0 της βολής από την μελέτη της οριζόντιας βολής.

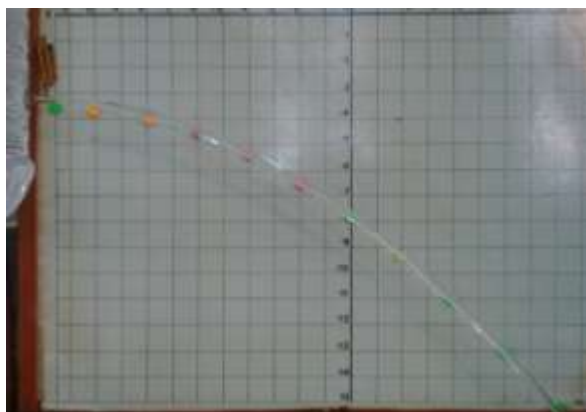
Να προσδιορίσουν την οριζόντια ταχύτητα u_0 της βολής από το θεώρημα του Torricelli.

Να εξηγήσουν τους λόγους της απόκλισης των δύο τιμών.

Να τροποποιήσουν και να αλλάξουν τις εναλλακτικές ιδέες τους προς τις επιστημονικά ορθές για την οριζόντια βολή και την ελεύθερη πτώση (εννοιολογική αλλαγή).

Μελέτη της Οριζόντιας βολής

Θα μελετήσουμε την οριζόντια βολή με δυο πειράματα. Με το πρώτο θα διερευνήσουμε τη σχέση $x = 2\sqrt{yh}$ και με το δεύτερο θα υπολογίσουμε πειραματικά την ταχύτητα εξόδου u_0 του υγρού από την οπή.



Σχήμα 4. Η πειραματική διάταξη. Το υγρό εκτελεί οριζόντια βολή

Οι τιμές που παρατίθενται είναι από τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο του Ε.Κ.Φ.Ε. Σερρών.

Πείραμα 1 Διερεύνηση της σχέσης $x = 2\sqrt{yh}$. Πείραμα επίδειξης από το διδάσκοντα

1. Κάνουμε την απόδειξη της σχέσης $x = 2\sqrt{yh}$ όπως αυτή περιγράφεται παραπάνω.
2. Μετράμε με μετροταινία το y και το h .
3. Από την παραπάνω σχέση υπολογίζουμε το x .
4. Μετράμε το x και με την μετροταινία.

Πίνακας 1

| Ύψος y (m) | Ύψος h (m) | Απόσταση x (m) που υπολογίσαμε | Απόσταση x (m) που μετρήσαμε | Σφάλμα |
|--------------|--------------|----------------------------------|--------------------------------|--------|
| $y=0,19$ | $h=0,18$ | $x_{\text{θεωρ}}=0,37$ | $x_{\text{πειρ}}=0,35$ | 5,4% |

5. Υπολογίζουμε το σφάλμα της πειραματικής τιμής σε σχέση με τη θεωρητική Σφάλμα =5,4%
6. Καταγράφουμε τις τιμές στον Πίνακα 1
7. Η διαφορά 5,4% μπορεί να οφείλεται μεταξύ άλλων στο ότι:
 - Τα υγρά που χρησιμοποιούνται δεν είναι ιδανικά.. Αυτό προκαλεί διαφορές μεταξύ πειραματικής και θεωρητικής.
 - Αν η οπή είναι πολύ μικρή ή ο πλευρικός σωλήνας στενός και σχετικά μακρύς οι τριβές που υπάρχουν μεταξύ υγρού και τοιχωμάτων του σωλήνα δημιουργούν πτώση πίεσης και τυρβώδη ροή.
 - Ο αέρας δημιουργεί αντίσταση στη φλέβα νερού που εκτελεί οριζόντια βολή.

Πείραμα 2 Υπολογισμός της ταχύτητας εξόδου υγρού από οπή σε δοχείο με τη βοήθεια της μελέτης της οριζόντιας βολής και του θεωρήματος του Torricelli. Πείραμα μετωπικό

1. Τοποθετούμε το δοχείο πάνω στο βάθρο.
2. Ακριβώς μπροστά από το βάθρο τοποθετούμε τη γυάλινη λεκάνη έτσι ώστε το υγρό που θα βγαίνει από την οπή να συλλέγεται στη λεκάνη. Ως επίπεδο αναφοράς (μηδενικό ύψος) θεωρούμε το επίπεδο που βρίσκεται στο χείλος της λεκάνης.
3. Γεμίζουμε το δοχείο με υγρό και αμέσως τοποθετούμε στο στόμιο του το πώμα με το γυάλινο σωλήνα.
4. Αφήνουμε το υγρό να εκτοξευθεί από την οπή με σταθερή ταχύτητα. Αυτό διαρκεί μέχρις ότου η στάθμη του υγρού στο δοχείο κατέβει ως το κάτω μέρος του σωλήνα του πώματος.



Σχήμα 5. Η πειραματική διάταξη. Το υγρό εκτελεί οριζόντια βολή

5. Μετράμε την κατακόρυφη απόσταση της οπής μέχρι το κατώτερο οριζόντιο επίπεδο, χρησιμοποιώντας και το νήμα της στάθμης, και καταγράφουμε την τιμή στον Πίνακα 2 ως y_1 .

6. Μετράμε και την μέγιστη οριζόντια απόσταση που φτάνει το υγρό (βεληνεκές) και καταγράφουμε την τιμή στον Πίνακα 2 ως x_1 .

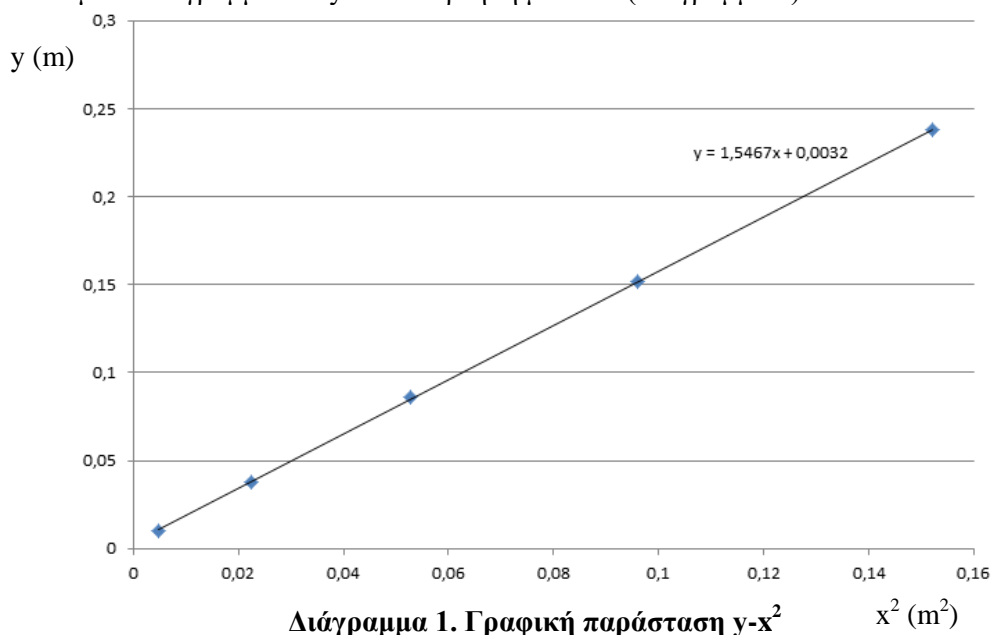
7. Επαναλαμβάνουμε την παραπάνω διαδικασία άλλες 3 φορές αφού πρώτα μεταβάλλουμε το ύψος του βάζου, ή εναλλακτικά το ύψος του επιπέδου αναφοράς και καταγράφουμε τις αντίστοιχες τιμές στον Πίνακα 2.

8. Συμπληρώνουμε ολοκληρωμένα τις τιμές στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2

| Ύψος y (m) | Απόσταση x (m) | x^2 (m^2) |
|--------------|------------------|-----------------|
| 0,01 | 0,07 | 0,0049 |
| 0,038 | 0,15 | 0,0225 |
| 0,086 | 0,23 | 0,0529 |
| 0,152 | 0,31 | 0,0961 |
| 0,238 | 0,39 | 0,1521 |

9. Κάνουμε το διάγραμμα του y σε συνάρτηση με το x^2 (Διάγραμμα 1).



Διάγραμμα 1. Γραφική παράσταση $y-x^2$

Επιβεβαιώνουμε ότι η σχέση τους είναι γραμμική και σχεδιάζουμε την καλύτερη ευθεία που προσεγγίζει τα πειραματικά μας σημεία.

$$10. \text{Υπολογίζουμε την κλίση της ευθείας } \lambda = \frac{g}{2u_0^2}$$

Κλίση της ευθείας: $\lambda=1,546$

11. Υπολογίζουμε από την παραπάνω σχέση την ταχύτητα u_0 (πειραματική τιμή) εξόδου του υγρού από το δοχείο που είναι και η αρχική ταχύτητα της οριζόντιας βολής ($g=9,81 \text{ m/s}^2$)

$$u_{0(\text{πειρ})} = 1,78 \text{ m/s}$$

12. Υπολογίζουμε την ίδια ταχύτητα (θεωρητική τιμή) χρησιμοποιώντας την σχέση $u_0 = \sqrt{2gh}$ που αποτελεί την μαθηματική έκφραση του θεωρήματος του Torricelli αφού πρώτα μετρηθεί το h που είναι η κατακόρυφη απόσταση της οπής που βγαίνει το υγρό έως το κάτω άκρο του ανοικτού σωλήνα του πώματος.

$$h=0,18 \text{ m}$$

$$u_{0(\text{θεωρ})}=1,88 \text{ m/s}$$

13. Συγκρίνουμε τις τιμές της ταχύτητας που βρήκαμε με τους δυο τρόπους (θεωρητική και πειραματική)

$$\text{Σφάλμα } = 5,2\%$$

14. Η διαφορά 5,2% μπορεί να οφείλεται μεταξύ άλλων στο ότι:

- Τα υγρά που χρησιμοποιούνται δεν είναι ιδανικά. Αυτό προκαλεί διαφορές μεταξύ πειραματικής και θεωρητικής.

- Αν η οπή είναι πολύ μικρή ή ο πλευρικός σωλήνας στενός και σχετικά μακρύς οι τριβές που υπάρχουν μεταξύ υγρού και τοιχωμάτων του σωλήνα δημιουργούν πτώση πίεσης και τυρβώδη ροή.

- Ο αέρας δημιουργεί αντίσταση στη φλέβα νερού που εκτελεί οριζόντια βολή.

Συμπεράσματα – Προτάσεις

Η πειραματική διάταξη που παρουσιάστηκε στις προηγούμενες ενότητες είναι μια εύκολη, οικονομική, δοκιμασμένη και αποτελεσματική διάταξη για τη μελέτη της οριζόντιας βολής.

Δίνει ακριβή και επαναλήψιμα αποτελέσματα ενώ μπορεί να στηθεί σχετικά εύκολα και γρήγορα.

Υπάρχουν ωστόσο κάποια προβλήματα που αξίζει να συζητηθούν:

Στην επεξεργασία που κάνουμε θεωρούμε ότι το υγρό που χρησιμοποιούμε είναι ιδανικό. Δηλαδή δεν παρουσιάζει εσωτερική τριβή (ιξώδους). Όμως όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω μεταξύ άλλων:

- Τα υγρά που χρησιμοποιούνται δεν είναι ιδανικά. Αυτό προκαλεί διαφορές μεταξύ πειραματικής και θεωρητικής τιμής ειδικά στην ταχύτητας εκροής που υπολογίζουμε βάσει του θεωρήματος του Torricelli.

- Αν η οπή είναι πολύ μικρή ή ο πλευρικός σωλήνας στενός και σχετικά μακρύς οι τριβές που υπάρχουν μεταξύ υγρού και τοιχωμάτων του σωλήνα δημιουργούν πτώση πίεσης και τυρβώδη ροή με αποτέλεσμα την απόκλιση θεωρητικής πειραματικής τιμής.

- Ο αέρας δημιουργεί αντίσταση στη φλέβα νερού που εκτελεί οριζόντια βολή προκαλώντας ανάλογα σφάλματα στις τιμές.

Μια ενδιαφέρουσα παραλλαγή του τρόπου μέτρησης των τιμών του ύψους y και του βεληνεκού x είναι η εξής: Παράλληλα και πολύ κοντά στη φλέβα του υγρού τοποθετούμε ένα επίπεδο πλαίσιο. Καθώς το υγρό ρέει από την οπή σημειώνουμε πάνω του τα σημεία από τα οποία περνάει η φλέβα του υγρού (Σχήμα 4) (μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε πινέζες, μικρά κομμάτια πλαστελίνη ή αυτοκόλλητα μαγνητάκια, ανάλογα με το υλικό του πλαισίου που χρησιμοποιούμε). Αφού ολοκληρώσουμε τη διαδικασία αποτύπωσης των σημείων κάνουμε τις μετρήσεις διαφόρων ζευγών $x-y$ και αποτυπώνουμε τις αντίστοιχες τιμές στον Πίνακα 2

Στη Φυσική, ομάδας προσανατολισμού της Γ' ΓΕ.Λ. (Ιωάννου κ.ά 1999), μπορούν να πραγματοποιηθούν ως εργαστηριακές, με την προτεινόμενη πειραματική διάταξη, οι ασκήσεις 3.29, 3.30 και 3.31 και η επίλυσή τους να γίνει βάσει των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τα αντίστοιχα πειράματα. Θα χρειαστεί στο δοχείο να ανοιχτούν επιπλέον οπές σε διάφορα ύψη οι οποίες μπορεί να σφραγίζονται κατά περίπτωση με πλαστελίνη ή με blue tack.

Το πείραμα 2 μπορεί να πραγματοποιηθεί και στη Φυσική, ομάδας προσανατολισμού της Β' ΓΕ.Λ. Στην περίπτωση αυτή δεν θα ληφθούν υπ' όψιν η παράγραφος Β στην ενότητα εισαγωγικές γνώσεις και τα βήματα 12, 13 και 14 του πειράματος.

Η παρούσα διδακτική πρόταση, στο πλαίσιο ενός διερευνητικού τύπου μάθησης εφοδιασμένου με καλές διδακτικές πρακτικές, μέσα από ένα σύντομο κείμενο, σκοπό είχε να δώσει στο διδάσκοντα ένα

εύχρηστο Φύλλο Εργασίας με δραστηριότητες στο διδακτικό πλαίσιο της Β' και Γ' Λυκείου, στοχεύοντας επιπλέον και στην αυτορρύθμιση της μάθησης. Οι μαθητές συμμετέχουν και εμπλέκονται ενεργά. Η οργάνωση και η παρουσίαση των δραστηριοτήτων, η χρήση φύλλων εργασίας, η ανατροφοδότηση, η επανάληψη των εννοιών και διαδικασιών και οι μεταμνημονικές ερωτήσεις, συντελούν στη διαμόρφωση και ανάπτυξη στρατηγικών μάθησης των διδασκομένων. Η αξιολόγηση έχει ως στόχο να εξετάσει το βαθμό εμπέδωσης και εφαρμογής της γνώσης.

Αναφορές

- ScienseDemo.org (17/01/2014). <http://sciencedemo.org/2014/01/pearls-in-air/> Ημερομηνία προσπέλασης: 10/01/2015.
- Stem Learning <https://www.stem.org.uk/elibrary/resource/27021/monkey-and-hunter>. Ημερομηνία προσπέλασης: 10/01/2015
- Αναγνωστόπουλος, Α. & Κώτσης, Κ. (2009). Διδασκαλία του τρίτου νόμου του Νεύτωνα με επανάληψη του ιστορικού του πειράματος σε μαθητές Γυμνασίου. *Πρακτικά του Πανελληνίου συνεδρίου διδακτικής των Φ.Ε. και νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση*. Φλώρινα
- Βλάχος, Ι., Γραμματικάκης, Ι., Καραπαναγιώτης, Β., Κόκκοτας, Π., Περιστερόπουλος, Π., Τιμοθέου, Γ. (2014). *Εργαστηριακός οδηγός Φυσικής Α τάξης Ενιαίου Λυκείου*. Αθήνα: ΟΕΔΒ
- Βοσνιάδου, Σ. (2001). *Πώς μαθαίνουν οι μαθητές*. Διεθνής ακαδημία της εκπαίδευσης διεθνές γραφείο εκπαίδευσης της UNESCO, www.ibe.unesco.org
- Ε.Κ.Φ.Ε. Σερρών (2016). Φύλλα εργασίας εργαστηριακών ασκήσεων Φυσικής <http://ekfe.ser.sch.gr/site/index.php/about/2014-07-03-05-31-46/11-ergastiriakes-askiseis-fysikis> Ημερομηνία προσπέλασης: 9-1-2016.
- Ε.Κ.Φ.Ε. Σερρών <http://ekfe.ser.sch.gr/site/index.php/about/2014-07-03-05-31-46/11-ergastiriakes-askiseis-fysikis> Ημερομηνία προσπέλασης: 10/01/2015
- Ιωάννου, Α., Ντάνος, Γ., Πήττας, Α., Ράπτης, Σ. (1999). *Φυσική Ομάδας Προσανατολισμού Θετικών Σπουδών Γ Γενικού Λυκείου*, Αθήνα: Ινστιτούτο τεχνολογίας υπολογιστών και εκδόσεων <ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ>.
- Κουμαράς, Π. (2002). *Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής*. Εκδ. Χριστοδουλίδη.
- Μπουρούτη, Ι. (1994). *Πειράματα Φυσικής, βιβλίο πρώτο, μηχανική – θερμότητα*. Αθήνα: ΟΕΔΒ

Λανθασμένες εφαρμογές του νόμου του Bernoulli

Παναγιώτης Κουμαράς
Καθηγητής Π.Τ.Δ.Ε., Α.Π.Θ.
koumaras@eled.auth.gr

Γιώργος Πριμεράκης
Δάσκαλος, Υπ. Διδάκτορας Π.Τ.Δ.Ε., Α.Π.Θ.
gprim@eled.auth.gr

Περίληψη

Όταν υπάρχει ρεύμα αέρα στην ελεύθερη άκρη από ένα κατακόρυφο καλαμάκι βυθισμένο στο νερό παρατηρείται άνοδος της στάθμης του νερού σε αυτό ή και ψεκασμός. Η συνηθισμένη, όχι μόνο σε σχολικά βιβλία αλλά και σε γνωστά διεθνή πανεπιστημιακά βιβλία και επιστημονικά περιοδικά, ερμηνεία της ανόδου του νερού δίνεται μέσω της εξίσωσης του Bernoulli. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται επιχειρήματα ότι η ερμηνεία αυτή είναι λανθασμένη. Η άποψη αυτή υποστηρίζεται πειραματικά και αιτιολογείται με τη βοήθεια των μαθηματικών.

Λέξεις κλειδιά: Bernoulli, Λανθασμένες εφαρμογές, πειράματα

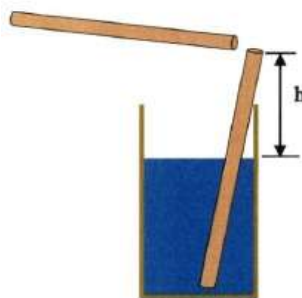
Εισαγωγή

Για τη σχολική χρονιά 2015 – 16 προστέθηκε στην εξεταστέα ύλη των πανελληνίων εξετάσεων για το μάθημα της Φυσικής, το 3ο κεφάλαιο του σχολικού βιβλίου (Ιωάννου κ.ά. 2010) «Ρευστά σε κίνηση». Στο κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνονται φαινόμενα που (λανθασμένα) ερμηνεύονται με τη χρήση του Νόμου του Bernoulli. Στην εργασία αυτή εστιάζομαστε στη δραστηριότητα 4 της σελίδας 101 (Εικόνα 1):

Δραστηριότητες

«4. Τοποθετήστε ένα καλαμάκι μέσα σε ένα ποτήρι με νερό (σχ. 3.19). Με ένα άλλο καλαμάκι φυσήξτε στη πάνω άκρη του πρώτου. Θα προκληθεί ψεκασμός. Πώς εξηγείται το φαινόμενο;

Είναι το ίδιο εύκολος ο ψεκασμός όποια και αν είναι η απόσταση h ; Ελέγξτε το πειραματικά. Πώς το αιτιολογείτε; (Ιωάννου κ.ά 2010, σελ.101.)»



Εικόνα 1. Παράδειγμα δραστηριότητας του σχολικού βιβλίου

Σε πολλά φροντιστηριακά βιβλία και δικτυακούς τόπους έχουν συμπεριληφθεί ασκήσεις, απευθυνόμενες στους υποψήφιους, σχετιζόμενες με την παραπάνω δραστηριότητα του σχολικού βιβλίου. Το ζητούμενο των ασκήσεων αυτών, σε γενικές γραμμές, είναι «Με ποια ταχύτητα πρέπει να κινείται ο αέρας ώστε το νερό μέσα στο κατακόρυφο καλαμάκι να ανεβαίνει κατά h cm;» ή «Με ποια ταχύτητα πρέπει να κινείται ο αέρας ώστε να προκαλείται ψεκασμός αν το ύψος h είναι a cm».

Οι ασκήσεις αυτής της μορφής στα παραπάνω βοηθήματα (και όχι μόνον) γενικά λύνονται με εφαρμογή της εξίσωσης (Νόμου) του Bernoulli για δυο σημεία, το ένα από τα οποία είναι μέσα στη ροή του αέρα πάνω από την άκρη του κατακόρυφου καλαμακιού και το άλλο σε θέση όπου ο αέρας δεν κινείται και η πίεση είναι ίση με την ατμοσφαιρική. Αυτή η εφαρμογή καταλήγει στη σχέση $\frac{1}{2} \rho_{\text{αέρα}} v^2 = \rho_{\text{νερού}} gh$, η οποία λυόμενη ως προς v δίνει την απάντηση, μια και θεωρούνται γνωστές

τόσο η πυκνότητα του νερού όσο και του αέρα. Αντίστοιχη άσκηση, όσο και ερμηνεία του φαινομένου, συναντάται διεθνώς όχι μόνο σε σχολικά βιβλία αλλά και σε φημισμένα πανεπιστημιακά βιβλία καθώς και σε έγκυρα επιστημονικά περιοδικά (Holmes, 1996). Και εμείς στο παρελθόν ακολουθήσαμε αυτό το κυρίαρχο ρεύμα (Κουμαράς, 2000, σελ. 39 – 41; Κουμαράς, 2002, σελ. 115-118 και μετέπειτα εκδόσεις). Σημειώνουμε ότι σύμφωνα με την παραπάνω, μέσω του Νόμου του Bernoulli, ερμηνεία του φαινομένου και λύση της προτεινόμενης άσκησης το πόσο αναβαίνει το νερό στο κατακόρυφο καλαμάκι εξαρτάται μόνο από την ταχύτητα του αέρα. Άραγε συμβαίνει αυτό; Στη συνέχεια επιχειρείται ο έλεγχος της ισχύος ή όχι του παραπάνω, με πείραμα επιλεγμένο ώστε να πραγματοποιείται με καθημερινά υλικά για να μπορεί να επαναληφθεί εύκολα από όποιον το επιθυμεί. Η επιλογή αυτή οδήγησε στο να μην πραγματοποιηθούν τα πειράματα σε αεροσήραγγα, ώστε να μην έχουμε διαταραχή των ρευματικών γραμμών του αέρα, ούτε καν κατασκευασμένη με υλικά καθημερινής χρήσης όπως προτείνεται από τους Van Milligan (2010), Desrochers (2010) και Instructables (2014). Σημειώνουμε ότι η χρησιμοποίηση διατάξεων, περισσότερο περίτεχνων (π.χ. χρήση λεπτών μεταλλικών φύλλων οριζοντίων ή καμπυλωμένων) από τις περιγραφόμενες στη συνέχεια, δεν άλλαζε ουσιαστικά τα παρατηρούμενα αποτελέσματα.

Σχεδιασμός πειραμάτων, εκτέλεση, ερμηνεία

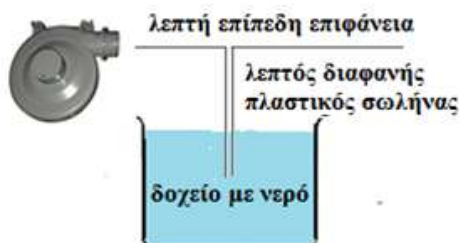
Πειραματικός έλεγχος της ερμηνείας που δίνεται στη δραστηριότητα 4 μέσω της εξίσωσης του Bernoulli

Η εξίσωση $\frac{1}{2}d_{\alpha\epsilon\rho\alpha}v^2 = d_{\nu\epsilon\rho\omicron\upsilon}gh$, στην οποία πολλά βιβλία καταλήγουν, δείχνει ότι η ανύψωση του νερού εξαρτάται μόνο από την ταχύτητα του αέρα. Για τον έλεγχο του συμπεράσματος αυτού σχεδιάστηκαν τα ακόλουθα πειράματα:

Πείραμα 1ο: Αέρας φουσά πάνω από οριζόντια επιφάνεια

Κάθετα σε λεπτή επίπεδη επιφάνεια ανοίγεται τρύπα από την οποία περνάει σφιχτά λεπτός διαφανής πλαστικός σωλήνας (λεπτό αλφαδολάστιχο ή στην περίπτωση μας το λάστιχο από ουροσυλλέκτη μιας χρήσης).

Περίπτωση 1^η: Ο λεπτός σωλήνας βυθίζεται σε δοχείο με νερό, Εικόνα 2.



Εικόνα 2. Σταθερό ρεύμα αέρα πάνω από το άνοιγμα του σωλήνα

Περίπτωση 2^η: Ο λεπτός σωλήνας συνδέεται με μανόμετρο. Αυτό μπορεί να είναι είτε ένα ευαίσθητο ηλεκτρονικό μανόμετρο είτε ανοιχτό μανόμετρο, Εικόνα 3. Το ανοιχτό μανόμετρο μπορεί να είναι η συνέχεια του ίδιου στενού διαφανούς πλαστικού σωλήνα. Η ελεύθερη πλευρά του πλαστικού σωλήνα να έχει μικρή κλίση, ώστε να φαίνεται ευκολότερα η μετακίνηση του νερού (Weltner, 2011).

Για την εκτέλεση του πειράματος αυτού χρησιμοποιήθηκε ένας φυσητήρας που φουσά, κατάλληλα στερεωμένος, οριζόντια με σταθερή ταχύτητα. (Στην περίπτωση μας ο Muller Q1F-2.8 ισχύος 500 W, αξίας 19 Ευρώ. Η κανονική χρήση του φυσητήρα είναι για ξεσκόνισμα ηλεκτρονικών συσκευών, ενώ έχει και τη δυνατότητα απορρόφησης της σκόνης.) Ως οριζόντια επιφάνεια χρησιμοποιήθηκε ένα πολύ λεπτό φύλλο ξύλου μάλσας, από κατάλληλη, κατακόρυφη, τρύπα της οποίας περνά ο λεπτός διαφανής σωλήνας. Στην περίπτωση που ελέγχεται η πραγματοποίηση ή όχι ψεκασμού ο λεπτός σωλήνας βυθίζεται σε μπουκάλι, γεμάτο νερό, που έχει τοποθετηθεί ακριβώς κάτω από την οριζόντια επιφάνεια. Η άκρη του λεπτού διαφανούς πλαστικού σωλήνα δεν πρέπει να εξέρχεται καθόλου πάνω από την οριζόντια επιφάνεια.



Εικόνα 3. Σταθερό ρεύμα αέρα πάνω από το άνοιγμα του μανομέτρου

Το πείραμα έδειξε ότι δεν υπάρχει η προβλεπόμενη, από την εφαρμογή του νόμου του Bernoulli, ανύψωση του. Δηλαδή δεν παρατηρείται ούτε ψεκασμός, Εικόνα 4, ούτε ανύψωση νερού στο μανόμετρο, Εικόνα 5.



Εικόνα 4. Παρόλο που υπάρχει ρεύμα αέρα δεν παρατηρείται ψεκασμός



Εικόνα 5. Παρόλο που υπάρχει ρεύμα αέρα δεν παρατηρείται ανύψωση νερού στο μανόμετρο

Πείραμα 2ο

Η επίπεδη επιφάνεια αντικαθίσταται από μια καμπύλη και επαναλαμβάνονται οι δυο προηγούμενες περιπτώσεις με τον φουσητήρα να μένει σταθερός στη θέση του. Παρατηρείται ότι υπάρχει ψεκασμός, Εικόνα 6, και ανύψωση του νερού στο ανοιχτό μανόμετρο, Εικόνα 7.



Εικόνα 6. Παρατηρείται ψεκασμός



Εικόνα 7. Παρατηρείται ανύψωση νερού

Για τη δημιουργία της καμπύλης επιφάνειας χρησιμοποιήθηκε το μισό από ένα μπαλάκι φελιζόλ διαμέτρου 5 cm το οποίο κολλήθηκε πάνω στην οριζόντια επιφάνεια της μάλσας. Ο λεπτός πλαστικός σωλήνας φτάνει εσωτερικά στην καμπύλη επιφάνεια (μέσω τρύπας στο φελιζόλ) χωρίς όμως να την παραμορφώνει. Καλά αποτελέσματα υπήρξαν και με ένα κομμάτι πλαστικού σωλήνα αποχέτευσης διαμέτρου 20 εκατοστών.

Σημασία των πειραματικών αποτελεσμάτων

Η ερώτηση που γεννάται είναι: Γιατί στις δυο παραπάνω περιπτώσεις, επίπεδη ή καμπύλη επιφάνεια, παρατηρείται διαφορετική συμπεριφορά του νερού πάρα το γεγονός ότι και στις δυο περιπτώσεις η ταχύτητα του αέρα (ο μοναδικός παράγοντας που μπαίνει στην εξίσωση του Bernoulli) είναι η ίδια;

Στο 1^ο πείραμα δεν επιβεβαιώνεται η δημιουργία υποπίεσης στην πάνω άκρη του λεπτού πλαστικού σωλήνα. Αυτό σημαίνει ότι η ευρέως διαδεδομένη εξήγηση που υποστηρίζει ότι η υψηλότερη ταχύτητα ροής στην πάνω άκρη του κατακόρυφου καλαμακιού (δραστηριότητα 4 του σχολικού βιβλίου) προκαλεί εκεί χαμηλότερη πίεση, από ότι σε σημείο στην επιφάνεια του νερού, εξαιτίας του νόμου του Bernoulli δεν ισχύει.

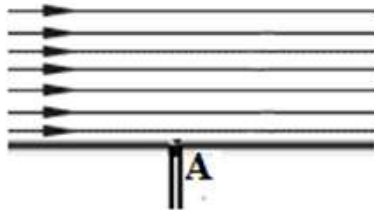
Υπενθυμίζεται ότι η εξίσωση Bernoulli ισχύει κατά μήκος μιας ρευματικής γραμμής (χωρίς τριβές), υπό όρους για γειτονικές ρευματικές γραμμές και για όλη τη ροή (Babinsky, 2003), αλλά δεν ισχύει για δυο σημεία εκ των οποίων το ένα μέσα στη ροή και το άλλο εκτός αυτής. Ακόμη και αν κάποιος πάρει ένα σημείο, κάπου στο δωμάτιο όπου ο αέρας θα ακινητοποιηθεί, και από εκεί τραβήξει μια ρευματική γραμμή που να καταλήγει στην επιφάνεια του νερού του ποτηριού δεν μπορεί να εφαρμόσει την εξίσωση του Bernoulli μεταξύ αυτών των σημείων. Σε αυτή την περίπτωση η ροή επηρεάζεται σαφώς από την τριβή - αυτή είναι που φέρνει την ροή σε ισορροπία - και η εξίσωση του Bernoulli περιγράφει μόνο ροές χωρίς τριβή (Babinsky, 2003).

Το ερώτημα που θα μας απασχολήσει στη συνέχεια είναι: Αν η υποπίεση δεν οφείλεται στο νόμο του Bernoulli τότε στο δεύτερο πείραμα, στο οποίο εμφανίζεται υποπίεση, πού οφείλεται;

Ερμηνεία του αποτελέσματος των παραπάνω πειραμάτων

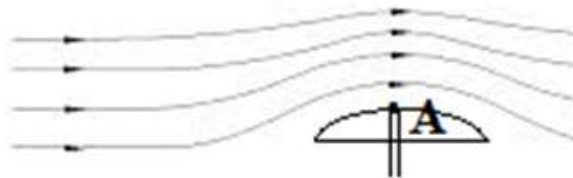
Στην παράγραφο αυτή επιχειρούμε να εξηγήσουμε τα αποτελέσματα των δυο πειραμάτων, και να αιτιολογήσουμε γιατί σε πείσμα της εξήγησης των βιβλίων ότι η ταχύτητα του αέρα είναι υπεύθυνη για την άνοδο της στάθμης του νερού και τον ψεκασμό αυτό δεν συμβαίνει στο πρώτο πείραμα ενώ συμβαίνει στο δεύτερο παρόλο που η ταχύτητα του αέρα είναι και τις δυο φορές η ίδια.

Δεχόμαστε ότι, κατά προσέγγιση, στην πρώτη περίπτωση που έχουμε ροή αέρα πάνω από την παράλληλη προς αυτήν επιφάνεια οι ρευματικές γραμμές είναι ευθείες παράλληλες προς την επιφάνεια, Εικόνα 8 (για να συμβαίνει πραγματικά αυτό προφανώς απαιτείται η ύπαρξη αεροσήραγγας, βλέπε αναφορές για την κατασκευή αεροσήραγγας που δίνονται στην εισαγωγή).



Εικόνα 8. Ευθείες ρευματικές γραμμές

Στη δεύτερη περίπτωση το ρεύμα αέρα που περνά πάνω από την καμπύλη επιφάνεια εξαναγκάζεται να κινηθεί σε ρευματικές γραμμές που περιβάλλουν την επιφάνεια και ακολουθούν το γεωμετρικό της σχήμα, Εικόνα 9, σύμφωνα με το φαινόμενο Coanda. Σύμφωνα με το φαινόμενο αυτό, ρεύμα αέρα που κινείται κατά μήκος μιας ομαλά καμπυλωμένης επιφάνειας τείνει να ακολουθήσει την καμπυλωμένη επιφάνεια, γεγονός που αποδίδεται στο ιξώδες.



Εικόνα 9. Καμπύλες ρευματικές γραμμές

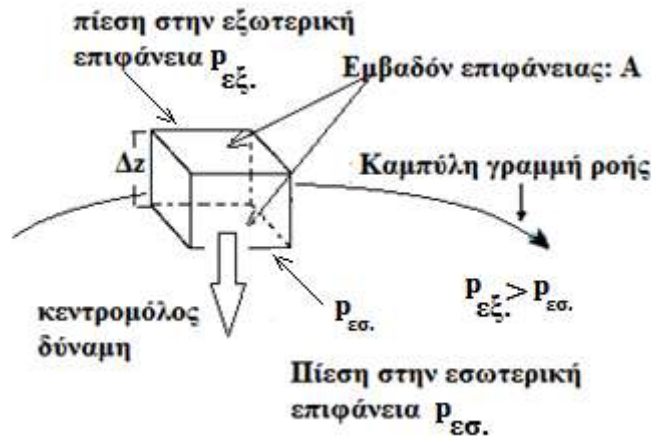
Από τη στιγμή που ένας στοιχειώδης όγκος του αέρα κάνει καμπυλόγραμμη κίνηση, Εικόνα 9, σημαίνει ότι ασκείται σε αυτόν πέραν της δύναμης κατά την εφαπτομένη της τροχιάς και δύναμη κάθετη σε αυτήν, δηλαδή και κεντρομόλος δύναμη.

Η κεντρομόλος δύναμη (Babinsky, 2003; Weltner & Ingelman – Sundberg, 2016) που δρα στον στοιχειώδη όγκο του αέρα εντός των καμπυλωμένων ρευματικών γραμμών, Εικόνα 10, απαιτεί (καθώς κατευθύνεται προς το κέντρο της κυκλικής τροχιάς) να υπάρχει μεγαλύτερη πίεση στην εξωτερική ($p_{εξωτερική}$) πλευρική έδρα σε σχέση με την πίεση στην εσωτερική ($p_{εσωτερική}$) πλευρική έδρα, άρα $p_{εξωτερική} > p_{εσωτερική}$ και $p_{εξωτερική} = p_{εσωτερική} + \Delta p$ όπου $\Delta p = \Delta z \left(\frac{dp}{dz} \right)$ (1) (με $\frac{dp}{dz}$ τη βαθμίδα πίεσης σε άξονα κάθετο στη ρευματική γραμμή σε αυτό το σημείο).

Η κεντρομόλος αυτή δύναμη:

- προκύπτει από τη διαφορά πίεσης Δp μεταξύ της εσωτερικής και εξωτερικής πλευράς του στοιχειώδους όγκου και είναι $F = -A\Delta p$, και επειδή, σχέση (1), $\Delta p = \Delta z \left(\frac{dp}{dz} \right)$ προκύπτει $F = -A \Delta z \left(\frac{dp}{dz} \right)$ (2). Το αρνητικό πρόσημο προκύπτει και εδώ διότι η δύναμη είναι προς την κατεύθυνση του $-z$.
- δίνεται από τη σχέση $F = -\Delta m \frac{v^2}{R}$ (3), όπου Δm η μάζα στοιχειώδους όγκου του αέρα η οποία, αν ρ η πυκνότητα του αέρα, δίδεται από τη σχέση $\Delta m = \rho A \Delta z$ και R η τοπική ακτίνα καμπυλότητας. Η κεντρομόλος δύναμη κατευθύνεται προς το κέντρο

καμπυλότητας της ρευματικής γραμμής σε εκείνο το σημείο, άρα προς τα κάτω (από εδώ το πρόσημο -).



Εικόνα 10. Η εμφάνιση δύναμης κάθετης προς τις καμπυλωμένες ρευματικές γραμμές

Από τις σχέσεις (2) και (3) προκύπτει

$$\Delta m \frac{v^2}{R} = A \Delta z \left(\frac{dp}{dz} \right) \Rightarrow$$

$$\rho A \Delta z \frac{v^2}{R} = A \Delta z \left(\frac{dp}{dz} \right) \Rightarrow \frac{dp}{dz} = \rho \frac{v^2}{R} \quad (4)$$

Καμπυλωμένες ρευματικές γραμμές συνδέονται με βαθμίδα πίεσης, με την πίεση να αυξάνεται από μέσα προς τα έξω. Το παραπάνω ερμηνεύει το γιατί είχαμε πτώση πίεσης και άρα άντληση νερού στην περίπτωση της καμπύλης επιφάνειας, πείραμα 2.

Από τη σχέση $\frac{dp}{dz} = \rho \frac{v^2}{R}$ προκύπτει ότι αν $R \rightarrow \infty$, δηλ. αν η ρευματική γραμμή είναι ευθεία, τότε $\frac{v^2}{R} \rightarrow 0$, και άρα $\frac{dp}{dz} \rightarrow 0$ και ως εκ τούτου δεν υπάρχει καμία βαθμίδα πίεσης κάθετα σε ευθείες ρευματικές γραμμές. Αυτό ερμηνεύει το γεγονός ότι δεν είχαμε άντληση νερού στην περίπτωση της επίπεδης επιφάνειας, πείραμα 1.

Συνοπτικά: Το ρεύμα αέρα που συναντάει την (ομαλά) καμπυλωμένη επιφάνεια δεν μπορεί να διεισδύσει σε αυτήν και εξαναγκάζεται, λόγω του ιξώδους, να κινηθεί σε ρευματικές γραμμές που ακολουθούν το γεωμετρικό της σχήμα, αυτό είναι το φαινόμενο Coanda. Κοντά λοιπόν στην καμπυλωμένη επιφάνεια η ροή εξαναγκάζεται να προσεγγίσει τη γεωμετρία της τελευταίας. Οι καμπυλωμένες ρευματικές γραμμές συνεπάγονται τη δράση κεντρομόλου δύναμης. Η ύπαρξη κεντρομόλου δύναμης συνεπάγεται πίεση μικρότερη από την ατμοσφαιρική στην επιφάνεια του εμποδίου καθώς μακριά από αυτήν και πάνω από τις καμπυλωμένες γραμμές έχουμε την κανονική ατμοσφαιρική πίεση.

Από τους Weltner και Ingelman-Sundberg (2011) καταγράφεται ότι: «κατά κανόνα, τα βιβλία Φυσικής δεν ασχολούνται με τη μελέτη της κάθετης επιτάχυνσης του ρευστού. Δεν συζητούν τις κλίσεις πίεσης που υπάρχουν κάθετα προς την ταχύτητα εάν οι ρευματικές γραμμές είναι καμπύλες. Η παραμέληση των κλίσεων πίεσης που σχετίζονται με καμπύλες γραμμές ροής είναι καταστροφική γιατί έτσι ο μηχανισμός της παραγωγής χαμηλής πίεσης καθίσταται αδύνατο να κατανοηθεί. Τα εμπόδια προκαλούν καμπύλες ρευματικές γραμμές και δημιουργούν κλίσεις πίεσης στον αέρα και κατά συνέπεια περιοχές με υψηλότερη ή χαμηλότερη πίεση».

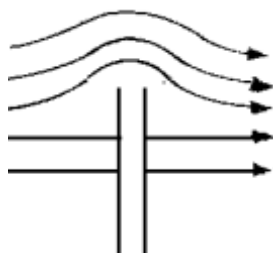
Ερμηνεία του γεγονότος ότι φυσώντας με το οριζόντιο καλαμάκι ανυψώνεται το νερό

Τα παραπάνω μπορούν να δώσουν μια εξήγηση του γεγονότος ότι φυσώντας με το οριζόντιο καλαμάκι στην άκρη από το κατακόρυφο καλαμάκι που είναι βυθισμένο στο νερό, το νερό ανυψώνεται, Εικόνα 11 (Ιωάννου κ.ά. 2011, σελίδα101).



Εικόνα 11. Φυσώντας με το οριζόντιο καλαμάκι βγαίνει νερό από το κατακόρυφο

Έτσι: Η πάνω άκρη από το κατακόρυφο καλαμάκι βρίσκεται μέσα στη ροή του αέρα που εξέρχεται από το οριζόντιο καλαμάκι και αναγκάζει τις ρευματικές γραμμές του αέρα να αποκλίνουν, Εικόνα 7 (Weltner, 2011). Οι καμπυλωμένες ρευματικές γραμμές είναι η αιτία για τη χαμηλότερη πίεση που δημιουργείται στην πάνω άκρη από το καλαμάκι και της εξόδου του νερού.



Εικόνα 12. Οι ρευματικές γραμμές στο πάνω μέρος από το κατακόρυφο καλαμάκι

Σημειώνεται ότι ο ψεκασμός του νερού ή η μετακίνηση του νερού στο ανοιχτό μανόμετρο φαίνεται και στην προτεινόμενη πειραματική διάταξη όταν η άκρη του λεπτού διαφανούς σωλήνα περνά πάνω από την οριζόντια επιφάνεια, Εικόνες 13 και 14.



Εικόνα 13. Όταν η άκρη του λεπτού διαφανούς σωλήνα περνά πάνω από την οριζόντια επιφάνεια παρατηρείται ψεκασμός



Εικόνα 14. Όταν η άκρη του λεπτού διαφανούς σωλήνα περνά πάνω από την οριζόντια επιφάνεια παρατηρείται μετακίνηση του νερού στο μανόμετρο

Μια σύντομη επέκταση

Ας δούμε σύντομα μια ακόμη από της δραστηριότητες του βιβλίου της Γ' Λυκείου (Ιωάννου κ.ά..2010, σελ.101 (Εικόνα 15).

Δραστηριότητα 2.

«Τοποθετήστε την άκρη μίας χάρτινης λουρίδας ανάμεσα στις σελίδες ενός βιβλίου. Κρατήστε το βιβλίο όπως στο σχήμα 3.18 και φυσήξτε με δύναμη πάνω από τη χάρτινη λουρίδα. Η λουρίδα ανυψώνεται και μάλιστα περισσότερο όταν φυσάμε πιο δυνατά. Τι εξήγηση δίνετε;»



Εικόνα 15. Παράδειγμα δραστηριότητας “2” του σχολικού βιβλίου

Η δραστηριότητα αυτή ερμηνεύεται με χρήση της εξίσωσης του Bernoulli για δυο σημεία ένα μέσα στο αέριο ρεύμα και ένα σε θέση όπου η ταχύτητα του αέρα μηδενίζεται και η πίεση είναι μια ατμόσφαιρα. Βεβαίως έχουμε πάνω από την άνω πλευρά του χαρτιού μικρότερη πίεση από ό,τι στην άλλη πλευρά του. Γιατί όμως αυτή να οφείλεται στο νόμο του Bernoulli; Υπάρχει διατήρηση της μηχανικής ενέργειας για τα δυο αυτά σημεία;

Ο Babinsky (2003) σχολιάζοντας την ερμηνεία με βάση την εξίσωση του Bernoulli, που συνήθως δίνεται για το παραπάνω φαινόμενο, γράφει:

«... στο πείραμα «επίδειξης» της ανύψωσης του καμπυλωμένου χαρτιού ο αέρας που κινείται κατά μήκος της άνω επιφάνειας του χαρτιού προέρχεται από το στόμα του ατόμου που εκτελεί το πείραμα και οι γραμμές ροής μπορούν να ανιχνευθούν σωστά προς στους πνεύμονες αυτού του ατόμου. Δεν υπάρχει καμία σχέση με τις γραμμές ροής κάτω από το χαρτί και η εξίσωση του Bernoulli δεν μπορεί να εφαρμοστεί για να συγκριθεί η πίεση στις δύο περιοχές. Θα μπορούσε κάποιος να υποστηρίξει ότι ο αέρας πάνω από την άνω επιφάνεια του καμπυλωμένου χαρτιού τελικά θα ακινητοποιηθεί κάπου στο δωμάτιο και από εκεί μπορεί να τραβηχτεί μια ρευματική γραμμή που να καταλήγει στην κάτω επιφάνεια του χαρτιού. Ωστόσο, σε αυτή την περίπτωση η ροή επηρεάζεται σαφώς από την τριβή - αυτή είναι που φέρνει την ροή σε ισορροπία - και εξίσωση Bernoulli περιγράφει μόνο ροές χωρίς τριβή».

Συμπεριλάβαμε αυτή την παράγραφο διότι θεωρούμε ότι και σε αυτήν γίνεται η ίδια λάθος εφαρμογή του Νόμου του Bernoulli και επιπλέον ότι και εδώ η σωστή ερμηνεία είναι ανάλογη με αυτήν που δώσαμε για τον ψεκασμό δηλαδή μέσω της καμπύλωσης των ρευματικών γραμμών οι οποίες λόγω του φαινομένου Coanda είναι υποχρεωμένες να ακολουθούν την καμπύλωση της χάρτινης λωρίδας.

Συμπεράσματα

Η άποψη ότι μέσα σε ρεύμα κινούμενου αέρα η πίεση είναι πάντα μικρότερη από ότι στο γύρω ακίνητο αέρα συναντάται διεθνώς συχνά όχι μόνο σε σχολικά βιβλία αλλά και σε φημισμένα πανεπιστημιακά βιβλία (π.χ. Hewitt 1997, σελ. 236 – 237) καθώς και σε έγκυρα επιστημονικά περιοδικά (π.χ. Holmes 1996, Cohen and Horvath, 2003). Ο Smith (1972) γράφει: «Εκατομμύρια παιδιά στο μάθημα της Φυσικής καλούνται να φυσήξουν πάνω από καμπυλωμένα κομμάτια χαρτιού και να παρατηρήσουν το γεγονός ότι το χαρτί «ανεβαίνει», ή καλούνται να φυσήξουν μεταξύ δύο αιωρούμενων μήλων και να πιστεύουν ότι ο νόμος του Bernoulli εξηγεί το πλησίασμά τους. Επίσης, λέγεται ότι ο νόμος του Bernoulli είναι υπεύθυνος για την άντωση στο φτερό του αεροπλάνου και για τη δύναμη που κάνει ένα περιστρεφόμενο μπαλάκι του μπέιζμπολ να ταξιδεύει σε καμπύλη τροχιά».

Στα παραπάνω που αναφέρει ο Smith μπορούμε να προσθέσουμε και την αρπαγή της στέγης από ισχυρό άνεμο, τον ψεκασμό με τα δυο καλαμάκια, το μπαλάκι του πινγκ – πονγκ που δεμένο κατακόρυφα από μια κλωστή έλκεται από τη φλέβα του νερού της βρύσης, τον κίνδυνο να συγκρουστούν δυο πλοία που κινούνται παράλληλα (που περιλαμβάνονται στο σχολικό βιβλίο της Γ'

Λυκείου (Ιωάννου κ.ά. 2010, σελίδες 97, 101 και 104), καθώς και το μπαλάκι του πινγκ πονγκ που αιωρείται στο ρεύμα αέρα που δημιουργείται από πιστολάκι στεγνώματος μαλλιών (Weltner 2011, Lopez-Arias et al, 2011).

Ας ξαναδούμε τα παραπάνω φαινόμενα έχοντας κατά νου ότι απαιτούμενο για να ισχύει η εξίσωση του Bernoulli μεταξύ δυο σημείων είναι να υπάρχει διατήρηση της (μηχανικής) ενέργειας και ας λάβουμε υπόψη για την ερμηνεία την καμπύλωση των ρευματικών γραμμών που παρουσιάστηκε παραπάνω για την περίπτωση του ψεκασμού με τα καλαμάκια.

Αναφορές

- Babinsky, H. (2003). How do wings work? *Physics Education*, 38 (6), p.p 497-503.
- Cohen, H., Horvath, D. (2003). Two large –scale devices for demonstrating a Bernoulli effect. *The Physics Teacher*, 41, p.p. 9-11.
- Desrochers, D. (2010). Ανακτήθηκε στις 15 Ιανουαρίου 2016 από <http://makezine.com/projects/model-wind-tunnel/>
- Hewitt, P. (1997). *Οι έννοιες της Φυσικής. Τόμος Ι*. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης. Ηράκλειο.
- Holmes, B. (1996). My Teacher is a blowhard. *The Physics Teacher*, 34, p. 362
- Instructables (2014). Ανακτήθηκε στις 15 Ιανουαρίου 2016 από <http://www.instructables.com/id/DIY-Wind-Tunnel-20-Project-Paperclip/>
- Lopez-Arias, T., Gratton, L. M., Zendri, G. & Oss, S. (2011). Forces acting on a ball in an air jet. *Physics Education*, 46(2) p.p. 146 – 151
- Smith, N.F. (1972). Bernoulli and Newton in Fluid Mechanics. *The Physics Teacher*, 10, p.p. 451- 455.
- Van Milligan, T. (2010). Build Your Own Inexpensive Wind Tunnel. *Peak of Flight Newsletter*, Issue 252, January 12, 2010. p.p. 2-11, Ανακτήθηκε στις 15 Ιανουαρίου 2016 από <https://www.apogeerockets.com/education/downloads/Newsletter252.pdf>
- Weltner, K. & Ingelman - Sundberg M. (2016). Η Φυσική της πτήσης – αναθεωρημένη. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*. Τεύχος 9, σελίδα 7. Ανακτήθηκε στις 9 Ιανουαρίου 2016 από http://physcool.web.auth.gr/images/teyxos_9/Waltner%207-22.pdf
- Weltner, K. (2011). *Misinterpretations of Bernoulli's Law*. Ανακτήθηκε στις 9 Ιανουαρίου 2016 από <http://user.uni-frankfurt.de/~weltner/Misinterpretations%20of%20Bernoullis%20Law%202011%20internet.pdf>
- Ιωάννου, Α., Ντάνος Γ., Πήττας Α. & Ράπτης Σ. (2010). *Φυσική Θετικής και Τεχνολογικής Κατεύθυνσης. Γ' Τάξη Γενικού Λυκείου*. (1' Έκδοση). ΟΕΔΒ. Αθήνα
- Κουμαράς, Π. (2000). *Πειράματα Φυσικών Επιστημών με υλικά καθημερινής χρήσης*. ΟΕΔΒ. Αθήνα
- Κουμαράς, Π. (2002). *Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής*. Εκδόσεις Χριστοδουλίδη.

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Πείραμα για τη μέτρηση υψομετρικής διαφοράς: μία πρόταση για άτομα με κινητική αναπηρία

Δημοσθένης Μπολανιάκης

Υπ. Διδάκτορας Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
dbolanis@cc.uoi.gr

Κωνσταντίνος Κώτσης

Καθηγητής, Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
kkotsis@uoi.gr

Περίληψη

Το πείραμα ως μέρος της διδακτικής μεθοδολογίας και πρακτικής στη διδασκαλία της Φυσικής είναι αναμφισβήτητα ιδιαίτερα σημαντικό όσον αφορά την οικοδόμηση αντίληψης των διδασκομένων για τη βαθύτερη κατανόηση των φυσικών εννοιών. Επιπροσθέτως, η διδασκαλία της Φυσικής στις μέρες μας τείνει να προσανατολιστεί προς την άμεση συσχέτιση διεξαγωγής πειραμάτων με τη χρήση Τεχνολογιών Πληροφοριών και Επικοινωνίας (ΤΠΕ). Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια πρόταση υλοποίησης εξοπλισμού πειραματισμού στη βαρομετρική υψομετρία με τη χρήση των ΤΠΕ, κατάλληλα σχεδιασμένου για την υποστήριξη της εργαστηριακής εκπαίδευσης ατόμων με κινητική αναπηρία.

Λέξεις κλειδιά: Πειραματισμός στη βαρομετρική υψομετρία, πειραματισμός σε άτομα με κινητική αναπηρία, ΑΜΕΑ

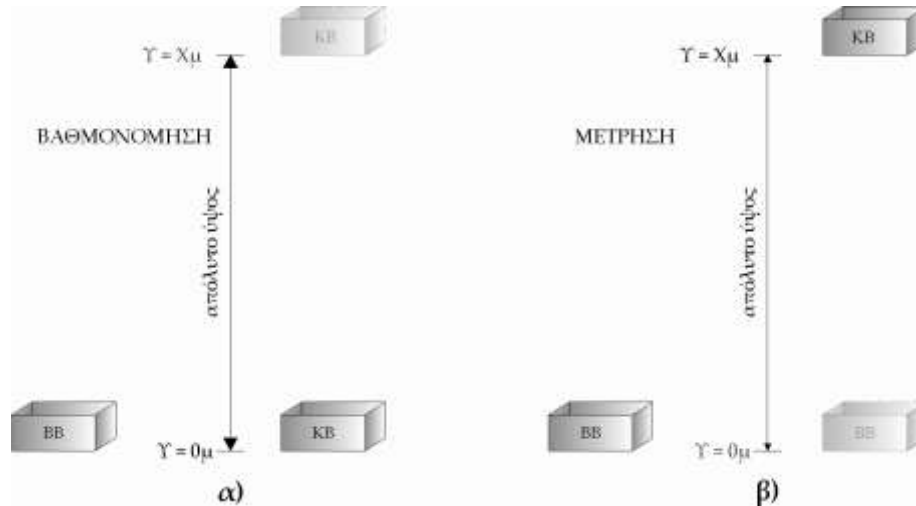
Εισαγωγή

Η κινητική αναπηρία αναφέρεται στην ανικανότητα ενός ατόμου να χρησιμοποιεί ένα ή περισσότερα από τα άκρα του/της, ή την έλλειψη ικανότητας να περπατήσει, να κατανοήσει, ή να ανυψώσει αντικείμενα (Module: Mobility Impairments, Colorado State University). Η κοινωνική αντίληψη που τείνει να ταυτίσει την τυχόν αναπηρία ενός ατόμου με ολική ανικανότητα, στερεί στα άτομα με αναπηρία (ΑΜΕΑ) την ευκαιρία για σωστή εκπαίδευση και επιλογή καριέρας (Κρητικού & Παλυβός 2003). Επιπρόσθετα, οι ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα των Τεχνολογιών Πληροφοριών και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) καθώς και η ραγδαία εξάπλωση τους στο χώρο της εκπαίδευσης, προσφέρουν στις μέρες μας ένα ισχυρό «εργαλείο» ανάπτυξης εργαστηριακών υποδομών, κατάλληλων για την εκπαίδευση μαθητών ΑΜΕΑ. Σήμερα, διατίθενται διάφορα λογισμικά καθώς και ενσωματωμένες εφαρμογές λειτουργικών συστημάτων που επιτρέπουν τον έλεγχο ηλεκτρονικού υπολογιστή (H/Y) μέσω φωνητικών εντολών ενώ με τη χρήση των ενσωματωμένων υπολογιστών συστημάτων, ο H/Y δύναται με τη σειρά του να ελέγχει τη λειτουργία και τη διεξαγωγή ενός πειράματος (Μπολανιάκης & Κώτσης 2015).

Προσφάτως στο Εργαστήριο Εκπαίδευσης και Διδασκαλίας της Φυσικής του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης (Π.Τ.Δ.Ε.) του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων αναπτύχθηκε και υλοποιήθηκε πρωτότυπο σύστημα εργαστηριακής εκπαίδευσης στη βαρομετρική υψομετρία (Bolanakis κ.ά. 2015). Η αξία του πειράματος ως μέρος της διδακτικής μεθοδολογίας και πρακτικής, ορίζεται – στη διεθνή βιβλιογραφία – ιδιαίτερη σημαντική όσον αφορά την οικοδόμηση αντίληψης των διδασκομένων για τη βαθύτερη κατανόηση των φυσικών εννοιών (Στύλος κ.ά. 2014, Κώτσης 2005, Koronen & Mäntylä 2006, Lavonen κ.ά. 2004, Trumper κ.ά. 2003, Etkina κ.ά. 2002). Λαμβάνοντας υπόψη την ανάγκη παροχής ίσων ευκαιριών εκπαίδευσης σε μαθητές ΑΜΕΑ, στην παρούσα εργασία οι συγγραφείς παρουσιάζουν μια πρόταση εναλλακτικής υλοποίησης του υπάρχοντος εξοπλισμού πειραματισμού στη βαρομετρική υψομετρία για την υποστήριξη της εργαστηριακής εκπαίδευσης ατόμων με κινητική αναπηρία.

Θεωρητικό υπόβαθρο πειραματισμού στη βαρομετρική υψομετρία

Ο πρωτότυπος πειραματικός εξοπλισμός που αναπτύχθηκε για το Εργαστήριο Εκπαίδευσης και Διδασκαλίας της Φυσικής του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων έχει εφαρμογή στην τεχνική της διαφορικής βαρομετρικής υψομετρίας. Σύμφωνα με την τεχνική αυτή, μετρήσεις ατμοσφαιρικής πίεσης λαμβάνονται από δύο ανεξάρτητους αισθητήρες που τοποθετούνται σε διαφορά ύψους και κατόπιν, υπολογίζεται η διαφορά απόλυτου ύψους μεταξύ των δύο αισθητήρων.



Εικόνα 1. Υπολογισμός απόλυτου ύψους: τεχνική διαφορικής βαρομετρικής υψομετρίας

Στην Εικόνα 1 αναπαρίσταται η διαδικασία μέτρησης βαρομετρικού υψομέτρου. Λόγω της απόκλισης που παρουσιάζεται στο σήμα εξόδου δύο αισθητήρων που μετρούν την ίδια τιμή ατμοσφαιρική πίεσης, απαιτείται βαθμονόμηση των αισθητήρων τοποθετώντας αρχικά τις συσκευές μέτρησης στο ίδιο ύψος (Εικόνα 1α) για την εκτίμηση της απόκλισης αυτής. Κατόπιν, η απόκλιση αυτή αφαιρείται από την μέτρηση που λαμβάνεται τοποθετώντας τις συσκευές σε διαφορά απόλυτου ύψους X μέτρα (Εικόνα 1β). Η συσκευή μέτρησης που παραμένει σταθερή σε ύψος $Y=0$ μέτρα κατά τη διαδικασία βαθμονόμησης και μέτρησης του απόλυτου ύψους ονομάζεται βαρόμετρο βάσης (BB), ενώ η ετέρα συσκευή ονομάζεται κινητό βαρόμετρο (KB).

Από ερευνητική μελέτη που παρουσιάστηκε σε προηγούμενη εργασία (Bolanakis κ.ά. 2015) οι συγγραφείς παρατήρησαν ότι η απόκλιση στο σήμα εξόδου δύο αισθητήρων που μετρούν την ίδια τιμή πίεσης οφείλεται σε κατασκευαστικές ανομοιογένειες των αισθητήρων. Οι ανομοιότητες αυτές επηρεάζουν την καμπύλη απόκρισης των αισθητήρων προκαλώντας τυχαία αλλαγή στο σήμα εξόδου των τελευταίων. Για την μελέτη της καμπύλης εξόδου των αισθητήρων ατμοσφαιρικής πίεσης χρησιμοποιήθηκαν δύο πανομοιότυπες συσκευές μέτρησης, με δυνατότητα συλλογής μετρήσεων μέσω ασύρματης ζεύξης. Τοποθετώντας τις ασύρματες συσκευές μέτρησης σε αεροστεγές δοχείο με αντλία άντλησης του αέρα, εξασφαλίστηκε η λήψη μετρήσεων πίεσης κάτω από τις ίδιες περιβαλλοντικές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας. Λήφθηκαν λοιπόν μετρήσεις σε διάφορα κατώφλια πίεσης (με τη χρήση της αντλίας άντλησης του αέρα από το αεροστεγές δοχείο) και παρατηρήθηκε πως η αλλαγή στο σήμα εξόδου των αισθητήρων δεν είναι προβλέψιμη. Συνεπώς, στην τεχνική διαφορικής βαρομετρικής υψομετρίας απαιτείται βαθμονόμηση των αισθητήρων κάθε φορά που επιχειρείται η μέτρηση απόλυτου για την επίτευξη της υψηλής ακρίβειας των μετρήσεων.

$$(Υψομετρική εξίσωση-ΥΕ) \quad P_{(z)} = P_0 e^{-(z/H)} \quad \text{Σχέση 1}$$

όπου:

$H = kT/mg$ (ατμοσφαιρική κλίμακα ύψους)

$P_0 = 102325 \text{ Pa}$ (μέση τιμή ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια της θάλασσας)

$k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/deg}$ (σταθερά Boltzmann)

$T = 273 \text{ K}$ (μέση τιμή θερμοκρασίας ατμοσφαιρικού στρώματος)

$m = 4,76 \times 10^{-26} \text{ kg}$ (μέση τιμή μάζας των ατόμων του αέρα για 22% O_2 και 78% N_2)

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$ (επιτάχυνση βαρύτητας)

Λύνοντας ως προς Z προκύπτει:

$$\begin{aligned} \ln P_{(z)} &= \ln P_0 e^{-(z/H)} \Rightarrow \\ \ln P_{(z)} &= \ln P_0 + \ln e^{-(z/H)} \Rightarrow \\ \ln P_{(z)} - \ln P_0 &= -z/H \Rightarrow \\ z &= H (\ln P_0 - \ln P_{(z)}) \end{aligned}$$

(Απόλυτο ύψος με τη χρήση της ΥΕ) $h = P_{(zA)} - P_{(zB)} = H (\ln P_{(zA)} - \ln P_{(zB)})$ Σχέση 2
 όπου: $P_{(zA)} < P_{(zB)}$

Ο υπολογισμός απόλυτου ύψους πραγματοποιείται με τη χρήση της υψομετρικής εξίσωσης που δίδεται στη Σχέση 1. Στην περίπτωση αυτή, απαιτείται επιπλέον η μέτρηση της θερμοκρασίας, όπως φαίνεται στη Σχέση 2. Εναλλακτικά, ο υπολογισμός απόλυτου ύψους μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση της διεθνούς βαρομετρικής εξίσωσης που δίδεται στη Σχέση 3. Στην περίπτωση αυτή, για δεν απαιτούνται μετρήσεις θερμοκρασίας (Bolanakis et al, 2015), όπως φαίνεται στη Σχέση 4.

(Διεθνής βαρομετρική εξίσωση-ΔΒΕ) $z = 44330 (1 - (P_{(z)}/P_0)^{1/5,255}) \Rightarrow$ Σχέση 3
 $z = 44330 - 44330 (1/102325 \times P_{(z)})^{0,1903} \Rightarrow$
 $z = 44330 - 4935,125 P_{(z)}^{0,1903}$

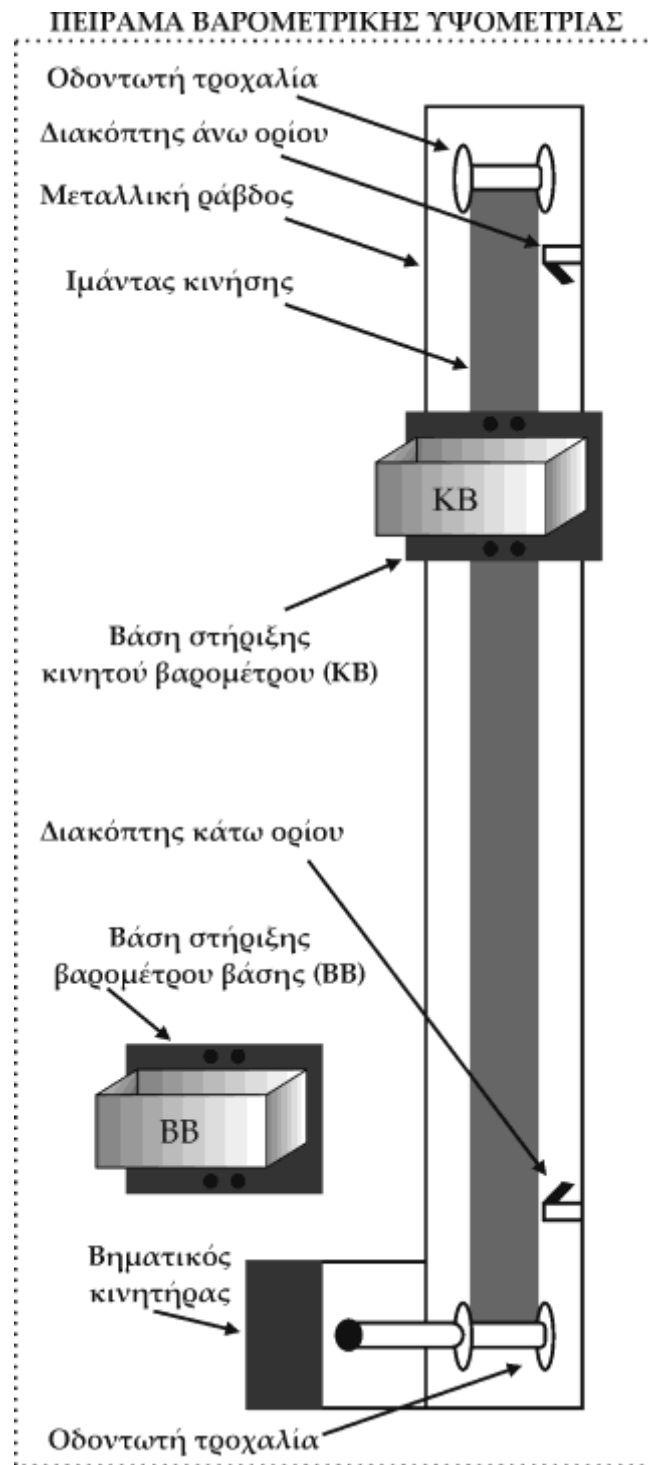
(Απόλυτο ύψος με τη χρήση της ΔΒΕ) $h = P_{(zA)} - P_{(zB)} = 4935,125 (P_{(zB)}^{0,1903} - P_{(zA)}^{0,1903})$ Σχέση 4
 όπου: $P_{(zA)} < P_{(zB)}$

Πρόταση ανάπτυξης εργαστηριακού εξοπλισμού βαρομετρικής υψομετρίας: ΑΜΕΑ

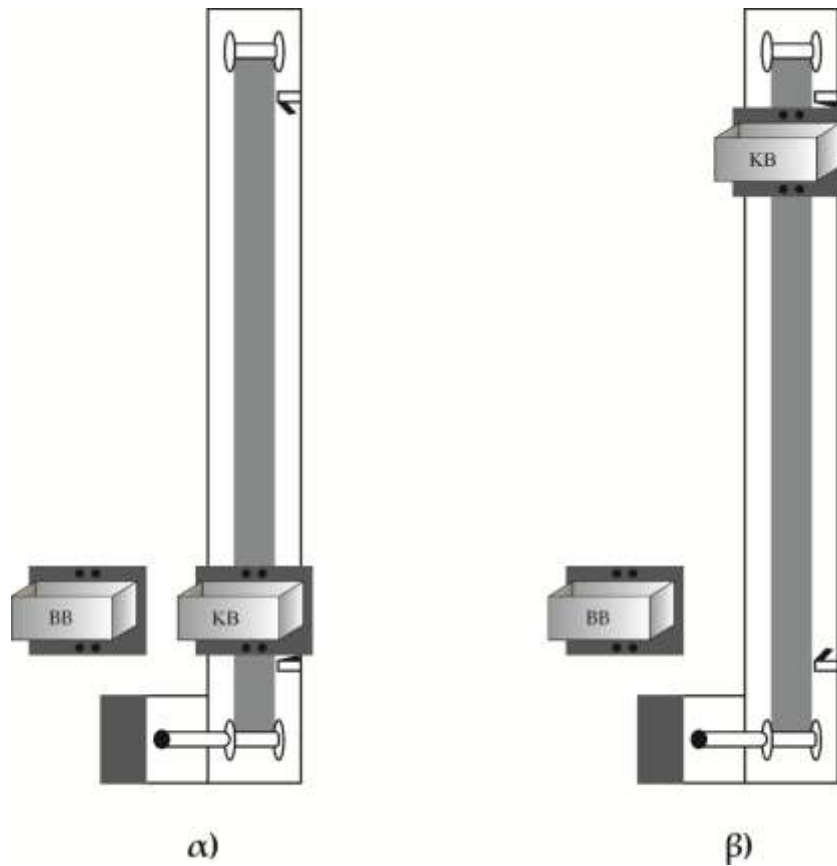
Στη συνέχεια δίνονται οι λεπτομέρειες σχεδίασης για την αυτόνομη λειτουργία του υπάρχοντος εξοπλισμού πειραματισμού στη βαρομετρική υψομετρία, ώστε να είναι δυνατή η χρήση του από μαθητές ΜΕΑ. Στην Εικόνα 2 παρουσιάζεται η προτεινόμενος εξοπλισμός εγκατάστασης του πειράματος. Για την αυτόνομη λειτουργία του πειράματος απαιτούνται τα ακόλουθα:

1. Μία μεταλλική ράβδος στη βάση και την κορυφή της οποίας τοποθετούνται δύο οδοντωτές τροχαλίες κινήσεως.
2. Στις οδοντωτές τροχαλίες τοποθετείται ιμάντας κινήσεως, στον οποίο εγκαθίσταται μία βάση στήριξης.
3. Στη βάση στήριξης τοποθετείται το κινητό βαρόμετρο του συστήματος, το οποίο μετακινείται κατά μήκος της μεταλλικής ράβδους.
4. Η κίνηση του ιμάντα πραγματοποιείται μέσω ενός βηματικού κινητήρα, η λειτουργία του οποίου διακόπτεται από δύο διακόπτες που τοποθετούνται στο άνω και κάτω άκρο της ράβδους.

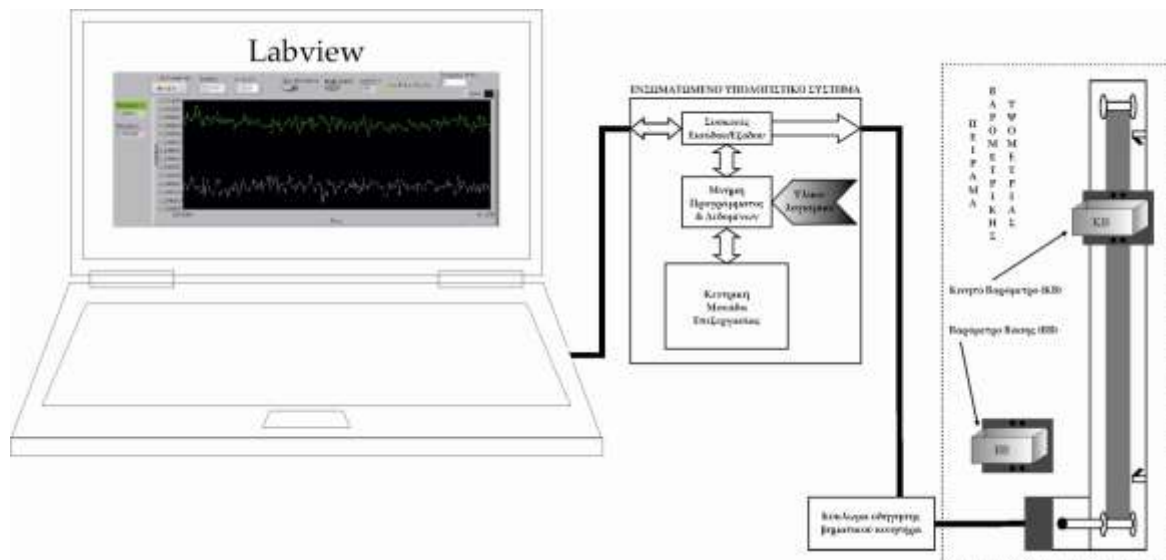
Καθώς το κινητό βαρόμετρο κινείται προς πάνω, η βάση στήριξης του ΚΒ δεσμεύει το διακόπτη που βρίσκεται στο άνω άκρο της ράβδου και τερματίζεται η λειτουργία του βηματικού κινητήρα (Εικόνα 3α). Κατόπιν, ο βηματικός κινητήρας παραμένει μερικά δευτερόλεπτα στη θέση αυτή για τη λήψη μετρήσεων από το συντονιστή του συστήματος και στη συνέχεια, ξεκινάει αντίστροφη λειτουργία του κινητήρα. Ο βηματικός κινητήρας κινεί το ΚΒ προς τα κάτω έως ότου δεσμευτεί ο διακόπτης που βρίσκεται στο κάτω άκρο της ράβδου (Εικόνα 3β). Κατά τη δέσμευση του διακόπτη τερματίζεται η λειτουργία του βηματικού κινητήρα για μερικά δευτερόλεπτα για τη λήψη μετρήσεων από το συντονιστή του συστήματος, ώστε να πραγματοποιηθεί βαθμονόμηση των συσκευών μέτρησης. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί ότι, το βαρόμετρο βάσης του συστήματος θα πρέπει να τοποθετηθεί σε κάποιο σημείο του χώρου, ώστε όταν το κινητό βαρόμετρο βρίσκεται στο κάτω όριο της ράβδου, οι δύο συσκευές να βρίσκονται σε οριζόντια ευθυγράμμιση για την ορθή βαθμονόμηση των αισθητήρων.



Εικόνα 2. Αυτόνομο σύστημα υπολογισμού βαρομετρικού υψόμετρου



Εικόνα 3. Μετακίνηση του κινητού βαρόμετρου (KB) α) στο κάτω όριο και β) στο πάνω όριο



Εικόνα 4. Σχηματική αναπαράσταση της διάταξης της βαρομετρικής υψομετρίας: εκπαίδευση ΑΜΕΑ

Στην Εικόνα 4 παρουσιάζεται ο προτεινόμενος εξοπλισμός. Εκτός από το πείραμα βαρομετρικής υψομετρίας, απαιτείται και η υλοποίηση ενός ηλεκτρονικού κυκλώματος για τον έλεγχο του βηματικού κινητήρα. Το πείραμα ελέγχεται μέσω προγράμματος που αναπτύχθηκε σε Labview, ενώ ο έλεγχος του ηλεκτρονικού υπολογιστή μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω φωνητικών εντολών από διαθέσιμα προγράμματα (εμπορικά ή και ελεύθερα λογισμικά). Αξίζει να σημειωθεί ότι, η ανάλυση των μετρήσεων από τους διδασκόμενους πραγματοποιείται με τη βοήθεια ειδικών προγραμμάτων που

αναπτύχθηκαν στο Matlab, τα οποία πραγματοποιούν για την αυτόματη ανάλυση των δεδομένων ατμοσφαιρικής πίεσης.

Επίλογος

Στο Εργαστήριο Εκπαίδευσης και Διδασκαλίας της Φυσικής του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, προσφάτως αναπτύχθηκε και υλοποιήθηκε σύστημα καταγραφής ατμοσφαιρικής πίεσης που έχει εφαρμογή στα πειράματα βαρομετρικής υψομετρίας.

Λαμβάνοντας υπόψη την ανάγκη παροχής ίσων ευκαιριών εκπαίδευσης σε μαθητές ΑΜΕΑ, στην παρούσα εργασία οι συγγραφείς παρουσιάζουν μια πρόταση εναλλακτικής υλοποίησης του υπάρχοντος εξοπλισμού για την υποστήριξη της εργαστηριακής εκπαίδευσης ατόμων με κινητική αναπηρία.

Η προτεινόμενη πειραματική διάταξη αποτελεί ένα χαμηλού κόστους εξοπλισμό που δρομολογείται με σκοπό την επίτευξη μιας ολοκληρωμένης πειραματικής διδασκαλίας μαθητών ΑΜΕΑ στη διαδικασία αναγωγής ατμοσφαιρικής πίεσης σε απόλυτο ύψος για τη μέτρηση και εκτίμηση σφάλματος του τελευταίου.

Αναφορές

- Bolanakis, D. E. Kotsis, K. T., & Laopoulos, T. (2015). A Prototype Wireless Sensor Network System for a Comparative Evaluation of Differential and Absolute Barometric Altimetry. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, Nov., 20-28 (to be published).
- Bolanakis, D. E. Kotsis, K. T., & Laopoulos, T. (2015). Temperature Influence on Differential Barometric Altitude Measurements. *The 8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications* (pp. 1-5). IDAACS'2015, Warsaw, Poland, September 24-26, 2015.
- Etkina, E. Heuvelen, A. Brookes, D.T., & Mills, D. (2002). Role of experiments in physics instruction – a process approach. *The Physics Teacher*, 40(6), 351-355.
- http://accessproject.colostate.edu/disability/modules/MI/tut_MI.php?display=pg_1
- Koponen, I.T., & Mäntylä, T. (2006). Generative role of experiments in physics and in teaching physics: a suggestion for epistemological reconstruction. *Science & Education*, 15(1), 31-54.
- Lavonen, J. Jauhiainen, J. Koponen, I.T. & Kurki-Suonio, K. (2004). Effect of a long-term in-service training program on teachers' beliefs about the role of experiments in physics education. *International Journal of Science Education*, 26(3), 309-329.
- Trumper, R. (2003). The physics laboratory – a historical overview and future perspectives. *Science & Education*, 12(7), 645-670.
- Κρητικού, Σ., & Παλυβός, Ι. (2003). Προσομοίωση πειραματικής διδασκαλίας για μαθητές με κινητικά προβλήματα. *2ο Πανελλήνιο Συνέδριο των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ*, Σύρος, 46-57.
- Κώτσης, Κ.Θ. (2005). *Διδασκαλία της Φυσικής και Πείραμα*. Ιωάννινα: Παν/μιο Ιωαννίνων.
- Module: Mobility Impairments,
- Μπολανάκης, Δ.Ε., & Κώτσης, Κ.Θ. (2015). Απομακρυσμένος έλεγχος μετρήσεων φυσικών μεγεθών πραγματικού χρόνου: δυνατότητες και περιορισμοί. *9ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση (σελ. 1-8)*, Θεσσαλονίκη, Μάιος 8-10, 2015.
- Στύλος, Γ. Κώτσης, Κ.Θ., & Εμβαλωτής, Α. (2014). Πρακτικές εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης στη διδασκαλία της Φυσικής (Α' Μέρος). *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 5, 7-15.

Παράρτημα

Στη συνέχεια δίνεται ο κώδικας Matlab για την αυτόματη ανάλυση των δεδομένων ατμοσφαιρικής.

```
%-----  
%-----DIFFERENTIAL BAROMETRIC ALTIMETRY-----  
%-----  
%-CALCULATIONS ADDRESSED BY THE INTERNATIONAL BAROMETRIC FORMULA-  
%-----  
%PRINT PRESSURE DATA AT SAME HEIGHT  
file = PressureSame;
```

```
P1=file(:,1);
P2=file(:,3);
fig = figure;
plot(P1,'r');
hold on;
plot(P2);
legend('P1','P2');
xlabel('Samples', 'FontSize', 12);
ylabel('Pressure (bar)', 'FontSize', 12);
title(sprintf('Pressure measurements at same height'), 'FontSize', 12, 'FontWeight', 'bold');
print -dtiffn 1.Pressure-measurements-at-same-height.tif;

%PRINT PRESSURE DATA AT SAME HEIGHT (DEVIATION CORRECTION)
if (P1>P2)
Pdif = P1-P2;
PdifAv=mean(Pdif);
P1b=P1-PdifAv;
else
Pdif = P2-P1;
PdifAv=mean(Pdif);
P1b=P1+PdifAv;
end
figure;
plot(P1b,'r');
hold on;
plot(P2);
hold on;
plot(P1, '--r');
legend('corrected equivalent P1', 'P2', 'P1', 'FontSize', 6);
xlabel('Samples', 'FontSize', 12);
ylabel('Pressure (bar)', 'FontSize', 12);
title(sprintf('Pressure measurements at same height:\n Deviation correction'), 'FontSize', 12,
'FontWeight', 'bold');
print -dtiffn 2.Pressure-measurements-at-same-height-Deviation-correction.tif;

%PRINT PRESSURE DATA AT HEIGHT DIFFERENCE
file = PressureDifferent;
Pa=file(:,1);
Pb=file(:,3);
figure;
plot(Pa,'r');
hold on;
plot(Pb);
legend('Pa','Pb');
xlabel('Samples', 'FontSize', 12);
ylabel('Pressure (bar)', 'FontSize', 12);
title(sprintf('Pressure measurements at height difference'), 'FontSize', 12, 'FontWeight', 'bold');
print -dtiffn 3.Pressure-measurements-at-height-difference.tif;

%PRINT PRESSURE DATA AT HEIGHT DIFFERENCE (DEVIATION CORRECTION)
if (Pa>Pb)
Pa2=Pa-PdifAv;
else
Pa2=Pa+PdifAv;
end
figure;
```

```

plot(Pa2,'r');
hold on;
plot(Pb);
hold on;
plot(Pa, '-r');
legend('corrected equivalent Pa', 'Pb', 'Pa', 'FontSize', 6);
xlabel('Samples', 'FontSize', 12);
ylabel('Pressure (bar)', 'FontSize', 12);
title(sprintf('Pressure measurements at height difference:\nDeviation correction'), 'FontSize', 12,
'FontWeight', 'bold');
print -dtiffn 4.Pressure-measurements-at-height-difference-Deviation-correction.tif

%PLOT HEIGHT GRAPH DETERMINED BY THE INTERNATIONAL BAROMETRIC
FORMULA
if (mean(Pa2) > mean(Pb))
height=4935.125 * ( power((Pa2*100000),0.1903) - power((Pb*100000),0.1903) );
else
height=4935.125 * ( power((Pb*100000),0.1903) - power((Pa2*100000),0.1903) );
end
average_height = mean(height);
figure
plot(height)
legend('P(zB) - P(zA)', 'FontSize', 6);
xlabel('Samples', 'FontSize', 12);
ylabel('Height (meters)', 'FontSize', 12);
title(sprintf('Height Av. = %.2fm\nInternational Barometric Formula', average_height), 'FontSize', 12,
'FontWeight', 'bold');
print -dtiffn 5.Height-Graph-International-Barometric-Formula.tif

%DETERMINE RMS & P-P NOISE USING THE INTERNATIONAL BAROMETRIC FORMULA
figure;
histfit(height);
xlabel('Height (meters)', 'FontSize', 12);
ylabel('Samples', 'FontSize', 12); %y-axis label
rmsHeight=std(height);
Height_pp=6.6*rmsHeight;
title(sprintf('Noise(p-p)=%.1fm, Noise(rms)=%.2fm\nInternational Barometric Formula', Height_pp,
rmsHeight), 'FontSize', 11, 'FontWeight', 'bold');
print -dtiffn 6.Noise-pp-and-rms-International-Barometric-Formula.tif

%-----
%-CALCULATIONS ADDRESSED BY THE HYPSONETRIC EQUATION-
%-----
%PLOT HEIGHT GRAPH DETERMINED BY THE HYPSONETRIC EQUATION
Ta2=mean(PressureDifferent(:,2))
Ta2=Ta2+273.15;
Tb=mean(PressureDifferent(:,4))
Tb=Tb+273.15;
T=(Ta2+Tb)/2
Tcelsius=T-273.15
k=1.38*power(10,-23); %Boltzmann's Constant (J/deg)
m=(0.22*(2*2.67*power(10,-26))) + (0.78*(2*2.3*power(10,-26))); % Average atomic mass in
kilograms
    %The atmosphere consists of 22% of O2 (m= 2x2.67x10^-26 kg) and 78% of N2 (m=
2x2.3x10^-26 kg)
g=9.81; %Acceleration of gravity (meters/sec^2)

```

```
H=(k*T)/(m*g);
if (mean(Pa2) > mean(Pb))
height2=H*(log(Pa2*100000)-log(Pb*100000));
else
height2=H*(log(Pb*100000)-log(Pa2*100000));
end
average_height2 = mean(height2);
figure
plot(height2)
legend('P(zB) - P(zA)', 'FontSize', 6);
xlabel('Samples', 'FontSize', 12);
ylabel('Height (meters)', 'FontSize', 12);
rmsHeight2=std(height2);
title(sprintf('Height Av. = %.2fm (Temp. Av. = %.1foC)\nHypsometric Equation', average_height2,
Tcelsius), 'FontSize', 12, 'FontWeight', 'bold');
print -dtiffn 7.Height-Graph-Hypsometric-Equation.tif

%DETERMINE RMS & P-P NOISE USING THE HYPSONOMETRIC EQUATION
figure;
histfit(height2);
xlabel('Height (meters)', 'FontSize', 12);
ylabel('Samples', 'FontSize', 12);
rmsHeight2=std(height2);
Height_pp2=6.6*rmsHeight2;
title(sprintf('Noise(p-p)=%.1fm, Noise(rms)=%.2fm\nHypsometric Equation', Height_pp, rmsHeight),
'FontSize', 11, 'FontWeight', 'bold');
print -dtiffn 8.Noise-pp-and-rms-Hypsometric-Equation.tif

%PLOT TEMPERATURE GRAPH AT HEIGHT POSITION 0 METERS AND X METERS USING
DATA OF THE ROVER ATIMETER
T1=PressureDifferent(:,2);
T2=PressureDifferent(:,4);
fig = figure;
plot(T1,'r');
hold on; %hold the previous plot and add the following to the same graph
plot(T2);
legend('T1(h=0m)', 'T2(h=Xm)');
xlabel('Samples', 'FontSize', 12);
ylabel('Temperature (oC)', 'FontSize', 12);
title(sprintf('Av. temperature of isothermal atmosphere=%.1foC', Tcelsius), 'FontSize', 12,
'FontWeight', 'bold');
print -dtiffn 9.Temperature-gpaph-of-altimeters.tif

cd %retrieve the current directory of the saved figures
```

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Συνεδρία Δ4

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Πρόγραμμα Chain Reaction: εφαρμογή διερευνητικής μεθόδου διδασκαλίας στο μάθημα της Ερευνητικής Εργασίας

Ελένη Κορακάκη
Χημικός, ΓΕΛ Γαζίου Ηράκλειο Κρήτης
korakaki_elen@hotmail.com

Περίληψη

Σε αυτήν την εργασία παρουσιάζεται περίπτωση εφαρμογής της διερευνητικής μεθόδου μάθησης και διδασκαλίας στο μάθημα της Ερευνητικής Εργασίας στο Λύκειο. Η συγκεκριμένη εργασία αποτελεί μέρος του Ευρωπαϊκού προγράμματος Chain Reaction, που έχει ως στόχο τη διάδοση της ανακαλυπτικής μεθόδου διδασκαλίας στις Φυσικές Επιστήμες, στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση και πραγματοποιήθηκε υπό την καθοδήγηση του Χημικού Τμήματος του Πανεπιστημίου Κρήτης. Το πρότζεκτ αυτό είχε σχέδιο μαθήματος και σαφείς και καθορισμένους σκοπούς και στόχους. Η διεξαγωγή της έρευνας στηριζόταν στην μελέτη επιστημονικών άρθρων και στην απάντηση σχετικών με αυτά ερωτημάτων. Οι μαθητές μέσω απλών πειραμάτων, εργασιών, ασκήσεων, συζητήσεων και παρουσιάσεων έφτασαν στα επιθυμητά αποτελέσματα που ήταν η ανάπτυξη κριτικής σκέψης και πρακτικών δεξιοτήτων. Επίσης παρατηρήθηκε ενίσχυση της συνεργασίας μεταξύ των μαθητών αλλά και μεταξύ μαθητών και καθηγητή. Σε όλη την διάρκεια του προγράμματος γινόταν χρήση διαδικτυακών εργαλείων μάθησης, γεγονός που βοήθησε στην καλύτερη οργάνωση και ολοκλήρωση του πονήματος.

Λέξεις κλειδιά: διερευνητική μάθηση, εκπαίδευση, πειράματα, συνεργατικά εργαλεία.

Εισαγωγή

Το μοντέλο της διερευνητικής μάθησης παρουσιάζεται πρώτη φορά τη δεκαετία του '60. Από τότε και μέχρι τις μέρες μας έχει πολλούς οπαδούς αλλά και πολλούς επικριτές. Τα τελευταία χρόνια παρατηρούμε εκτενή εφαρμογή της μεθόδου αυτής μάθησης και διδασκαλίας στις κατώτερες βαθμίδες εκπαίδευσης στο Ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα (όπως στο μάθημα των Φυσικών στην Ε' και ΣΤ' Δημοτικού και στο μάθημα της Φυσικής της Α' Γυμνασίου). Παρόλο που είναι γενικά αποδεκτή μέθοδος είναι χρονοβόρα γεγονός που καθιστά την εφαρμογή της αποτρεπτική για το Λύκειο (Ραγιαδάκος, 2011).

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση εφαρμογής της μεθόδου της ανακαλυπτικής διερεύνησης στο Λύκειο. Το μάθημα της Ερευνητικής Εργασίας της Α' Λυκείου παρείχε τον απαιτούμενο χρόνο για την εκπόνηση έρευνας στον τομέα των Φυσικών Επιστημών. Όλη η έρευνα ολοκληρώθηκε μέσα σε τέσσερις μήνες με εφαρμογή του μοντέλου της καθοδηγούμενης ανακάλυψης. Το θέμα της έρευνας ήταν η εκπόνηση μελέτης για την κατασκευή χώρου υγειονομικής ταφής απορριμμάτων στη θέση ενός παλιού λατομείου. Οι μαθητές μελέτησαν διεξοδικά τρία επιστημονικά άρθρα και απάντησαν ερωτήματα που σχετίζονταν με αυτά. Επιπλέον εκπόνησαν πειράματα με απλά υλικά και εκτέλεσαν δραστηριότητες προσομοίωσης. Για την σωστή οργάνωση και εφαρμογή της διερευνητικής μεθόδου χρησιμοποιήθηκαν συνεργατικά εργαλεία μάθησης.

Διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας

Κατά το σχολικό έτος 2013-14 στα πλαίσια του μαθήματος της ερευνητικής εργασίας 16 μαθητές της Α' Λυκείου εργάστηκαν στο θέμα «Αόρατα άρα και Ασφαλή;» που είχε ως αντικείμενο τους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) και άπτονταν του γνωστικού αντικειμένου της Χημείας (Κατσαμποξάκη κ.ά., 2013)

Το συγκεκριμένο πρότζεκτ αποτελούσε μέρος του Ευρωπαϊκού προγράμματος Chain Reaction οπότε ήταν πολύ καλά οργανωμένο, καθώς υπήρχε έτοιμο σχέδιο μαθήματος, είχε σαφείς και καθορισμένους σκοπούς και στόχους. Υπήρχαν τρία επιστημονικά άρθρα με τις αντίστοιχες ερωτήσεις -προς μελέτη από τους μαθητές- καθώς και προτεινόμενα πειράματα βασισμένα στη χρήση απλών υλικών. Τέλος, δίνονταν βιβλιογραφικές αναφορές.

Το μοντέλο διερευνητικής μάθησης που εφαρμόστηκε ήταν η συνδυαστική καθοδήγηση. Συγκεκριμένα οι μαθητές ανέπτυσαν πρωτοβουλίες και ο εκπαιδευτικός τους βοηθούσε προτείνοντάς τους κατευθυντήριες γραμμές, τις οποίες μπορούσαν να ακολουθήσουν ή όχι. Σε κάποιες περιπτώσεις οι μαθητές αναλάμβαναν ηγετικό ρόλο «οδηγούσαν» τη διαδικασία της μάθησης και αποφάσιζαν μόνοι τους τις δραστηριότητες και τις διαδικασίες που ακολουθούσαν στην έρευνά τους, έχοντας πάντα τη στήριξη του εκπαιδευτικού.

Πορεία εργασιών

Πρώτη μέριμνα ήταν να καλυφτεί το απαιτούμενο γνωστικό υπόβαθρο που ήταν απαραίτητο για την πορεία της έρευνας. Αυτό περιλάμβανε τις αντιδράσεις οξέων-βάσεων, την εξουδετέρωση, κάποια γενικά παραδείγματα αποβλήτων από οικιακές και βιομηχανικές πηγές καθώς και τις πηγές ρύπανσης νερού. Επιπλέον, οι μαθητές έπρεπε να προσεγγίσουν θέματα γεωλογίας όπως τους τύπους πετρωμάτων, τις ιδιότητες και τις χρήσεις τους. Οι μαθητές ανέλαβαν έρευνα και κάλυψαν τα παραπάνω γνωστικά πεδία, δουλεύοντας ομαδοσυνεργατικά σε ομάδες των τεσσάρων (Ματσαγγούρας, 2011).

Ακολουθώς οι μικροί επιστήμονες μελέτησαν τις τρεις δημοσιεύσεις και απάντησαν μέσω εργασιών τις αντίστοιχες ερωτήσεις. Αυτό το κομμάτι κάλυψε το θεωρητικό μέρος της έρευνας και έδωσε το έναυσμα για την διεξαγωγή αντίστοιχων πειραμάτων.

Το πρώτο άρθρο παρουσίαζε θέματα που σχετίζονταν με την διαχείριση των αποβλήτων που παράγονται στις μέρες μας. Οι μαθητές ασχολήθηκαν με την ανακύκλωση, την κομποστοποίηση και τα διαπερατά πετρώματα.

Συζητώντας για τους τρόπους μείωσης των στερεών αποβλήτων που παράγονται στις μέρες μας οι μαθητές οδηγήθηκαν στην χρησιμότητα ύπαρξης κομποστοποιητή. Μετά από αναζήτηση πηγών στο διαδίκτυο βρήκαν οδηγίες για την κατασκευή αναερόβιου οικιακού κομποστοποιητή με απλά υλικά (η επιλογή του αναερόβιου κομποστοποιητή έγινε για πρακτικούς λόγους καθώς δεν υπήρχε χώρος στην αυλή του σχολείου όπου θα μπορούσε να τοποθετηθεί αερόβιος). Στην δημιουργία του κομποστοποιητή συνέβαλλαν όλοι οι μαθητές. Χρησιμοποιήθηκαν δύο δοχεία ένα εσωτερικό και ένα εξωτερικό (Εικόνα 1, δεξιά). Στον πυθμένα του εσωτερικού δημιουργήθηκαν μικρές οπές. Για την δημιουργία του εδαφοβελτιωτικού (κομπόστ) τοποθέτησαν στο εσωτερικό του δοχείου αυτού στρώσεις πράσινων και καφέ υλικών με αναλογίες 1:3, τα πράσινα υλικά ήταν λαχανικά, φρούτα, καφές και μικρά κλαδιά ενώ τα καφέ ήταν ξερά φύλλα, χαρτί, φακελάκια τσαγιού και ροκανίδια. Στη συνέχεια πίεσαν καλά τα υλικά αυτά και έκλεισαν το εσωτερικό δοχείο όπως φαίνεται στην Εικόνα 1 (αριστερά). Το εξωτερικό δοχείο χρησιμοποιήθηκε για την συλλογή των στραγγισμάτων.



Εικόνα 1. Δημιουργία αναερόβιου κομποστοποιητή

Κατά την διάρκεια της λήψης δειγμάτων από τον κομποστοποιητή έγινε συζήτηση για τις οσμές για τις οποίες υπήρχε αναφορά στο πρώτο επιστημονικό άρθρο. Αφορμή για τη συζήτηση αυτή στάθηκε η δυσφορία λόγω δυσοσμίας που ένοιωθαν οι μαθητές όταν άνοιγαν τον κομποστοποιητή τον πρώτο μήνα των πειραμάτων. Με αυτό τον τρόπο κατανόησαν πόσο δύσκολη είναι η ζωή για τους κατοίκους μιας περιοχής που βρίσκεται κοντά σε ΧΥΤΑ.

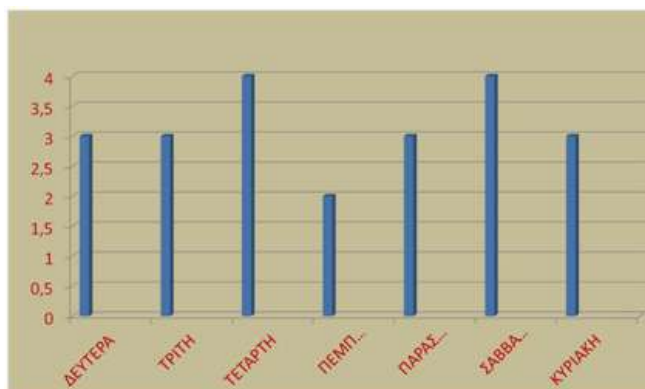
Κατά τη δειγματοληψία τους επόμενους μήνες οι μαθητές παρατήρησαν σταδιακή μείωση της δυσάρεστης οσμής. Τον τελευταίο -τέταρτο μήνα που είχε ολοκληρωθεί η διαδικασία του σχηματισμού κομπόστ η μυρωδιά κατά τα λεγόμενα των μαθητών θύμιζε «φύση». Έτσι κατανόησαν την μετατροπή άχρηστων σκουπιδιών σε χρήσιμα υλικά.

Σε κάθε ομάδα προτάθηκε από τον εκπαιδευτικό να δημιουργήσει τέχνημα με το οποίο θα ενημέρωνε την υπόλοιπη μαθητική κοινότητα για τα οφέλη της ανακύκλωσης και της κομποστοποίησης. Μια ομάδα επέλεξε την δημιουργία βίντεο με θέμα την ανακύκλωση, άλλη δημιούργησε αερόβιο οικιακό κομποστοποιητή στην οικία μαθητή της ομάδας και παρουσίασε την δράση μέσω φωτογραφιών στην τάξη. Από τις άλλες δύο ομάδες η πρώτη έφερε ψηφιακό υλικό που αναπαριστούσε το πώς λειτουργεί ένας ΧΥΤΑ, ενώ η τελευταία δημιούργησε αφίσα (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Αφίσα για τα οφέλη της ανακύκλωσης που δημιούργησε ομάδα μαθητών για ενημέρωση της μαθητικής κοινότητας

Επίσης κατά τη συζήτηση του πρώτου άρθρου έγινε προφανές ότι αρκετοί μαθητές δεν γνώριζαν ποια υλικά ανακυκλώνονται. Για να υπάρξει ευαισθητοποίηση σε αυτό το θέμα προτάθηκε από τον εκπαιδευτικό όλες οι ομάδες να κάνουν ανακύκλωση για μια βδομάδα τεσσάρων υλικών, όσοι και οι μαθητές της ομάδας. Κάθε μαθητής κατέγραφε τις ποσότητες του υλικού που οδηγούνταν στην ανακύκλωση ανά μέρα και συνολικά ανά βδομάδα όπως φαίνεται στην Εικόνα 3. Με αυτόν τον τρόπο οι μαθητές ενημερώθηκαν για τα ανακυκλώσιμα υλικά και ταυτόχρονα παρατήρησαν, την μείωση των σκουπιδιών που οδηγήθηκαν στο συμβατικό κάδο.



Εικόνα 3. Στατιστική έρευνα μαθητή που αναπαριστά την οικιακή ανακύκλωση πλαστικών μπουκαλιών

Το δεύτερο άρθρο ήταν μια αναφορά από μια επιτόπια έρευνα σε ΧΥΤΑ. Οι μαθητές μελετώντας και απαντώντας στις ερωτήσεις του άρθρου συνέλλεξαν πληροφορίες για τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι κάτοικοι των περιοχών που είναι κοντά στους χώρους υγειονομικής ταφής καθώς και για τα μονωτικά στρώματα που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή τους.

Ομάδα μαθητών, με την παρότρυνση του εκπαιδευτικού, δημιούργησε μοντέλο χώρου υγειονομικής ταφής απορριμμάτων που προσομοίαζε τον χώρο του λατομείου που αναφερόταν στο άρθρο. Χρησιμοποιήθηκαν πανομοιότυπα δοχεία στα οποία δημιουργήθηκε οπή για την συλλογή των στραγγισμάτων και τοποθετήθηκαν επικλινώς. Σε όλα τα δοχεία τοποθέτησαν διαδοχικά 505 g κοκκινόχρωμα, 255 g άμμος και 500 g χαλίκια όπως φαίνεται αριστερά στην Εικόνα 4. Στη μέση

περίπου αυτών των υλικών θεώρησαν ότι βρίσκεται ο χώρος του λατομείου, οπότε εκεί τοποθέτησαν τα υλικά των μονωτικών στρώσεων τα οποία ήταν κιμωλία και διηθητικό χαρτί (που πρότεινε ο εκπαιδευτικός) καθώς και χαρτί εκτυπωτή και συνδυασμοί αυτών των υλικών -που επέλεξαν οι μαθητές (Εικόνα 4, δεξιά). Στο σημείο που βρίσκονταν το υλικό στρώσης έριξαν προσεκτικά το στράγγισμα που ήταν νερό με χρωστική. Από την οπή συγκέντρωσαν το στράγγισμα που είχε περάσει και διαπίστωσαν πιο μονωτικό υλικό καθυστέρησε την διαφυγή στραγγισμάτων καθώς και την ποσότητα του στραγγίσματος που πέρασε.



Εικόνα 4. Μοντέλο ΧΥΤΑ για εύρεση μονωτικής συμπεριφοράς υλικών

Οι μαθητές για να μπορέσουν να απαντήσουν σε ερώτηση του άρθρου 2 που είχε σχέση με τον κίνδυνο ρύπανσης περιοχής από τα στραγγίσματα ΧΥΤΑ, πραγματοποίησαν τρία διαφορετικά πειράματα.

Μετά από συζήτηση και σύμφωνα με τις οδηγίες του καθηγητή ομάδα μαθητών έκανε τακτικά δειγματοληψία από τα στραγγίσματα που συγκεντρώνονταν στο εξωτερικό δοχείο του κομποστοποιητή. Στο δείγμα αυτό πραγματοποιούνταν μέτρηση pH για έλεγχο της οξύτητας του όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.



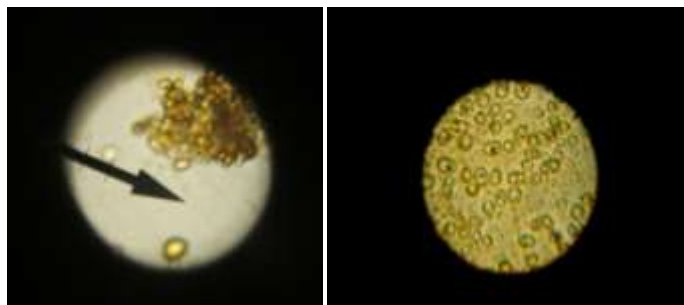
Εικόνα 5. Μέτρηση pH στραγγισμάτων αναερόβιου κομποστοποιητή

Κάποιες ομάδες μελέτησαν την επίδραση των στραγγισμάτων στην ανάπτυξη φυτών. Το πείραμα αυτό εκτελέστηκε τυχαία όταν στα υλικά που είχαν μεταφέρει οι μαθητές για την κατασκευή του μοντέλου του λατομείου αναπτύχθηκαν παράσιτα (φυτά) και έπεσε στο έδαφός τους νερό με χρωστική. Με βάση το τυχαίο αυτό γεγονός, έγινε συζήτηση για το τι μπορεί να συμβεί σε καλλιέργειες σε περίπτωση που στραγγίσματα διαφύγουν στον υδροφόρο ορίζοντα. Οι μαθητές αποφάσισαν να επαναλάβουν το ίδιο πείραμα. Λόγω της μικρής πιθανότητας να αναπτυχθούν ξανά παράσιτα με τυχαίο τρόπο ο εκπαιδευτικός πρότεινε πειραματισμό με φυτά ταχείας ανάπτυξης όπως φακές ή μαρούλια. Σε όμοια δοχεία τοποθετήθηκαν ίσοι αριθμοί από σπόρους φυτών (φακές). Σε κάποια από αυτά προστέθηκε νερό βρύσης και αποτέλεσαν το τυφλό δείγμα ενώ σε κάποια άλλα προστέθηκαν διαφορετικές ποσότητες στραγγισμάτων (από τον κομποστοποιητή). Μέσα σε μια βδομάδα οι μαθητές παρατήρησαν την επίδραση των στραγγισμάτων στην ανάπτυξη των φυτών. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 6 στα δοχεία με στράγγισμα (αριστερά) δεν υπήρξε ανάπτυξη φυτών ενώ στα δοχείο με νερό βρύσης (δεξιά) υπήρξε έντονη ανάπτυξη, στο ίδιο χρονικό διάστημα.



Εικόνα 6. Μελέτη της επίδρασης στραγγισμάτων του κομποστοποιητή στην ανάπτυξη φυτών. Το δοχείο αριστερά είναι με και δεξιά στο χωρίς στράγγισμα

Ταυτόχρονα άλλη ομάδα μαθητών που παρουσίαζε μεγάλο ενδιαφέρον για την μελέτη βιολογικών δειγμάτων, μετά από παρότρυνση του εκπαιδευτικού, ανέλαβε την δειγματοληψία από το εσωτερικό του κομποστοποιητή και την παρατήρησή τους στο μικροσκόπιο όπως φαίνεται στην Εικόνα 7. Το αποτέλεσμα των έρευνάς τους ήταν η διαπίστωση της ταχύτατης ανάπτυξης των μικροοργανισμών αμέσως μετά την απόθεση των απορριμμάτων στο εσωτερικό του κομποστοποιητή.



Εικόνα 7. Παρατήρηση στο μικροσκόπιο ανάπτυξης μικροοργανισμών στο εσωτερικό του κομποστοποιητή

Το τρίτο άρθρο παρείχε πληροφορίες για μεθόδους διερεύνησης υλικών που χρησιμοποιούνται ως μονωτικές στρώσεις. Οι μαθητές αφού μελέτησαν το άρθρο και έδωσαν απαντήσεις στις ερωτήσεις ασχολήθηκαν με το πειραματικό μέρος.

Από τον εκπαιδευτικό ζητήθηκε να κατασκευάσουν σειρά από στήλες όπως περιέγραφε το άρθρο. Οι μαθητές μετέφεραν στο χώρο του εργαστηρίου όποια υλικά θεώρησαν ότι θα ήταν κατάλληλα ως μονωτική στρώση. Τα υλικά που μετέφεραν ήταν κοκκινόχωμα, χαλίκι, άμμος θαλάσσης, άμμος από νταμάρι, μαρμαρόσκονη, χρώμα άσπρο, χρώμα αργίλου, χρώμα από ελαιώνα.

Συνεργατικά όλες οι ομάδες έφτασαν στην κατασκευή πανομοιότυπων στηλών. Ως στήλες χρησιμοποιήθηκαν πλαστικά μπουκάλια. Τα μπουκάλια κόπηκαν και το τμήμα με το στόμιο αποτέλεσε τη στήλη. Το καπάκι τρυπήθηκε και περάστηκε καλαμάκι για την συλλογή των στραγγισμάτων και δοσομετρητή. Κάποιοι μαθητές επέλεξαν να κρατήσουν ως δοχείο για την συλλογή των στραγγισμάτων το πίσω μέρος του μπουκαλιού όπως φαίνεται στην Εικόνα 8, δεξιά.



Εικόνα 8. Κατασκευή στηλών για μελέτη μονωτικών στρώσεων

Με υπόδειξη του εκπαιδευτικού οι ουσίες που χρησιμοποιήθηκαν για προσομοίωση των τοξικών χημικών που αποστραγγίζονται από ΧΥΤΑ ήταν νερό με χρωστική, στραγγίσματα από φρούτα και μαγειρικό λάδι όπως φαίνεται στην Εικόνα 9. Επίσης μέτρησαν το pH των παραπάνω στραγγισμάτων πριν αυτά περάσουν από τις στήλες.



Εικόνα 9. Προσομοιώσεις τοξικών χημικών

Στη συνέχεια κάθε ομάδα δούλεψε με τον δικό της ανεξάρτητο τρόπο ακολουθώντας μερικώς τον σχεδιασμό των πειραμάτων που περιέγραφε στο άρθρο. Οι ομάδες επέλεξαν τα υλικά που θα χρησιμοποιούσαν για την δημιουργία μονωτικών στρώσεων. Κατασκεύασαν στήλες με συνδυασμούς αυτών των υλικών καθώς και με διαφορετική σειρά τοποθέτησης των στρώσεων όπως φαίνεται στην Εικόνα 10. Δεξιά είχαν τοποθετηθεί ως μονωτική στρώση 300 g χαλίκια ενώ δεξιά 300 g κοκκινόχωμα και το τοξικό χημικό ήταν νερό με χρωστική.



Εικόνα 10. Διαφορετικές στρώσεις υλικών για μελέτη της διαπερατότητάς τους

Ακολούθως διοχέτευσαν τα στραγγίσματα μέσα στις στήλες και μέτρησαν τον χρόνο έκλουσης, το pH και την διαύγεια των στραγγισμάτων καθώς και την ποσότητα της ουσίας που τελικά πέρασε από τις μονωτικές στρώσεις.

Κατά την πραγματοποίηση αυτών των πειραμάτων κάποιες ομάδες παρατήρησαν ότι παρόλο που πρόσθεταν μεγάλες ποσότητες τοξικού χημικού στην στήλη το μονωτικό υλικό απορροφούσε όλο το στράγγισμα με αποτέλεσμα να μην έχουν στράγγισμα στο δοχείο συλλογής. Αυτό αποτέλεσε αντικείμενο έρευνας ως προς την απορροφητικότητα των υλικών στρώσης. Στην Εικόνα 11 παρουσιάζεται πείραμα στο οποίο είχαν χρησιμοποιηθεί 300 g μονωτικών υλικών και ως χημικό τοξικό 200 ml οικιακού ελαιολάδου για συγκριτική μελέτη της απορροφητικότητας των υλικών στρώσης και του χρόνου έκλουσης.



| Αριθμός μπουκαλιού | Περιεχόμενο | Χρόνος εκροής | Ποσότητα εκροής |
|--------------------|----------------------------|---------------|-----------------|
| No 1 | Χαλίκι | 7 sec | 200ml |
| No 2 | Κοκκινόχωμα | 2.19 min | 100ml |
| No 3 | Άμμος | 1.37 min | 50ml |
| No 4 | Χαλίκι, άμμος, κοκκινόχωμα | 16.7 min | 50ml |
| No 5 | Χαλίκι, κοκκινόχωμα | 60 sec | 150ml |

Εικόνα 11. Μοντέλα κλίμακας για μελέτη της απορροφητικής ικανότητας ουσιών

Ομάδα μαθητών επέλεξε να ελέγξει την συμπεριφορά των υλικών στρώσης ανά είδος τοξικού χημικού. Πρώτα διαπίστωσαν πειραματικά ποιοι συνδυασμού στρώσεων δίνουν μικρότερους χρόνους έκλυσης και ταυτόχρονα παρουσιάζουν μικρότερη διαπερατότητα. Ακολούθως μελέτησαν την συμπεριφορά αυτών των στρώσεων σε περίπτωση που το τοξικό είναι λάδι καθώς και στην περίπτωση που το τοξικό είναι οξέα φρούτων. Στην Εικόνα12 παρουσιάζεται η μελέτη της διαρροής οξέων φρούτων σε στρώσεις με πέτρες και άμμο καθώς και η μέτρηση του pH των στραγγισμάτων πριν και μετά αυτά περάσουν τις μονωτικές στρώσεις.



Εικόνα 12. Μελέτη συμπεριφοράς υλικών στρώσης για στράγγισμα οξέων φρούτων

Κατά την συζήτηση του άρθρου αυτού οι μαθητές μελέτησαν επίσης τα υλικά των μονωτικών στρώσεων και τα αδιαπέραστα υλικά. Ομάδα μαθητών είχε την απορία πως γίνεται η διάκριση του εδάφους ως αργιλώδες. Από τον καθηγητή δόθηκαν οι οδηγίες του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων για τον προσδιορισμό και την μηχανική ανάλυση του εδάφους. Η συγκεκριμένη ομάδα μαθητών εκτέλεσε πείραμα μηχανικής ανάλυσης του εδάφους σύμφωνα με τις δοθείσες οδηγίες. Αρχικά έβρεξαν λίγο τα υλικά που διέθεταν, στη συνέχεια τα έπλασαν και στο τέλος ανάλογα με την συμπεριφορά του δείγματος στην παλάμη (κολλάει, σχηματίζει μικρούς ή μεγάλους κυλίνδρους, σπάει, λερώνει) τα κατέταξαν σε αμμώδες, πηλώδες, ιλώδες και αργιλώδες έδαφος όπως φαίνεται στην Εικόνα 13. Το ίδιο πείραμα επανέλαβαν και οι άλλες ομάδες ώστε να ταυτοποιήσουν την σύσταση των υλικών με τα οποία εργάζονταν.



Εικόνα 13. Εμπειρικός προσδιορισμός μηχανικής ανάλυσης εδάφους.

Επιπλέον στα πλαίσια του μαθήματος πραγματοποιήθηκαν δύο επισκέψεις την πρώτη στη μονάδα συγκέντρωσης απορριμμάτων του δήμου τους και μια στο χώρο του νομού Ηρακλείου.

Χρήση συνεργατικών εργαλείων και αξιολόγηση των μαθητών

Οι μαθητές καθ' όλη την διάρκεια του προγράμματος χρησιμοποιούσαν συνεργατικά εργαλεία μάθησης και συγκεκριμένα γίνονταν διδακτική αξιοποίηση του ψηφιακού περιβάλλοντος wikispaces καθώς και ιστοσελίδας .

Την ιστοσελίδα την διαχειριζόταν ο εκπαιδευτικός. Εκεί γίνονταν μετά τις διορθώσεις η ανάρτηση των εργασιών των μαθητών καθώς και των πειραματικών αποτελεσμάτων ώστε να είναι δυνατή η μελέτη από όλους τους συμμετέχοντες στο πρόγραμμα.

Επιπλέον, ο εκπαιδευτικός δημιούργησε στην αρχή του προγράμματος συνεργατική σελίδα wiki με κάποιες βιβλιογραφικές αναφορές. Στη συνέχεια η χρήση αυτής της σελίδας ήταν αποκλειστική ευθύνη των μαθητών. Κάθε ομάδα διέθετε κωδικό και ήταν υπεύθυνη για την έγκαιρη ανάρτηση των

εργασιών της, πριν ακόμα παρουσιαστούν στην τάξη ώστε να υπάρχει επαρκής χρόνος για διόρθωση από τον εκπαιδευτικό και μελέτη από όλους τους μαθητές.

Επίσης, στη συνεργατική σελίδα αναπτύσσονταν συζήτηση και ανάδραση. Οι μικροί επιστήμονες απαντούσαν στις ερωτήσεις και τα σχόλια των συμμαθητών τους και του καθηγητή. Οι μαθητές αξιολογούσαν την κατανόησή και τις ικανότητές των συμμαθητών τους μέσω ερωτήσεων που είχαν προετοιμάσει.

Σε κάθε μάθημα πριν την πειραματική διαδικασία γίνονταν παρουσίαση εργασιών, συζήτηση, αξιολόγηση των προηγούμενων πειραματικών μετρήσεων και επαναπροσδιορισμός στόχων.

Η τελική αξιολόγηση του εκπαιδευτικού καθορίζονταν από την συμμετοχή στις συζητήσεις, εργασίες, πειράματα και παρουσιάσεις.

Το τελικό αποτέλεσμα ήταν σε γενικές γραμμές ικανοποιητικό καθώς παρατηρήθηκε ανάπτυξη της κριτικής σκέψης, των πρακτικών δεξιοτήτων καθώς και ενίσχυση της συνεργασίας μεταξύ μαθητών αλλά και μεταξύ μαθητών και καθηγητή. Επιπλέον κατά την αξιολόγησή τους στην διάρκεια του προγράμματος καθώς και στην τελική παρουσίαση της κάθε ομάδας έγινε φανερό κατανόησαν αρκετές από τις έννοιες με τις οποίες ασχολήθηκαν. Πιο συγκεκριμένα κατανόησαν τον τρόπο κατασκευής του κομποστοποιητή και την λειτουργία του, τα πειράματα που σχετίζονταν με την ανάπτυξη μικροοργανισμών στο εσωτερικό κομποστοποιητή, τις δραστηριότητες προσομοίωσης του μοντέλου ΧΥΤΑ, τα πειράματα μέτρησης pH και την επίδραση στραγγισμάτων σε φυτά. Παρατηρήθηκε δυσκολία στην κατανόηση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων μοντέλων κλίμακας για την εύρεση της καταλληλότερης μονωτικής στρώσης. Υπήρξε μεγάλη σύγχυση στις έννοιες της απορροφητικότητας και της διαπερατότητας των υλικών. Επίσης υπήρξε αστοχία στον εμπειρικό προσδιορισμό της μηχανικής ανάλυσης του εδάφους γεγονός που ίσως είχε σχέση με την έλλειψη εμπειρίας.

Συμπεράσματα

Στην παρούσα συνεδρία παρουσιάζεται εργασία μαθητών Α΄ Λυκείου με θέμα τις Φυσικές Επιστήμες. Η εργασία αυτή βασιζόταν στην ανακαλυπτική μέθοδο μάθησης και αποτελούσε μέρος του Ευρωπαϊκού προγράμματος Chain Reaction. Το συγκεκριμένο πρότζεκτ παρείχε εκπαιδευτικό υλικό, είχε σχέδιο μαθήματος, είχε σαφείς και καθορισμένους σκοπούς και στόχους. Υπήρχαν επιστημονικά άρθρα με έτοιμες ερωτήσεις προς μελέτη από τους μαθητές. Επίσης προτεινόταν πειράματα και δίνονταν βιβλιογραφικές αναφορές. Οι μαθητές μέσω απλών πειραμάτων, εργασιών, ασκήσεων, συζητήσεων και παρουσιάσεων ανέπτυξαν κριτική σκέψη και πρακτικές δεξιότητες επίσης ενισχύθηκε η συνεργασία μεταξύ των μαθητών αλλά και μεταξύ μαθητών και καθηγητή. Σε όλη την διάρκεια του προγράμματος γινόταν χρήση διαδικτυακών, συνεργατικών εργαλείων μάθησης για την καλύτερη οργάνωση και ολοκλήρωση της έρευνας.

Αναφορές

- Κατσαμποξάκη, Κ., Σιακαβάρια, Κ, Μοσχοχωρίτου, Ρ. και Φουσκάκη, Μ. (2013). *Αόρατα άρα Ασφαλή. Υλικό Μικρών Ερευνών, Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Αλυσιδωτή Αντίδραση (Chain reaction) 2013-2016.* <http://www.chreact.gr/sites/default/files/%CE%91%CE%9F%CE%A1%CE%91%CE%A4%CE%91%20%CE%91%CE%A1%CE%91%20%CE%9A%CE%91%CE%99%20%CE%91%CE%A3%CE%A6%CE%91%CE%9B%CE%97.pdf>. Ημερομηνία προσπέλασης: 10/02/2016
- Ματσαγγούρας, Η. (2011). *Η Καινοτομία των ερευνητικών Εργασιών στο Λύκειο*. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, 72-83.
- Ραγιαδάκος, Χ. (2011). *Έκθεση Pathway*. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.

Συνεδρία Δ5

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Προτάσεις για ένα νέο εργαστηριακό οδηγό Χημείας Λυκείου

Δημοσθένης Μαρκογιαννάκης
Χημικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων
dgmarko55@gmail.com

Νίκος Αναστασάκης
Φυσικός, συνεργάτης Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων
nikos.anastasakis@sch.gr

Περίληψη

Έχουν περάσει 16 χρόνια από την συγγραφή των εργαστηριακών οδηγιών χημείας που διδάσκονται στα Λύκεια μας. Σήμερα απαιτείται η συγγραφή νέων σύγχρονων πονημάτων που θα λαμβάνουν υπ' όψη τους τα νέα γνωστικά και παιδαγωγικά δρώμενα της εκπαίδευσης στη χώρα μας. Η εργασία αυτή φιλοδοξεί να αποτελέσει την αρχή (βάση) συζήτησης για μια νέα τέτοια προσπάθεια που δεν μπορεί παρά να είναι συλλογική, «ανοικτή» και να βασίζεται στην εργαστηριακή παιδεία που έχει αποκτηθεί στους ζωτικούς εκπαιδευτικούς χώρους, στα σχολεία μας, στα εργαστήρια τους και στα Ε.Κ.Φ.Ε.. Στη πράξη δίνεται έμφαση στην χρήση της εργαστηριακής άσκησης ολόκληρης ή τμήματός της, ως πείραμα επίδειξης ή ως πείραμα μετωπικού εργαστηρίου, που στηρίζεται σε δομημένο φύλλο εργασίας, με στοιχεία διερεύνησης. Το φύλλο αξιολόγησης θεωρείται απαραίτητο στο τέλος κάθε πειραματικής δραστηριότητας και ξεφεύγει από τα στενά περιθώρια αυτής. Όλα τα παραπάνω παρουσιάζονται με ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα – πρόταση που αφορά την διδασκαλία της «Διάκρισης φαινομένων» στη χημεία της Α' Λυκείου.

Λέξεις κλειδιά: Χημεία πειραματική, εργαστηριακός οδηγός, διάκριση φαινομένων

Εισαγωγή

Σκοπός της εργασίας μας είναι ο προσδιορισμός του πλαισίου για την συγγραφή και την απόκτηση ενός εγχειριδίου Χημείας που να ανταποκρίνεται στις σύγχρονες απαιτήσεις και θα βοηθά την εργαστηριακή δουλειά στο Λύκειο.

Στόχοι της α) να καλύπτει το γνωστικό αντικείμενο της διδασκαλίας μας, β) να περιέχει πειραματικές δραστηριότητες ασφαλείς και απλές με υλικά καθημερινής χρήσης, γ) η ροή εκτέλεσης των δραστηριοτήτων να αναπτύσσει δεξιότητες και να διεγείρει το ενδιαφέρον των μαθητών, δ) τα αποτελέσματα των διαδικασιών να είναι εντυπωσιακά και να δημιουργούν θετική στάση για την Χημεία, στ) να συνδέει τις δραστηριότητες με την καθημερινή ζωή και να αναπτύσσει κριτική στάση και περιβαλλοντικές ευαισθησίες, ζ) να ενισχύει το πνεύμα και την διάθεση συνεργασίας μεταξύ των εμπλεκόμενων μαθητών καθηγητών (Τζιανουδάκης 2009; Μαυρόπουλος, 1997).

Αλλά ας σκιαγραφήσουμε τις συνθήκες που βιώνουμε καθημερινά και αφορούν την πειραματική διδασκαλία της χημείας στα Λύκεια μας.

Πρόσφατα με αναδιάταξη της ύλης έχουμε μεταφορά στη Γ' Λυκείου ενός μεγάλου τμήματος από την Χημεία Β' Κατεύθυνσης, η οποία πλέον καταργείται. Δεν έχει γίνει καμία αλλαγή με προσθήκη νέας χημείας που από το 2000 παραμένει ίδια. Οι υπάρχοντες εργαστηριακοί οδηγοί είναι ξεπερασμένοι έχουν αρκετά προβλήματα (Τζιανουδάκης, 2009) και θα πρέπει να αντικατασταθούν. Ο αριθμός των μαθητών ανά τάξη είναι, στα περισσότερα τμήματα, από 25 έως 28, ενώ οι ώρες που διδάσκουν οι συνάδελφοι από 18 έως 23. Οι συνάδελφοι χημικοί δεν συμπληρώνουν το ωράριο τους σε ένα σχολείο, με αποτέλεσμα να απαιτούνται και μετακινήσεις τους, πολλές φορές αρκετών χιλιομέτρων.

Η κατάσταση των εργαστηριακών χώρων είναι απαράδεκτοι αφού πολλά από αυτά χρησιμοποιούνται ως αίθουσες διδασκαλίας και προβολών. Τα όργανα έχουν υποστεί φθορές τα αντιδραστήρια έχουν αναλωθεί και δεν έχουν αναπληρωθεί, καθώς τα οικονομικά των σχολικών μονάδων δεν έχουν την πολυτέλεια των αγορών, όλα αυτά καταγράφηκαν σε σχετική έρευνα του Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων, μεταξύ των ΥΣΕΦΕ των Λυκείων του νομού μας, το περασμένο Δεκέμβριο.

Ευθύνες φυσικά έχουν και οι συνάδελφοι, αφού μετά από μακροχρόνια εργασία στην παράλληλη εκπ/ση πριν διοριστούν, έχουν συνηθίσει σε διαφορετικό στυλ δουλειάς και έχουν ξεκοπεί από τα

εργαστήρια. Συνεπώς δεν αντιλαμβάνονται τι σημαίνει πειραματική διδασκαλία και δεν είναι καθόλου πρόθυμοι να κάνουν πειράματα. Έτσι έχουμε εργαστηριακό εξοπλισμό που δεν έχει ποτέ χρησιμοποιηθεί και βρίσκεται στις κούτες του ακόμα.

Μέσα σε όλα τα παραπάνω η εκπαιδευτική μας ελίτ (απούσα από την πριν περιγραφείσα καθημερινότητα) κάνει σχέδια επί χάρτου, καλές διδακτικές πρακτικές, ασχολείται με θεωρίες μάθησης, εποικοδομητισμούς κοινωνικούς η μη, αλλά δεν μας λέει που και πως θα εφαρμοστούν.

Το δείγμα των ερευνών τους που αφορά ομαδοσυνεργατική διδασκαλία είναι τετραμελείς ομάδες εργασίας (άρα 6 ή 7 ομάδες ανά τμήμα) σε μετωπικό εργαστήριο. Το ερώτημα που τίθεται είναι σε ποιο κανονικό σχολείο λειτούργησε αυτό; και για πόσες φορές; Δεν αρνούμαστε την χρησιμότητα των μεθόδων μάθησης όμως κάποια όρια στην υπερβολή της θεωρίας θα πρέπει να μπου, να γίνουμε ρεαλιστές και να ασχοληθούμε «λίγο» με τα καθημερινά, αν θέλουμε να βοηθήσουμε πραγματικά.

Έτσι μένουν οι καλοπροαίρετοι συνάδελφοι, εγκαταλειμμένοι σε ένα εχθρικό περιβάλλον, για την πειραματική διδασκαλία στα Λύκεία μας. Φωτεινή εξαίρεση μέσα σε όλα αυτά αρκετά Ε.Κ.Φ.Ε. που προσπαθούν να εκπληρώσουν την αποστολή τους. Φτάνει όμως αυτό; Προφανώς και όχι, αλλά στηρίζουν ένα πυρήνα "ρομαντικών" συναδέλφων που επιμένουν και τον οποίο προσπαθούν να τον διευρύνουν ποιοτικά αλλά και ποσοτικά. Άποψή μας είναι δυστυχώς ότι στο ερώτημα:

Ουτοπία ή πραγματικότητα; « Η εργαστηριακή άσκηση των μαθητών σήμερα» που είχαμε θέσει στην ομότιτλη εργασία μας στο Φυσικό Κόσμο το Φλεβάρη του 1992 δεν έχουμε απάντηση.

Στα Ε.Κ.Φ.Ε. σήμερα έχουν συγγραφεί πάρα πολλές αξιόλογες εργασίες, που αφορούν τις πειραματικές δραστηριότητες (Ιστοσελίδα Ε.Κ.Φ.Ε. Ρεθύμνου, 2015) .Αυτές με μια ενιαία φόρμα γραφής και με ένα απαραίτητο συντονισμό θα μπορούσαν να είναι οι μελλοντικοί εργαστηριακοί μας οδηγοί ιδιοκτησία της ΠΑΝΕ.Κ.Φ.Ε. που θα παραχωρηθούν στο Υπουργείο κατόπιν συμφωνίας με αυτό. Ξεκινώντας την προσπάθεια αυτή σας παρουσιάζουμε σήμερα ένα προτεινόμενο παράδειγμα εργαστηριακής άσκησης που αφορά την «Διάκριση φαινομένων» (Μαρκογιαννάκης & Παπαθανασίου, 2015).

Η επιλογή του συγκεκριμένου παραδείγματος έγινε γιατί θεωρούμε απαραίτητη την διδασκαλία του διαχωρισμού των φυσικών από τα χημικά φαινόμενα, δεν υπάρχει στις προτεινόμενες υποχρεωτικές ασκήσεις καθόσον η ανάπτυξη της στον υπάρχοντα εργαστηριακό οδηγό (Λιοδάκης & Γάκης, 2000) είναι προβληματική (αναφέρεται μόνο στις χημικές αντιδράσεις και χρησιμοποιεί απαγορευτικά για την ασφάλεια των μαθητών αντιδραστήρια). Παραθέτουμε τον πρόλογο στην ανάρτηση που έχουμε στην ιστοσελίδα του Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων για τον προτεινόμενο εργαστηριακό οδηγό για να αντιληφθείτε το πνεύμα της πρότασης συγγραφής. Μετά από μεγάλη προσπάθεια στηριζόμενοι στις εμπειρίες που αποκτήσαμε στο Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων αλλά και στην επικοινωνία μεταξύ πολλών συναδέλφων μας, σας παρουσιάζουμε, τον εργαστηριακό οδηγό της Α΄ Λυκείου. Ένα πόνημα «ανοικτό» σε καλοδεχούμενη κριτική, (την οποία και περιμένουμε) για να γίνει ακόμα καλύτερο.

Θέλουμε να πιστεύουμε ότι αυτό μπορεί να αποτελέσει την βάση για μια αξιοπρεπή εργαστηριακή διδασκαλία, στην οποία όμως εσείς θα πρέπει έτσι και αλλιώς να «παίξετε» καθοριστικό ρόλο ζυγίζοντας και μετρώντας τις παραμέτρους που μόνο εσείς γνωρίζετε στην μοναδική σας περίπτωση (τάξη). Έτσι μπορείτε να δουλέψετε τις ασκήσεις αυτές ολόκληρες ή τμηματικά, μετωπικά ή με επίδειξη, να δώσετε τα φύλλα εργασίας για δουλειά στο σπίτι ή να αξιολογήσετε με αυτά την προσπάθειά σας. Κλείνουμε με την ευχή να αισθανθείτε ότι το πείραμα δεν μπορεί να μην είναι αναπόσπαστο τμήμα της διδασκαλίας σας με ή χωρίς εργαστήριο, με ή χωρίς ΥΣΕΦΕ, παρά μόνο με το μεράκι σας και την διάθεσή σας για προσφορά (Μαρκογιαννάκης & Παπαθανασίου, 2015).

Η πρότασή μας

Εργαστηριακή άσκηση: Διάκριση φαινομένων

Σκοπός της άσκησης

Να διακρίνουμε (ξεχωρίσουμε) τα φυσικά από τα χημικά φαινόμενα.

Στόχοι:

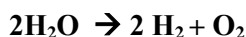
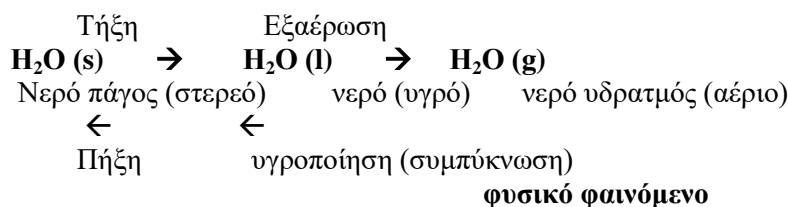
Μετά το τέλος της άσκησης θα οι μαθητές μπορούν να :

- A) δίνουν τον ορισμό των φυσικών και των χημικών φαινομένων,
- B) ταξινομούν τα διάφορα φαινόμενα σε χημικά και σε φυσικά.

Ένα συν (+) στη θεωρία

Οι μεταβολές που γίνονται στο μακρόκοσμο μας είναι δυο ειδών:

α) αυτές που η σύσταση της ύλης δεν μεταβάλλεται και ονομάζονται φυσικά φαινόμενα και β) αυτές που η σύσταση της ύλης μεταβάλλεται ριζικά και ονομάζονται χημικά φαινόμενα (χημικές αντιδράσεις). Παραδείγματα φυσικών φαινομένων είναι όλες οι μετατροπές φυσικών καταστάσεων τήξη, πήξη, εξάτμιση, συμπύκνωση, εξάχνωση, απόθεση, μιας καθαρής ουσίας, όπου αλλάζει η φυσική κατάσταση μιας καθαρής ουσίας από μια, σε μια άλλη (π.χ από στερεά γίνεται υγρή) ενώ χημικά φαινόμενα είναι π.χ οι συνθέσεις (δημιουργίες) νέων ουσιών, οι καύσεις των σωμάτων (ένωσή τους κυρίως με το οξυγόνο) αλλά και άλλες όπου σε κάθε μια από αυτές παίρνουμε νέα διαφορετικά εντελώς σώματα.



χημικό φαινόμενο

...η διάσπαση του νερού στα συστατικά του δηλαδή σε οξυγόνο και σε υδρογόνο.

Ασφάλεια

Γυαλιά προστασίας κατά την θέρμανση και καύση

Πίνακας 1. Απαιτούμενα όργανα και υλικά

| Σκεύη | Ουσίες |
|-----------------------------------|---|
| 1. Δοχείο απορριμμάτων | Οινόπνευμα, |
| 2. Χαρτί κουζίνας | Οξαλικό οξύ (s) |
| 3. 6 δοκιμαστικοί σωλήνες | Σόδα |
| 4. Γουδί (κάψα πορσελάνης) | Ξίδι (εμπορίου) |
| 5. Σπάτουλα | Διαλύματα: |
| 6. Ξύλινη λαβίδα | Ba(NO ₃) ₂ , CuSO ₄ , FeCl ₃ , H ₂ SO ₄ , και NaOH |
| 7. Γκαζάκι θέρμανσης | Τα διαλύματα των αλάτων είναι 0,1 M |
| 8. Αναπτήρας | ενώ των οξέων και βάσεων 2M |
| 9. Υαλος ωρολογίου | |
| 10. Στήριγμα δοκιμαστικών σωλήνων | |
| 11. Φύλλο χαρτιού | |



Εικόνα 10. Τι χρειάζεστε για την άσκηση σας

Πειράματα

A1. Ρίξτε μικρή ποσότητα (1-2 ml) οινόπνεύματος πάνω στο χέρι σας, κινήστε το πάνω κάτω μερικές φορές. Τι παρατηρείτε;

.....

A2. Χαρακτηρίστε το φαινόμενο

A3. Δικαιολογήστε την απάντησή σας

B1. Ρίξτε μικρή ποσότητα (1-2ml) οινόπνεύματος σε ένα πιατάκι γυάλινο (ύαλο ωρολογίου - πυρίμαχο) και ανάψτε το. (Προσοχή γιατί η φλόγα δεν φαίνεται).

Τι παρατηρείτε;

.....

B2. Χαρακτηρίστε το φαινόμενο

B3. Δικαιολογήστε την απάντησή σας

.....

Γ1. Τσαλακώσετε ένα κομμάτι χαρτί.

Γ2. Αφήστε το να πέσει.

Γ3. Κάντε το σε κάψα πορσελάνης.

Γ4. Χαρακτηρίστε τα φαινόμενα 1. 2. 3.

Γ4. Δικαιολογήστε τις απαντήσεις σας

.....

Δ1. Προτείνουμε να γίνει από τον καθηγητή

Βάλτε μικρή ποσότητα (0,5g περίπου) οξαλικού οξέος σε ένα πυρίμαχο δοκιμαστικό σωλήνα, πιάστε τον στη συνέχεια με ην ξύλινη λαβίδα και θερμάνετε την ποσότητα αυτή προσεκτικά. Τι παρατηρείτε μετά από λίγο;

.....

Δ2. Κλείστε το γκαζάκι.

Δ3. Περιστρέψτε το περιεχόμενο του δοκιμαστικού σωλήνα σε όλο το μήκος του;

Δ4. Τι παρατηρείτε μετά από λίγο; Έχουμε δημιουργία νέου, διαφορετικού σώματος;

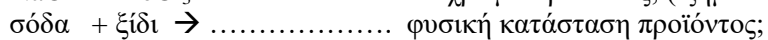
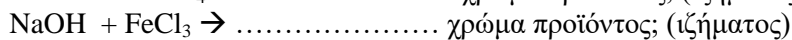
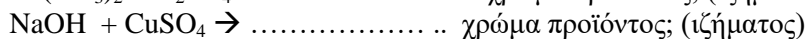
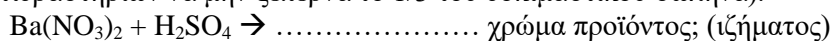
.....

Δ5. Πως ονομάζονται οι μετατροπές που παρατηρήσατε; α)..... β).....



Εικόνα 2. Το πείραμα Δ

Ε1. Αναμείξτε μικρές ποσότητες από τα παρακάτω αντιδραστήρια (Εικόνα 3) αντίστοιχα σε δοκιμαστικούς σωλήνες και παρατηρήστε τα προϊόντα που σχηματίζονται (η προσθήκη και των δυο αντιδραστηρίων να μην ξεπερνά το 1/3 του δοκιμαστικού σωλήνα).



Ε2. Χαρακτηρίστε τα φαινόμενα



Εικόνα 3. Το πείραμα Ε

Φύλλο Αξιολόγησης: Διάκριση φαινομένων

Όνοματεπώνυμο μαθητή

Ερωτήσεις

1. Να δώσετε τον ορισμό των φαινομένων.

Ορισμός

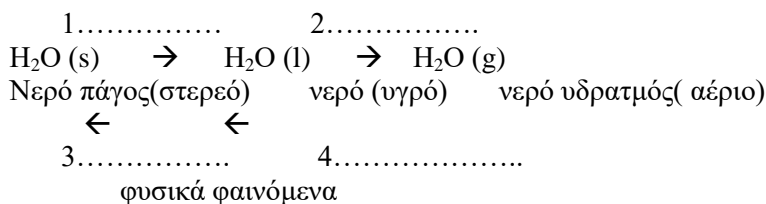
2. Να θέσετε την ερώτηση ώστε με βάση την απάντησή (Ναι ή Όχι), να γίνεται διαχωρισμός των φαινομένων σε φυσικά και χημικά. Στη συνέχεια να τοποθετήσετε κάτω από τη σωστή κατηγορία μέσα στις παρενθέσεις τα φαινόμενα: καύση, πήξη, εξαέρωση, απόθεση, διάσπαση, σύνθεση, βρασμός, φωτοσύνθεση, ζίνισμα, συμπύκνωση, συμπληρώνοντας το παρακάτω πίνακα.

Φαινόμενα

| | | |
|----------|--------|--------|
| Ερώτηση: | Ναι | Όχι |
| | Χημικά | Φυσικά |

() ()

3. Να συμπληρώσετε στο διάγραμμα δίπλα σε κάθε αριθμό το αντίστοιχο φυσικό φαινόμενο:



4. Τι μου έμεινε – Εντυπώσεις

.....

«Παραλειπόμενα» που δεν αγνοούμε

Είναι επιβεβλημένη η διάκριση των φαινομένων σε φυσικά και χημικά διότι διευκολύνει την διδασκαλία των φυσικών επιστημών σε πολλά επίπεδα, ειδικά στην κατανόηση των φυσικών καταστάσεων (τι αλλάζει στις μεταβολές αυτές) και στις μεταβολές των μορίων.

Θα πρέπει να προσέξουμε τις λανθασμένες αντιλήψεις των μαθητών /τριών σχετικά με τα φυσικά φαινόμενα π.χ α) είναι φυσικά φαινόμενα γιατί γίνονται στη φύση (που άραγε εξελίσσονται-γίνονται τα χημικά;) β) οι αναφορές σε πολύπλοκα φαινόμενα η έκρηξη ενός ηφαιστείου ή ο σεισμός που σαφώς δεν μπορούν να ταξινομηθούν στις δυο παραπάνω κατηγορίες (είναι γεωλογικά φαινόμενα που εμπεριέχουν πολλά και φυσικά και χημικά φαινόμενα).

Με αντίστοιχο τρόπο αντιμετωπίζουμε και τις άλλες εργαστηριακές ασκήσεις χημείας για το Λύκειο. Χαρακτηριστικά καινοτόμα στοιχεία τους είναι, η απλότητα τους, η εύκολη υλοποίηση, τα συνηθισμένα υλικά που χρησιμοποιούμε. Επίσης οι φωτογραφίες χωρίς λεζάντες που απαντούν στα ερωτήματα του κειμένου και διευκολύνουν την κατανόηση της όλης διαδικασίας. Γίνεται προσπάθεια αποφυγής αόριστων εντολών π.χ «ρίξε μικρή ποσότητα αντιδραστήριου» που είναι υποκειμενική, με συγκεκριμένες π.χ 5ml ή 2-3 g. Τα φύλλα εργασίας είναι απλά, για να μπορέσουν εύκολα να απαντηθούν από τους μαθητές, αφού ολοκληρώσουν την άσκησή τους. Τέλος έχουμε προσθέσει 2 νέα στοιχεία το “τι μου έμεινε” και “τα παραλειπόμενα που Δεν αγνοούμε” για να δώσουμε την ευκαιρία έκφρασης στους μαθητές μας, αλλά και οδηγίες για την άσκηση συνολικά (απευθυνόμαστε κυρίως στους συναδέλφους αλλά και στους μαθητές). Σε συνάντηση συναδέλφων χημικών στο Ε.Κ.Φ.Ε. έγινε προσπάθεια αξιολόγησης των εργαστηριακών ασκήσεων της Α΄ Λυκείου (στις προτεινόμενες υποχρεωτικές και σε αυτή που παρουσιάσαμε) όπου αυτοί, αφού εκτέλεσαν τις ασκήσεις, όπως εμείς προτείνουμε, απάντησαν σε σχετικό ερωτηματολόγιο. Δυστυχώς οι απαντήσεις τους δεν βοήθησαν να βγάλουμε συμπεράσματα, παρά μόνο να κάνουμε επιμέρους διορθώσεις, τις οποίες φυσικά και κάναμε αποδεκτές σε νέα έκδοση μας.

Συμπεράσματα

Οι προτάσεις – μέθοδοι διδασκαλίας, καθώς και τα σχολικά εγχειρίδια που προτείνονται θα πρέπει να λαμβάνουν υπ όψη τους τις συνθήκες που επικρατούν στις σχολικές μας τάξεις. Μόνο έτσι θα μπορούσαν να βοηθήσουν τους συναδέλφους μας. Οι εργαστηριακοί οδηγοί χημείας είναι απαρχαιωμένοι και απαιτείται η συγγραφή νέων, σύμφωνα με τα νέα δεδομένα που έχουμε σήμερα. Η πρόταση που σήμερα καταθέτουμε, πιστεύουμε ότι μπορεί να αποτελέσει την βάση, για την συγγραφή ενός σωστού εργαστηριακού οδηγού χημείας. Ο οδηγός αυτός μπορεί να προκύψει από τις ανάλογες εργασίες που έχουν γίνει στα Ε.Κ.Φ.Ε. και θα είναι ιδιοκτησία της ΠΑΝΕ.Κ.Φ.Ε.. Απαιτείται ένας σωστός συντονισμός και νομίζουμε τα αποτελέσματα θα είναι εξαιρετικά. Επίσης ο οδηγός αυτός θα είναι «ανοικτός» δηλαδή θα μπορεί να βελτιώνεται σύμφωνα με τις υποδείξεις των συναδέλφων. Με την συμμετοχή τελικά και το μοίρασμα, μπορούμε να ξεπεράσουμε τις δυσκολίες και να δημιουργήσουμε πονήματα, που θα ανταποκρίνονται στις προσδοκίες των συναδέλφων μας, εγχειρίδια που θα τους βοηθούν πραγματικά στο δύσκολο έργο τους, μέσα στην σχολική τάξη και στο εργαστήριο.

Αναφορές

- Ιστοσελίδα Ε.Κ.Φ.Ε. Ρεθύμνου http://ekfe.reth.sch.gr/new_site/ Ημερομηνία προσπέλασης 13/12/2015
- Ιστοσελίδα Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων <http://ekfe.chan.sch.gr/Lykeio/labLyk.html> Ημερομηνία προσπέλασης 20/11/2015
- Λιοδάκης,Σ., Γάκης ,Δ., (2000). *Εργαστηριακός οδηγός χημείας Α Λυκείου*. Αθήνα. ΟΕΔΒ.
- Μανουσάκη ,Γ. *Μέσα από πειράματα η μαγεία της χημείας*. Θεσσαλονίκη.
- Μαρκογιαννάκης, Δ., (1992). *Η εργαστηριακή άσκηση των μαθητών μέσης εκπ/σης σήμερα*. Φυσικός κόσμος,135,24-26.
- Μαρκογιαννάκης,Δ., Παπαθανασίου,Κ., (2015). *Εργαστηριακός οδηγός χημείας Α Λυκείου* <http://ekfe.chan.sch.gr/Lykeio/labLyk.html>.
- Μαυρόπουλος, Μ., (1997). *Διδάσκω χημεία*. Αθήνα. Εκδόσεις Σαββάλα.
- Τζιανουδάκης, Λ., (2009). *Μια κριτική ματιά στους σχολικούς εργαστηριακούς οδηγούς χημείας Λυκείου*. 10^ο κοινό Συνέδριο Χημείας Ελλάδας – Κύπρου, Ηράκλειο.

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Διδάσκοντας Οργανική Χημεία στον «Τιτάνα»

Σεραφείμ Σπανός
Φυσικός (PhD), ΕΠΑΛ Βελεστίου
seraf@sch.gr

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται η διδακτική προσέγγιση εννοιών της οργανικής χημείας μέσα από τη θεματολογία της αστρονομίας και ειδικότερα της επιστήμης των πλανητικών-δορυφορικών ατμοσφαιρών. Η προσέγγιση αυτή θεωρήθηκε προσφορότερη για το μαθητικό κοινό ενός ΕΠΑΛ με ειδικότητες μακριά από το αντικείμενο της Οργανικής Χημείας (Οικονομία, Τουριστικά) όπου το ενδιαφέρον για ένα μάθημα γενικής παιδείας παραμένει χαμηλό. Η διέγερση του ενδιαφέροντος βασίστηκε στην υψηλή δημοφιλία των θεμάτων αστρονομίας και διαστήματος λόγω της κοντινής Εταιρείας Αστρονομίας και Διαστήματος του Βόλου. Αρχικά πραγματοποιήθηκε κατόπιν πρόσκλησης των μαθητών διάλεξη στο σχολείο από εκπρόσωπο της εταιρείας με θέμα τον Κρόνο και τους δορυφόρους του. Στη συνέχεια με προτροπή και επίβλεψη του διδάσκοντα οι μαθητές αντιμετώπιζαν στα αντίστοιχα κεφάλαια εκτός των άλλων και ερωτήματα που σχετίζονταν με την ατμοσφαιρική χημεία του Τιτάνα. Με την ολοκλήρωση των αντιστοιχών ενοτήτων ζητήθηκε η συμπλήρωση κατάλληλου φύλλου εργασίας και η όλη διαδικασία αξιολογείται από τους μαθητές ως προς το ενδιαφέρον και τη δυσκολία που εμφάνισε.

Λέξεις κλειδιά: Οργανική Χημεία, Τιτάνας, Ισομέρεια, Πολυμερισμός

Εισαγωγή

Η διδασκαλία της Χημείας στα πλαίσια της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης παρουσίαζε και παρουσιάζει ακόμη προβλήματα που σχετίζονται όχι μόνο με τον περιορισμένο χρόνο διδασκαλίας (συνήθως μονώροο μάθημα) αλλά και με τη διάρθρωση και ανάπτυξη της ύλης. Σε μια σοβαρή μερίδα μαθητών ακόμη και θετικής και τεχνολογικής κατεύθυνσης η Χημεία εμφανίζεται ως μάθημα με περισσότερη αποστήθιση και λιγότερη εφαρμογή νόμων και κανόνων. Τόσο για αυτούς όσο και για τους υπόλοιπους που αυτό δεν αποτελεί μειονέκτημα, η διέγερση του ενδιαφέροντος αποτελεί πρόβλημα διαφορετικής φύσεως και παραμένει αίτημα.

Στα σύγχρονα βιβλία γίνεται προσπάθεια να αντιμετωπισθεί το τελευταίο με την παράθεση ιστορικών πληροφοριών καθώς και με αναφορά σε θέματα καθημερινότητας όπου η Χημεία είναι παρούσα. Τα τμήματα αυτά των βιβλίων δεν προορίζονται για εξεταστέα ύλη αλλά αποτελούν «ύλη πρόκληση» για περαιτέρω βιβλιογραφική έρευνα σε βιβλιοθήκες και υπολογιστές (Λιοδάκης κ.ά., 2014).

Σχετικά με τη διδασκαλία της Χημείας σε ένα ΕΠΑΛ με ειδικότητες ξένες προς το μάθημα (π.χ. Οικονομικά, Τουρισμός) οι δυσκολίες εμφανίζουν μεγαλύτερη ένταση. Η προσέλκυση του ενδιαφέροντος αποτελεί κλειδί για την υλοποίηση των σκοπών της διδασκαλίας. Ο διδάσκων συνήθως εξαντλεί την εφευρετικότητα του προς τη δημιουργία τέτοιων ερεθισμάτων και δεν περιορίζεται στα όσα περιλαμβάνονται στο διδακτικό εγχειρίδιο.

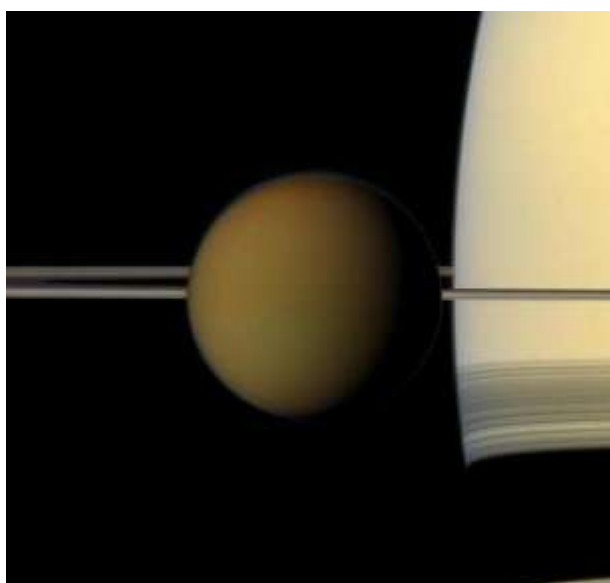
Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια απόπειρα διδασκαλίας εννοιών της Οργανικής Χημείας για την Β τάξη ΕΠΑΛ, βασισμένη σε διαστημικές πληροφορίες που έχουν παρασχεθεί σχετικά με τις ατμοσφαιρικές συνθήκες και τη σύσταση της ατμόσφαιρας του Τιτάνα (μεγαλύτερου δορυφόρου του Κρόνου). Η απόπειρα εκμεταλλεύεται τη δημοφιλία των θεμάτων αστρονομίας και τη γοητεία που αυτά ασκούν σε μεγάλο αριθμό μαθητών. Η δημοφιλία διαπιστώθηκε από συζητήσεις στη τάξη και οφείλεται κατά μεγάλο μέρος σε δραστηριότητες (διαλέξεις, αστροβραδιές παρατήρησης) της γνωστής ένωσης ερασιτεχνών αστρονόμων που εδρεύει στην περιοχή (Spanos & Xenakis, 2013) και φέρει το όνομα Εταιρεία Αστρονομίας και Διαστήματος.

Μετά την εισαγωγή ακολουθεί μια συνοπτική περιγραφή των ατμοσφαιρικών και επιφανειακών συνθηκών που επικρατούν στον Τιτάνα όπως αυτές καταγράφηκαν από τη διαστημοσυσκευή Cassini-Huygens. Στη συνέχεια υπογραμμίζονται οι ενότητες εκείνες από την ύλη της Οργανικής Χημείας Β τάξης που σχετίζονται με το περιγραφέν περιβάλλον και πως αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί για τη διδασκαλία τους. Ακολουθεί ο σχεδιασμός και η υλοποίηση του διδακτικού σεναρίου. Τέλος

παρουσιάζονται ποιοτικά συμπεράσματα από την αρχική υλοποίηση του στην τάξη. Το φύλλο εργασίας στο οποίο ξεδιπλώνεται αναλυτικά η διαδικασία περιλαμβάνεται σε παράρτημα μετά τις βιβλιογραφικές αναφορές.

Ατμοσφαιρικές συνθήκες στον Τιτάνα

Ο Τιτάνας είναι ο μεγαλύτερος δορυφόρος του Κρόνου και ανακαλύφθηκε από τον Christian Huygens στις 25 Μαρτίου του 1655 (Wikipedia, 2015) όταν έστρεψε το καινούργιο τηλεσκόπιο του προς τον πλανήτη με τα δακτυλίδια. Από τότε η γνώση για το μακρινό αυτό αντικείμενο άρχισε να συσσωρεύεται αργά-αργά μέχρι την πραγματοποίηση της αποστολής Voyager την δεκαετία του 1980 οπότε έγινε εφικτός και ο προσεγγιστικός προσδιορισμός της σύστασης της ατμόσφαιράς του. Η διαστημική συσκευή Huygens που προσέγγισε τον Τιτάνα το 2004 προσέφερε περισσότερες πληροφορίες (phys.org, 2013) με το όχημα να περιφέρεται γύρω από τον Τιτάνα και τον ανιχνευτή Cassini να εισέρχεται στην ατμόσφαιρά του και να μεταδίδει τις πρώτες φωτογραφίες από την επιφάνεια του.



Σχήμα 1. Φωτογραφία του Τιτάνα με φόντο τον Κρόνο από την προσέγγιση του Huygens

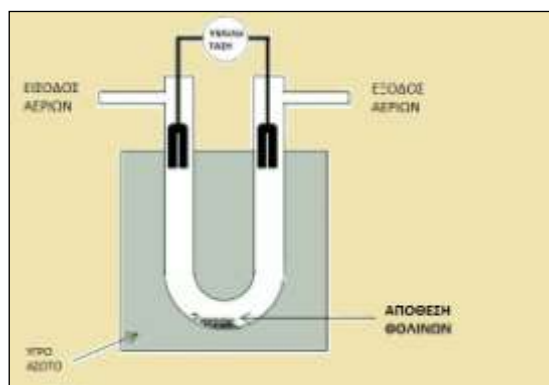
Η αδιαφανής ατμόσφαιρα του Τιτάνα παρουσιάζεται ιδιαίτερα πυκνή με επιφανειακή ατμοσφαιρική πίεση 1.5 φορές μεγαλύτερη της γήινης και πολλαπλά στρώματα πορτοκαλόχρωμης ομίχλης (Σχήμα 1 από το Phys.org) αποτελούμενης από αιωρούμενα σωματίδια οργανικής σύνθεσης. Οι πλανητικοί και ατμοσφαιρικοί παράμετροι του Τιτάνα σε συγκριτική παράθεση με τους αντίστοιχους της γης (Jink He, 2013) εμφανίζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Σύγκριση πλανητικών-ατμοσφαιρικών παραμέτρων Τιτάνα-Γης

| Παράμετρος | Τιτάν | Γη |
|---|-----------------------|------------------------|
| Διάμετρος (km) | 5,150 (με τα σύννεφα) | 12,756 |
| Ακτίνα (km) | 2,575 | 6,378 |
| Μάζα (kg) | 1.36×10^{23} | 5.972×10^{24} |
| Μέση πυκνότητα (gm/cm ³) | 1.881 | 5.518 |
| Περίοδος ιδιοπεριστροφής (Ημέρες) | 15 | 1 |
| Περιφορά γύρω από άλλο σώμα (Ημέρες) | 15.945 | 365 |
| Αστρονομικές μονάδες (AU) από Ήλιο (1AU=149,597,900 km) | ~9.538 | 1.0 |
| Επιφανειακή ατμοσφαιρική πίεση | 1.5 bars | 1.0 bars |

| | | |
|---|--|--|
| Ανακλαστικότητα (λευκαύγεια) | 0.21 | 0.39 |
| Ταχύτητα διαφυγής | 2.64 km/sec | 11.18 km/sec |
| Επιφανειακή θερμοκρασία | 85-95 Kelvin ~-168 C | 288-290 Kelvin ~17 C |
| Κύρια συστατικά (%) | N ₂ (Άζωτο) 82-99 % | N ₂ (Άζωτο) 76% |
| | CH ₄ (Μεθάνιο) 1-6 | O ₂ (Οξυγόνο) 20.9 % |
| Δευτερεύοντα συστατικά ppm (μέρη/εκατομμύριο) | Ne (Νέο) ?? % | Ar (Αργό) .934% |
| | Ar (Αργό) < 1-6% | CO ₂ (Διοξείδιο άνθρακα) 0.31 % |
| | H ₂ (Υδρογόνο) 2000ppm | H ₂ O (Νερό) 1.0 % |
| | CO (Μονοξείδιο άνθρακα) 50ppm | H ₂ (Υδρογόνο) 0.5 ppm |
| | CO ₂ (Διοξείδιο άνθρακα) 0.01ppm | CO (Μονοξείδιο άνθρακα) |
| | H ₂ O (Νερό) 4 ppb (not ppm) | Ne (Νέο) 18.18 ppm |
| | Υδρογονάνθρακες | CH ₄ (Μεθάνιο) 1.5 ppm |
| | C ₂ H ₂ (Ακετυλένιο) 4 ppm | O ₃ (Οζόν) |
| | C ₂ H ₄ (Αιθυλένιο) 1 ppm | N ₂ O (υποξείδιο αζώτου) |
| | C ₂ H ₆ (Αιθάνιο) 20 ppm | He (ήλιο) 5.24 ppm |
| C ₄ H ₂ (Διακετυλένιο) 0.02ppm | Xe (Ξένο) | |
| C ₃ H ₄ (Μεθυλακετυλένιο) 0.03ppm | Kr (Κρυπτό) 1.14 ppm | |
| C ₃ H ₆ (Προπένιο) ??? ppm | NO ₂ (Διοξείδιο αζώτου) | |
| C ₆ H ₆ (Βενζόλιο) ??? ppm | | |
| C ₃ H ₈ (Προπάνιο) 1.0 ppm | | |
| Νιτρίλια | | |
| HCN (Υδροκυάνιο) 1.0ppm | | |
| HC ₃ N (Κυανοακετυλένιο) 0.003ppm | | |
| C ₂ N ₂ (Κυανογένιο) 0.02 ppm | | |
| C ₄ N ₂ (Δικυανοακετυλένιο) | | |

Η σύσταση και οι φυσικές συνθήκες παραπέμπουν σε μια άκρως ενδιαφέρουσα ατμοσφαιρική Χημεία η οποία έχει την αφητηρία της στην ανώτερη ατμόσφαιρα όπου η ηλιακή και η κοσμική ακτινοβολία ενεργοποιούν αλυσίδες χημικών αντιδράσεων. Η μετατροπές αυτές γίνονται ακόμη πιο ενδιαφέρουσες καθώς παρεμβαίνουν και αλλαγές φάσεων συμβατές με τις θερμοκρασίες και την ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνεια.

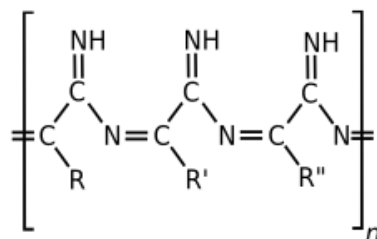


Σχήμα 2. Αρχή προσομοίωσης παρασκευής θολινών (Tholins) στο εργαστήριο

Η σπουδή της ατμοσφαιρικής σύνθεσης του Τιτάνα και της ποικιλίας των αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα στην ατμόσφαιρα του γιγαντιαίου δορυφόρου έχουν γίνει αντικείμενο μελέτης από πολλούς (Khare et al, 2002; Para 2014) τόσο από τα δεδομένα των διαστημικών συσκευών όσο και από προσομοιώσεις στο εργαστήριο. Με διατάξεις όπως αυτές που η αρχή τους παρουσιάζεται στο Σχήμα 2 έχουν ανιχνευθεί στα προϊόντα μια ολόκληρη κατηγορία οργανικών ενώσεων που φέρουν το γενικό τίτλο θολίνες από την Ελληνική λέξη θολός (Ehrenfreund et al, 1995).

Οι μεγαλομοριακές αυτές ενώσεις που η σύνθεσή τους αρχίζει με τη σύνθεση νιτρίλιων (Πίνακας 1) εμφανίζουν καφετί χρώμα και καθιζάνουν υποτίθεται στην ατμόσφαιρα του Τιτάνα. Η

επικρατέστερη θεωρία για τις ενώσεις αυτές είναι ότι αποτελούν πολυμερή (Σχήμα 3) με σχετική ατομική μάζα που ίσως φθάνει και τα 8000 Da.



Σχήμα 3. Αλληλουχία τριών μονομερών που λαμβάνουν μέρος στο σχηματισμό θολινών

Πέραν των εξωτικών αυτών πολυμερών πιθανότατα εμφανίζονται και πιο κοινά πολυμερή όπως αυτά που το μονομερές τους είναι αιθυλένιο και προπυλένιο.

Σχεδιασμός και υλοποίηση διδακτικού σεναρίου

Η ατμόσφαιρα του Τιτάνα προσφέρει την ευκαιρία να ασχοληθούν οι μαθητές με θέματα από το 1^ο κεφάλαιο (παράγραφοι 1.2, 1.3, 1.4) του σχολικού βιβλίου (Λιοδάκης κ.ά., 2014) και ειδικότερα με την ονοματολογία και τη συντακτική ισομέρεια. Επίσης με θέματα από το 2^ο κεφάλαιο (παράγραφοι 2.3, 2.5, 2.6) και συγκεκριμένα με τα πρώτα μέλη των ομάδων αλκάνια, αλκένια, αλκίνια, καθώς και με το φαινόμενο του πολυμερισμού που αρχικά εισάγεται μετά τις αντιδράσεις προσθήκης στα αλκάνια. Με το ίδιο φαινόμενο ασχολείται και η παράγραφος 5.4 (πλαστικά) προς το τέλος του βιβλίου.

Πέρα από τα θέματα αυτά οι μαθητές επανέρχονται σε γνώσεις και δεξιότητες καλλιεργημένες σε προηγούμενες τάξεις όπως για παράδειγμα ο υπολογισμός της σχετικής μοριακής μάζας και ο προσδιορισμός των φάσεων μιας χημικής ένωσης όταν είναι γνωστά τα σημεία τήξεως και βρασμού σε δεδομένη ατμοσφαιρική πίεση.

Η ενασχόληση των μαθητών με τον Τιτάνα αρχίζει με την παρακολούθηση διάλεξης στο σχολείο από εκπρόσωπο της εταιρείας την οποία μπορούν να παρακολουθήσουν προαιρετικά και μαθητές από άλλες τάξεις πλην της Β. Η διδακτική αυτή φάση είναι απαραίτητη για τη διεγέρση του ενδιαφέροντος και αποτελεί προϋπόθεση για τη λειτουργία του μαθησιακού προτύπου που φέρει το γενικό τίτλο ανακαλυπτική μάθηση (Spanos & Xenakis 2013; Portal.opendiscoveryspace.eu, 2015). Στην προκειμένη περίπτωση και επειδή η θεματολογία του Τιτάνα καλύπτει ένα πολύ εκτεταμένο μέρος της ύλης, ο διδάσκων μεθοδικά καθοδηγεί τους μαθητές στο να θέτουν ερωτήματα που σχετίζονται τόσο με τη διάλεξη όσο και με το μάθημα της ημέρας. Για παράδειγμα υπενθυμίζοντας το εύρος τιμών θερμοκρασίας και ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια του δορυφόρου αυτού ζητείται να προσδιορισθούν οι φάσεις στις οποίες μπορούν να βρεθούν τα κυριότερα συστατικά της ατμόσφαιρας.

Οι μαθητές καλούνται να πραγματοποιήσουν αναζήτηση στο διαδίκτυο η/και στο βιβλίο τους για απαντήσεις στα ερωτήματα που τίθενται. Προς διευκόλυνση της ανταπόκρισης στα ερωτήματα, οι μαθητές οδηγούνται στο εργαστήριο πληροφορικής και τους γίνεται επίδειξη χρήσης του ιστοτόπου chemspider ο οποίος λειτουργεί ως λεξικό οργανικής χημείας και ως πολυεργαλείο (chemspider, 2015). Στον ιστότοπο αυτό, εκτός από τον υπολογισμό των σχετικών μοριακών μαζών, για δεδομένο μοριακό τύπο παρέχεται η δυνατότητα επιστροφής στον χρήστη όλων των δυνατών ισομερών ενώσεων με τη μορφή συντακτικών τύπων.

Επίσης σε άλλα σημεία της διδασκαλίας προβάλλονται συγκεκριμένες ταινίες βίντεο που ο διδάσκων επιλέγει από τον ιστότοπο youtube (https://www.youtube.com/watch?v=t-BNS_pJABQ) με περιεχόμενο τις φυσικές συνθήκες στον Τιτάνα και την ανίχνευση οργανικών ενώσεων σε αυτόν. Επίσης στο κατάλληλο χρόνο προβάλλεται βίντεο σχετικά με την παραγωγή πολυμερών στον εξωτικό αυτό κόσμο (https://www.youtube.com/watch?v=t-bNS_pJABQ). Με την ολοκλήρωση του δεύτερου κεφαλαίου και ενώ το δεύτερο τετράμηνο βρίσκεται σε εξέλιξη, δίνεται στους μαθητές φύλλο εργασίας όπου συνοψίζονται όλες οι πιο πάνω δραστηριότητες με τη μορφή ερωτημάτων. Το φύλλο

εργασίας συμπληρώνεται από κάθε μαθητή στην άνεση του σπιτιού του και με τη βοήθεια υπολογιστή.

Το παράρτημα που εμφανίζεται στο τέλος αποτελεί μια εκδοχή του φύλλου εργασίας το οποίο δίνεται στους μαθητές για συμπλήρωση. Αποτελείται από παρόμοια ερωτήματα με αυτά που τέθηκαν στην τάξη. Κατά την επιστροφή του συμπληρωμένου φύλλου οι μαθητές παρουσιάζουν τα ευρήματά τους στην τάξη και προκαλούν συζήτηση με την εποπτεία του διδάσκοντα για τη μελλοντική εξερεύνηση του Τιτάνα. Η όλη διαδικασία αποτελεί συνιστώσα της βαθμολογίας τους για το τετράμηνο.

Συμπεράσματα

Η απόπειρα διδασκαλίας που περιγράφηκε στα προηγούμενα φαίνεται ότι παρουσιάζει αρκετά θετικά στοιχεία. Κατ' αρχήν διέγειρε το ενδιαφέρον των μαθητών για ένα μάθημα χαμηλής για αυτούς προτεραιότητας. Κατάφερε να κινητοποιήσει το σύνολο σχεδόν των μαθητών και να τους καταστήσει υποκείμενα ενεργούς μάθησης. Εισήγαγε αρχές διαθεματικής προσέγγισης σε ένα γνωστικό αντικείμενο που για πολλούς μαθητές θεωρούνταν εντελώς εξειδικευμένο και έδειξε ότι αυτό δεν είναι ξεκομμένο από τη σύγχρονη εξέλιξη της επιστήμης (εξερεύνηση του διαστήματος). Τόσο κατά τη εξοικείωση με το προτεινόμενο λογισμικό όσο και στη φάση συμπλήρωσης του φύλλου εργασίας προήγαγε συνεργατικές δεξιότητες και την κριτική στάση απέναντι σε πληροφορίες που κυκλοφορούν στο διαδίκτυο.

Η απόπειρα αποτελεί προσπάθεια για να επανέλθει στην σχολική τάξη η θεματολογία της αστρονομίας και των επιστημών του διαστήματος. Αυτή τη φορά όχι ως μέρος κάποιου αναλυτικού προγράμματος αλλά ως όχημα για τη διδασκαλία εννοιών που ανήκουν στις διάφορες φυσικές επιστήμες και περιλαμβάνονται στα υπάρχοντα αναλυτικά προγράμματα.

Αναφορές

Ehrenfreud, P., Boon J., Commandeur J., Sagan C., Thompson W., Khare B. (1995). Analytical Pyrolysis Experiments of Titan Aerosol Analogues in Preparation for the Cassini Huygens Mission *Adv Space Res* Vol. 15 335-342

<http://phys.org/news/2013-04-nasa-team-complex-chemistry-titan.html> Προσπελάστηκε 19/2/2016

<http://portal.opendiscoveryspace.eu/el/community/astronomia-kai-epistimes-toy-diastimatos-stin-sholiki-taxi-828385> προσπελάστηκε 22/12/2015

<http://www.chemspider.com/Molecular-Formula> προσπελάστηκε 3/12/2015

[https://el.wikipedia.org/wiki/Τιτάνας_\(δορυφόρος\)](https://el.wikipedia.org/wiki/Τιτάνας_(δορυφόρος)) Προσπελάστηκε 22/12/2015

<https://www.youtube.com/watch?v=9L471ct7YDo> Προσπελάστηκε 3/12/2015

https://www.youtube.com/watch?v=t-bNS_pJABQ Προσπελάστηκε 3/12/2015

Jing He. (2013). Physicochemical characterisation of organic materials of interest for astrobiology : Titan's aerosols analogues. Other. *Ecole Centrale Paris*, 2013. English. <NNT : 2013ECAP0054>. <tel-01000229>

Khare B., Bakes E., Imanaka H., McKay C., Cruikshank D., Arakawa E. (2002) Analysis of the time-dependent evolution of Titan Haze Tholin, *Icarus* 160 172-182.

Para W. (2014). A Study of Chemical Modeling for Several Precursors of Tholins in Titan's Atmosphere. *National Conference on undergraduate research* (pp.1101-1108) Proceedings of the Conference, Lexington Kentucky, April 3-5 2014. University of Kentucky.

Spanos S. and Xenakis, Ch. (2013). *Learning Astronomy Through Inquiry and by means of self constructions*, Athens: Astronomy and Space Society and Ellinogermaniki Agogi.

Λιοδάκης Σ., Γάκης Δ., Θεοδωρόπουλος Δ., Θεοδωρόπουλος Π., Κάλλης Α. (2014). *Χημεία Β Λυκείου Γενικής Παιδείας*. Αθήνα: Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων/ ΙΤΥΕ-ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.

Παράρτημα

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

α. Ανασκόπηση γνώσεων σχετικά με τις συνθήκες αλλαγής φάσης καθαρών ουσιών.

β. Έλεγχος γνώσεων σχετικά με την ονοματολογία οργανικών ενώσεων και την κατασκευή συντακτικών τύπων αυτών.

γ. Προσέγγιση του φαινομένου της ισομέρειας με τη βοήθεια πληροφοριών από τη διαστημική εξερεύνηση του Τιτάνα δορυφόρου του Κρόνου.

δ. Προσέγγιση του φαινομένου του πολυμερισμού με τη βοήθεια πληροφοριών από τη διαστημική εξερεύνηση του Τιτάνα δορυφόρου του Κρόνου.

2. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΕΣΑ

α. Πρόσβαση στο διαδίκτυο και συγκεκριμένα στον ιστότοπο

β. <http://www.chemspider.com/Molecular-Formula>

γ. Προαιρετικά το ελεύθερο λογισμικό ACD/Chemsketch (Freeware)

3. Αλλαγές φάσεων στον Τιτάνα

Παρέχονται τα πιο κάτω δεδομένα μαζί με εκείνα του πίνακα 1 :

Ατμοσφαιρική σύσταση : 98.4% Άζωτο, Μεθάνιο (1.4%) and Υδρογόνο (0.1–0.2%).

Επιφανειακή θερμοκρασία 85-95 °K, Ατμοσφαιρική πίεση 1500 mb.

Πίνακας 1. Σημεία τήξεως (T_{τ}) και εξαέρωσης (T_{ϵ}) σε πίεση 1 ατμ. (1012 mb)

| Υλικό | T_{τ} °C | T_{ϵ} °C |
|-----------|------------------|----------------------|
| Μεθάνιο | -182.6 | -161.4 |
| άζωτο | -210 | -196 |
| αιθυλένιο | -169,2 | -103.7 |
| νερό | 0 | 100 |

α. Σε ποια φάση/εις μπορούν να βρεθεί το μεθάνιο στην ατμόσφαιρα του Τιτάνα;

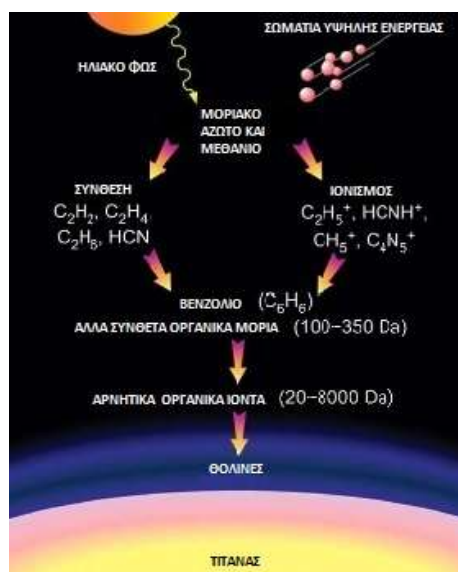
.....

β. Σε ποια φάση/εις μπορούν να βρεθούν ουσίες όπως το άζωτο, το αιθυλένιο και το νερό. Αναζητήστε ενδείξεις από τη διαστημική εξερεύνηση του Τιτάνα που να επιβεβαιώνουν την άποψή σας.

.....

γ. Σε περιπτώσεις αλλαγής φάσεως κάποιας ή κάποιων ουσιών πώς μπορούν αυτές οι αλλαγές να επηρεάσουν το κλίμα με την διαδικασία αυτή;

.....



Σχήμα 3. Συνοπτικές χημικές διεργασίες στην ατμόσφαιρα του Τιτάνα.

4. Οργανικές ενώσεις στην ατμόσφαιρα του Τιτάνα

Στην ατμόσφαιρα του Τιτάνα έχουν ανιχνευθεί ουσίες όπως αιθάνιο, διακετυλένιο, μεθυλακετυλένιο, ακετυλένιο, προπάνιο, κυανοακετυλένιο, Υδροκυάνιο, διοξείδιο του άνθρακα, μονοξείδιο του άνθρακα, κυανογένιο (Cyanogen), αργό και ήλιο. Γράψτε τους χημικούς τύπους των ανωτέρω χημικών στοιχείων και ενώσεων.

.....

α. Με τη βοήθεια του ελεύθερου λογισμικού ACD/Chemsketch (Freeware) η ελεύθερα με το χέρι σας, σχεδιάστε τους συντακτικούς τύπους των χημικών πιο πάνω χημικών ενώσεων.

.....

Σύμφωνα με προσομοιώσεις στο εργαστήριο σε αντίστοιχο περιβάλλον (Σχήμα 4) και με αντίστοιχο έναυσμα παράγονται οι ακόλουθες χημικές ενώσεις (Πίνακας 2).

Θεωρείστε ότι η μονάδα “Da” του σχήματος 1 ταυτίζεται κατά προσέγγιση με τη σχετική μοριακή μάζα (atomic mass unit, amu)

β. Υπολογίστε τις σχετικές μοριακές μάζες των ενώσεων αυτών. Με τη βοήθεια των τιμών που υπολογίσατε βρείτε σε ποιο στάδιο παράγονται οι ενώσεις αυτές κατά το σχήμα 1.

Πίνακας 2. Παραγόμενες στο εργαστήριο ενώσεις σε συνθήκες Τιτάνα

| Μοριακός Τύπος | Σχ. Μοριακή μάζα |
|-------------------|------------------|
| $C_6H_8N_3$ | |
| $C_7H_{10}N_3$ | |
| $C_8H_{12}N_3$ | |
| $C_9H_{14}N_3$ | |
| $C_{10}H_{16}N_3$ | |
| $C_{11}H_{18}N_3$ | |
| $C_{12}H_{20}N_3$ | |
| $C_{13}H_{22}N_3$ | |
| $C_{14}H_{24}N_3$ | |
| $C_{15}H_{26}N_3$ | |

γ. Χρησιμοποιώντας το διαδικτυακό τόπο :

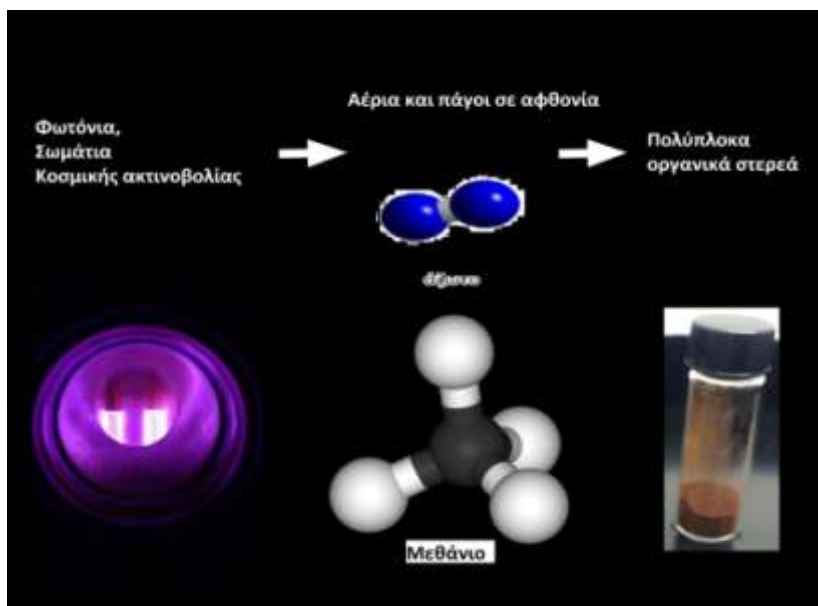
<http://www.chemspider.com/Molecular-Formula/C6H8N3>

Βρείτε ένα συντακτικό τύπο και όνομα για δύο από αυτές

.....

δ. Πόσες διαφορετικές οργανικές ενώσεις προσφέρει ο διαδικτυακός αυτός τόπος για καθένα από τους δύο χημικούς τύπους που επιλέξατε. Πως ονομάζεται το φαινόμενο να υπάρχουν διαφορετικοί συντακτικοί τύποι για ένα μοριακό τύπο;

.....



Σχήμα 4. Εργαστηριακή προσομοίωση παραγωγής θολινών.

5. Πολυμερείς ενώσεις στην ατμόσφαιρα του Τιτάνα

Πολυμερείς ονομάζονται οι ενώσεις οι οποίες συνίστανται από μεγάλο αριθμό επαναλαμβανόμενων υπομονάδων που ονομάζονται μονομερή (σχολικό βιβλίο).

α. Σύμφωνα με ορισμένους ερευνητές στην επιφάνεια του Τιτάνα ενδέχεται να επικάθονται πολυμερή που τα μονομερή τους είναι το αιθυλένιο και το προπυλένιο. Περιγράψτε τη δομή του μορίου των πολυμερών αυτών.

.....

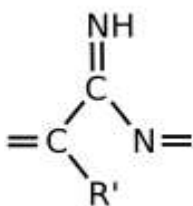
.....

.....

.....

.....

β. Για τις μεγάλης μοριακής μάζας πολυμερείς ενώσεις με το όνομα θολίνες που παρασκευάζονται όταν φωτόνια ηλιακής ακτινοβολίας ή σωματίια κοσμικής ακτινοβολίας προσπέσουν σε μόρια αζώτου και μεθανίου (Σχήμα 4) βρέθηκε ότι το μονομερές αποτελεί η ακόλουθη υποομάδα:



γ. Πόσες τέτοιες δομικές ομάδες χρειάζονται για την δημιουργία μορίων (κοιτάξτε και σχ. 3) της τάξεως 8000 Da αν η ρίζα «R'» είναι η απλούστερη δυνατή, δηλαδή μεθύλιο. Γράψτε την αλληλουχία τριών τέτοιων μονομερών

.....

.....

.....

.....

Έλεγχος και σύγκριση ακορεστότητας λιπών και ελαίων: μια εφαρμογή πειραματικών δραστηριοτήτων διερευνητικής μάθησης στη Χημεία της Β΄ Λυκείου

Μαρία Πλιάκου

Χημικός, Καλλιτεχνικό Γυμνάσιο Γέρακα με Λυκειακές Τάξεις
m_pliakou@yahoo.gr

Περίληψη

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια εφαρμογή πειραματικών δραστηριοτήτων διερευνητικής μάθησης στο μάθημα της Χημείας της Β΄ Λυκείου στο Καλλιτεχνικό Σχολείο Γέρακα. Το θέμα αφορά στον έλεγχο και στην σύγκριση της ακορεστότητας μεταξύ λιπών και ελαίων, ώστε, μεταξύ άλλων, να γίνει σύνδεση μεταξύ των λιπών και ελαίων που χρησιμοποιούνται στην καθημερινή διατροφή και τους κινδύνους υγείας που εγκυμονεί η χρήση τους. Επιχειρείται επίσης μία πιλοτική μελέτη της προσέλευσης ενδιαφέροντος των μαθητών από τη στρατηγική πειραμάτων καθοδηγούμενης διερεύνησης που ακολουθήθηκε σε σχέση με τα πειράματα του τύπου «συνταγή μαγειρικής». Όπως προκύπτει, η ενεργότερη εμπλοκή των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία, πέρα από τις πρακτικές δεξιότητες που προσφέρει και την εξοικείωση με το μεθοδολογικό πλαίσιο των Φυσικών Επιστημών, βελτιώνει τις στάσεις των μαθητών απέναντι στο μάθημα της Χημείας.

Λέξεις κλειδιά: διερευνητική μάθηση, λίπη και έλαια, ακορεστότητα

Εισαγωγή

Οι Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση συμβάλλουν στην απόκτηση γνώσεων και δεξιοτήτων και στην υιοθέτηση στάσεων που θα επιτρέψουν τον επιστημονικό εγγραμματισμό των μαθητών (Scientific Literacy), ο οποίος συμπληρώνει την πνευματική τους καλλιέργεια, βοηθά στην καλύτερη από μέρους τους κατανόηση του διαρκώς μεταβαλλόμενου κόσμου και στην αρμονικότερη ένταξή τους σ' αυτόν τόσο όσο αφορά στο κοινωνικό σύνολο όσο και στην αγορά εργασίας.

Η διερευνητική διδακτική προσέγγιση στα μαθήματα των ΦΕ φαίνεται ότι διεκδικεί μια διακριτή θέση δίπλα στα έως τώρα κυρίαρχα μοντέλα διδασκαλίας, την άμεση διδασκαλία και την καθοδηγούμενη ανακάλυψη.

Η δασκαλοκεντρική άμεση διδασκαλία (direct instruction) με τη μορφή διάλεξης, όπου ο εκπαιδευτικός καθορίζει τη γνώση που πρέπει να διδαχθεί, εξασφαλίζοντας την παροχή μεγάλου αριθμού πληροφοριών σε μικρό χρόνο, αφήνει τους μαθητές να παραμένουν παθητικοί δέκτες της γνώσης αυτής, χωρίς να εμπλέκονται ενεργά με την ίδια τους τη μάθηση (Θεοδωρόπουλος κ.ά., 2007).

Η καθοδηγούμενη ανακάλυψη (guided discovery), όπου ο εκπαιδευτικός με μια συστηματικά οργανωμένη εκ μέρους του διαδικασία και με κατάλληλα ερωτήματα ωθεί τους μαθητές να ανακαλύψουν την επιθυμητή γνώση, απαιτεί αρκετό χρόνο και κατάλληλο γνωστικό υπόβαθρο εκ μέρους των μαθητών αλλά συμβάλλει στη διατήρηση του ενδιαφέροντος των μαθητών, στην ανάπτυξη κριτικής σκέψης και στην εξοικείωση με την επιστημονική μεθοδολογία (Smith, 2002).

Η διερευνητική διδακτική προσέγγιση (inquiry based learning, IBL) είναι μια μαθητοκεντρική μέθοδος (Dozier & Maab, 2012) κατά την οποία οι μαθητές παρατηρούν φαινόμενα, διερευνούν καταστάσεις, αναπτύσσουν στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων, θέτουν ερωτήματα, αναζητούν επιστημονικούς τρόπους για να απαντήσουν στα ερωτήματα αυτά (όπως διεξαγωγή πειραμάτων, έλεγχος μεταβλητών, διατύπωση εναλλακτικών λύσεων), διατυπώνουν και τεκμηριώνουν εξηγήσεις βασισμένοι σε αποδεικτικά στοιχεία, αξιολογούν και ερμηνεύουν λύσεις και επικοινωνούν τα επιχειρήματα με ομότιμους τους (Linn et al, 2004). Με τον τρόπο αυτό δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να βιώσουν τη διαδικασία δημιουργίας της γνώσης, προετοιμαζόμενοι για τη δια βίου μάθηση. Η διαδικασία βοηθά στην ανάπτυξη κριτικής σκέψης, στην ικανότητα για ανεξάρτητη έρευνα και για αυτοκατευθυνόμενη μάθηση και τελικά στην πνευματική ανάπτυξη και ωριμότητα (Spronken-Smith, 2008). Ο ρόλος του εκπαιδευτικού στην διαδικασία της διερευνητικής μάθησης είναι

υποστηρικτικός και διευκολυντικός έτσι ώστε να βοηθήσει τους μαθητές να εμπλακούν ενεργά στην ανακάλυψη της πληροφορίας και της επιστημονικής γνώσης.

Η διερευνητική προσέγγιση μπορεί να διακριθεί σε *δομημένη διερεύνηση (Structural Inquiry)*, *καθοδηγούμενη διερεύνηση (Guided Inquiry)* και *ανοικτή διερεύνηση (Open Inquiry)*. Στις δύο πρώτες ο εκπαιδευτικός παρέχει στους μαθητές το προς διερεύνηση πρόβλημα ή ερώτημα δίνοντας (στην πρώτη) ή όχι (στη δεύτερη) τις μεθόδους και τις στρατηγικές επίλυσης, ενώ στην τρίτη περίπτωση τόσο το πρόβλημα όσο και οι μέθοδοι επίλυσής του τίθενται από τους μαθητές (Kremer & Schlüter, 2006; Bruder & Prescott, 2013). Σχετικές έρευνες υποδεικνύουν ότι η καθοδηγούμενη διερεύνηση αποφέρει σημαντικά οφέλη τόσο ως προς το περιεχόμενο όσο και ως προς τη διαδικασία της διδασκαλίας στις ΦΕ (Bruder & Prescott, 2013).

Μεγάλος αριθμός εργασιών ερευνά επίσης την αποτελεσματικότητα της εργαστηριακής άσκησης κατά την διδασκαλία των ΦΕ για την επίτευξη γνωστικών, συναισθηματικών και ψυχοκινητικών στόχων (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007). Αρκετοί ερευνητές θεωρούν το πείραμα οργανικό και αναπόσπαστο μέρος του μαθήματος καθώς και ένα ισχυρό μεθοδολογικό εργαλείο για την μετάβαση από την καθημερινή πρακτικο-βιοματική στη συγκροτημένη επιστημονική γνώση. Η πειραματική διαδικασία παράγει και βελτιώνει το πλέγμα των εννοιών και αρχών που συγκροτούν τις ΦΕ και στοχεύουν στην ερμηνεία του φυσικού κόσμου (Κολιόπουλος κ.ά., 2000; Χαλκιά, 2000).

Αποβλέποντας στην αποδοτικότερη ένταξη των πειραματικών διαδικασιών στη διδασκαλία των ΦΕ σχεδιάστηκε και πραγματοποιήθηκε διδακτική παρέμβαση με εφαρμογή καθοδηγούμενης διερεύνησης σε μαθητές της Β΄ τάξης Λυκείου στο μάθημα της Χημείας με θέμα τα λίπη και τα έλαια της διατροφής, η οποία και θα περιγραφεί στη συνέχεια. Η παρούσα μελέτη έχει ως βασικό σκοπό να διερευνήσει αν η εφαρμογή καινοτόμων διδακτικών πρακτικών στην πειραματική διαδικασία μπορεί να αποβεί σε όφελος των μαθητών, κεντρίζοντας το ενδιαφέρον τους και δίνοντάς τους κίνητρα για ενεργό εμπλοκή και ομαδοσυνεργατικότητα.

Περιγραφή διδακτικής παρέμβασης

Η διδακτική παρέμβαση εφαρμόστηκε σε τμήμα της Β΄ Λυκείου του Καλλιτεχνικού σχολείου Γέρακα στο μάθημα της Χημείας Γενικής Παιδείας για δύο συνεχόμενες διδακτικές ώρες. Συμμετείχαν 22 μαθητές, εκ των οποίων οι 9 παρακολουθούσαν μαθήματα θετικών σπουδών και οι 13 μαθήματα θεωρητικών σπουδών.

Οι δραστηριότητες αφορούσαν στον έλεγχο και την σύγκριση της ακορεστότητας λιπών και ελαίων ενώ όλη η διδακτική παρέμβαση εντάχθηκε στο πλαίσιο του διεθνούς ερευνητικού προγράμματος MASCIL (Mathematics and Science for Life) το οποίο έχει ως στόχο την προώθηση της διερευνητικής διδασκαλίας και μάθησης στα Μαθηματικά και τις ΦΕ, με τρόπους που συνδέονται με το χώρο εργασίας.

Οι μαθητές εργάστηκαν σε τέσσερις ομάδες των 5-6 ατόμων στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών με τη βοήθεια φύλλων εργασίας, τα οποία και αξιολογήθηκαν. Η όλη διαδικασία ηχογραφήθηκε και βιντεοσκοπήθηκε, με την έγγραφη συναίνεση των γονέων των μαθητών. Τέλος στους μαθητές δόθηκε ερωτηματολόγιο με ερωτήσεις κλειστού και ανοικτού τύπου μετά το πέρας της διαδικασίας για την αξιολόγηση της διδακτικής παρέμβασης.

Η εφαρμογή επιχειρήθηκε να συνδεθεί με το αντίστοιχο πρόγραμμα σπουδών της Χημείας Β΄ τάξης του Γενικού Λυκείου, λαμβάνοντας υπόψη ότι σε αυτό προβλέπεται: η διδασκαλία των αντιδράσεων προσθήκης σε ακόρεστες ενώσεις και η χρήση τους ως απλού εργαστηριακού τρόπου ελέγχου της ακορεστότητας, η διδασκαλία των λιπών και των ελαίων και ο βιολογικός τους ρόλος, και η διδασκαλία των καρβοξυλικών οξέων (Λιοδάκης κ.ά., 2014).

Οι στρατηγικές διδασκαλίας που ακολουθήθηκαν στη διερευνητική προσέγγιση ήταν:

- 1) Ενθάρρυνση των μαθητών κατά το αρχικό στάδιο εμπλοκής με τη δραστηριότητα να ασχοληθούν μόνοι τους με το πρόβλημα χωρίς να ζητούν την βοήθεια του διδάσκοντα.
- 2) Παρότρυνση να σκεφτούν εναλλακτικούς τρόπους επίλυσης, συγκρίνοντας τα επιμέρους αποτελέσματα.
- 3) Προτροπή να αναπτύσσουν τις σκέψεις τους και να τις επεξηγούν στα υπόλοιπα μέλη της ομάδας.
- 4) Ανάδειξη των κύριων σημείων της σκέψης των μαθητών, γεγονός που μπορεί να προβληματίζει γόνιμα μαθητές άλλων ομάδων.

Διδακτικοί στόχοι

Οι διδακτικοί στόχοι που τέθηκαν ήταν τόσο γενικοί όσο και ειδικοί.

Οι γενικοί στόχοι αφορούσαν σε στάσεις, δεξιότητες και αξίες. Συγκεκριμένα στην:

- α) καλλιέργεια διερευνητικής σκέψης και ικανότητας για λογική αντιμετώπιση καταστάσεων
- β) εξοικείωση με τον επιστημονικό τρόπο σκέψης και την εφαρμογή της επιστημονικής γνώσης στην καθημερινή ζωή και στο χώρο εργασίας
- γ) ενίσχυση της συνεργασίας και επικοινωνίας μεταξύ των μαθητών με την εργασία σε ομάδες, την ανάθεση ρόλων και τον καταμερισμό εργασιών από τα ίδια τα μέλη της ομάδας
- δ) ανάληψη ευθυνών και πρωτοβουλιών ώστε το έργο να ολοκληρωθεί μέσα στα διαθέσιμα χρονικά όρια
- ε) προετοιμασία για ενεργητική συμμετοχή στο σύγχρονο κόσμο.

Οι ειδικοί στόχοι αφορούσαν στο γνωστικό τομέα. Επιδιώχθηκε στο τέλος της πειραματικής διαδικασίας οι μαθητές να μπορούν:

- α) να αναγνωρίζουν ότι στα έλαια που χρησιμοποιούμε στην διατροφή μας περιέχονται ακόρεστα λιπαρά οξέα
- β) να διαπιστώνουν και να ελέγχουν τον ακόρεστο χαρακτήρα (την ακορεστότητα) ενός ελαίου με τη χρήση διαλύματος προσθήκης (Betadine)
- γ) να συσχετίζουν το πλήθος των διπλών δεσμών σε ένα μόριο λίπους/ελαίου με το βαθμό κορεσμού του
- δ) να συγκρίνουν το βαθμό ακορεστότητας του ελαιολάδου και ενός άλλου σπορελαίου
- ε) να συμπληρώνουν αντιδράσεις προσθήκης σε ενώσεις με έναν ή περισσότερους διπλούς δεσμούς
- στ) να ελέγχουν την περίσσεια ενός αντιδρώντος (I_2) από τον αποχρωματισμό του ελαίου
- ζ) να ενημερωθούν για την προέλευση των ω -3 και ω -6 λιπαρών οξέων.

Στόχοι για τον εκπαιδευτικό: Εφαρμογή στην τάξη του διερευνητικού τρόπου μάθησης-Σύνδεση γνωστικών αντικειμένων με το χώρο εργασίας και την καθημερινή ζωή-Επαγγελματική εξέλιξη μέσω καινοτόμων διδακτικών μεθόδων.

Κατά τον σχεδιασμό της παρέμβασης ελήφθησαν υπόψη οι προαπαιτούμενες γνώσεις των μαθητών (αντιδράσεις εστεροποίησης και υδρόλυσης, φυσιολογικός ρόλος των λιπιδίων, αντιδράσεις προσθήκης σε ακόρεστες ενώσεις, ανίχνευση διπλού δεσμού) καθώς και οι εναλλακτικές τους ιδέες (π.χ. μια ποσότητα ακόρεστης ένωσης μπορεί να αποχρωματίσει οποιαδήποτε ποσότητα ιωδίου, καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών δεν κατανοεί ότι στις χημικές αντιδράσεις οι μάζες των αντιδρώντων συμμετέχουν σε συγκεκριμένη αναλογία) (Driver et al, 2000).

Εισαγωγή στην προβληματική κατάσταση

Ως εισαγωγή πραγματοποιήθηκε ψηφιακή παρουσίαση προκειμένου να οριοθετηθεί το βασικό εννοιολογικό πλαίσιο της νέας γνώσης. Συζητήθηκαν θέματα που αφορούν στο ρόλο της διατροφής, ως σύγχρονου περιβαλλοντικού παράγοντα μείζονος σημασίας στην υγεία, δεδομένου ότι οι άνθρωποι ζουν σήμερα σε ένα διατροφικό περιβάλλον που διαφέρει από εκείνο για το οποίο είναι γενετικά προσαρμοσμένοι. Δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στο ρόλο των λιπιδίων της διατροφής, υπογραμμίστηκε η παρουσία των λιπιδίων σε είδη διατροφής φυτικής και ζωικής προέλευσης και συσχετίστηκε η φυσική κατάσταση των τελευταίων (στερεή ή υγρή) με τον βαθμό κορεσμού των περιεχόμενων σε αυτά λιπαρών οξέων. Τέλος υπογραμμίστηκαν οι διακριτοί ρόλοι των κορεσμένων, μονοακόρεστων, πολυακόρεστων (ιδιαίτερα των ω -3 και ω -6) και των trans λιπαρών οξέων στον ανθρώπινο οργανισμό καθώς και τα οφέλη ή/και οι κίνδυνοι από την πρόσληψή τους. Αναφέρθηκαν οι συστάσεις του παγκόσμιου οργανισμού υγείας (WHO) για το ποσοστό της ημερήσιας ενέργειας που ενδείκνυται να προέρχεται από κάθε κατηγορία λιπιδίων (chem.uoa., 2007; Simopoulos, 1991, 1999; Δημόπουλος & Ανδρικόπουλος, 1996).

Στη συνέχεια δόθηκε στους μαθητές φύλλο εργασίας (βλ. Παράρτημα) στο οποίο γινόταν αναφορά στον τρόπο ανίχνευσης διπλού δεσμού μεταξύ ατόμων άνθρακα με τον αποχρωματισμό, μετά από θέρμανση, διαλύματος Betadine (amrita.edu., 2008; March, 1977).

Το ερώτημα που κλήθηκαν να πραγματευτούν οι μαθητές ήταν το εξής:

Καλείστε ως ομάδα εργασίας ενός χημικού εργαστηρίου ελέγχου ποιότητας τροφίμων:

- α) να σχεδιάσετε πειράματα:

i) για να ελέγξετε την ακορεστότητα του ελαιολάδου, που είναι το λάδι που κυρίως χρησιμοποιείται στη μεσογειακή διατροφή, καθώς και άλλων λιπαρών ουσιών που συνήθως καταναλώνετε. Ενδεικτικά προτείνονται: ηλιέλαιο, σογιέλαιο, καλαμποκέλαιο, σησαμέλαιο, μουρουνέλαιο, ζωικό λίπος (λιωμένο), μαργαρίνη.

ii) για να συγκρίνετε το βαθμό κορεσμού των ελαίων που ελέγχετε και να τα κατατάξετε. Ενδεικτικά προτείνεται σύγκριση ακορεστότητας του ελαιόλαδου και του ηλιέλαιου.

β) να πραγματοποιήσετε τα πειράματα που σχεδιάσατε, αφού πάρετε υπόψη ότι για την πραγματοποίηση της αντίδρασης ανίχνευσης διπλού δεσμού μεταξύ ατόμων άνθρακα απαιτείται θέρμανση του διαλύματος.

γ) Με βάση τα δεδομένα που συλλέξατε από το σχεδιασμό και την εκτέλεση των πειραμάτων, ποια λίπη και έλαια θα συνιστούσατε για μια υγιεινή διατροφή και με ποια επιχειρήματα θα υποστηρίζατε τη σύστασή σας;

Πώς οι μαθητές διαχειρίστηκαν την προβληματική κατάσταση

Οι μαθητές κάθε ομάδας εργάστηκαν ως ερευνητές εργαστηρίου χημείας τροφίμων, όπου έπρεπε οι ίδιοι να μοιράσουν και να αναλάβουν ρόλους εργασίας. Στο τέλος έγινε η ανακοίνωση των αποτελεσμάτων της διερεύνησης από εκπρόσωπο/-ους κάθε ομάδας στην ολομέλεια της τάξης. Σε όλη τη διαδικασία ο εκπαιδευτικός ανέλαβε ρόλο συντονιστή και εμπνευστή.

Ανίχνευση διπλού δεσμού

Αρχικά οι μαθητές ανέμιξαν τυχαίες ποσότητες ελαίων και Betadine και δεν παρατηρήθηκε αποχρωματισμός. Η προσθήκη περίσσειας ιωδίου στα ακόρεστα έλαια τους εμπόδισε να παρατηρήσουν ότι κάποια αρχική του ποσότητα αποχρωματίστηκε. Για το λόγο αυτό καθοδηγήθηκαν να είναι προσεκτικοί με την χρησιμοποιούμενη ποσότητα ιωδίου. Τέθηκε ο προβληματισμός για τις αναγκαίες ποσότητες των αντιδρώντων (πόσα mL ή πόσες σταγόνες ελαιολάδου ή/και Betadine πρέπει να χρησιμοποιήσουν στην πειραματική διαδικασία) καθώς και για τη σειρά ανάμιξής τους (θα προσθέσουν Betadine στο έλαιο ή το αντίστροφο). Τρεις από τις τέσσερις ομάδες αποφάσισαν να μετρούν την ποσότητα του ιωδίου σε σταγόνες και του ελαίου σε mL. Για τη σειρά ανάμιξης επέλεξαν είτε ταυτόχρονη προσθήκη ελαίου και Betadine σε δοκιμαστικούς σωλήνες είτε σταδιακή προσθήκη σταγόνων Betadine στο έλαιο.

Τελικά μετά από δοκιμές η 1^η ομάδα κατέληξε στη χρησιμοποίηση 2 mL ελαίου και σταδιακή προσθήκη σε αυτό σταγόνων Betadine. Η 2^η ομάδα χρησιμοποίησε περίπου ίδια ποσότητα (2 mL) ελαιολάδου, ηλιελαίου, αραβοσιτελαίου και λιωμένου βουτύρου και ακριβώς μία σταγόνα Betadine για να πραγματοποιήσει ταυτόχρονα με τον έλεγχο και τη σύγκριση της ακορεστότητας των ελαίων. Η 3^η ομάδα μετά από πολλές προσπάθειες κατέληξε σε 9 mL ελαιολάδου, ηλιελαίου και λιωμένης μαργαρίνης και 9 σταγόνες Betadine στο καθένα. Η 4^η ομάδα χρησιμοποίησε 4 mL ελαιολάδου και 1 mL Betadine.

Τους μαθητές προβληματίσε επίσης η χρονική στιγμή έναρξης της θέρμανσης (πριν ή μετά την προσθήκη ιωδίου) αλλά και ο τρόπος θέρμανσης. Αφού ενημερώθηκαν ότι η αντίδραση ανίχνευσης διπλού δεσμού είναι ενδόθερμη επέλεξαν η θέρμανση να πραγματοποιηθεί μετά την προσθήκη ιωδίου. Ως μέθοδος θέρμανσης επιλέχθηκε το υδατόλουτρο συγκεκριμένης θερμοκρασίας. Η 1^η ομάδα χρησιμοποίησε παράλληλα και ένα μείγμα αντιδρώντων χωρίς να το θερμάνει για να ελέγξει το ρόλο της παροχής θερμότητας. Δεν παρατηρήθηκε αποχρωματισμός σε αυτή την περίπτωση.

Έλεγχος και σύγκριση ακορεστότητας

Οι μαθητές διαπίστωσαν ότι περισσότερο ακόρεστο είναι το έλαιο του οποίου συγκεκριμένη ποσότητα αποχρωματίζει περισσότερες σταγόνες Betadine, υποθέτοντας ότι έχει περισσότερους διπλούς δεσμούς. Η 1^η ομάδα επανέλαβε τη διαδικασία που ακολούθησε στο ελαιόλαδο και στο ηλιέλαιο: χρησιμοποίησε 2 mL ηλιελαίου και σταδιακή προσθήκη σε αυτό σταγόνων Betadine. Η σύγκριση του αριθμού των σταγόνων που καταναλώθηκαν στα δύο έλαια υπέδειξε στους μαθητές ότι μάλλον στο ηλιέλαιο υπάρχει περίπου διπλάσιος αριθμός διπλών δεσμών από ό,τι στο ελαιόλαδο. Για τη 2^η ομάδα η μια σταγόνα Betadine αποχρωματίστηκε τελείως στο αραβοσιτέλαιο, και τους οδήγησε στο συμπέρασμα ότι αυτό είναι το πλέον ακόρεστο (περισσότεροι διπλοί δεσμοί). Στο ελαιόλαδο ο αποχρωματισμός δεν ήταν πλήρης. Στο βούτυρο παρατηρήθηκε μερικός αποχρωματισμός, επομένως συμπεράναν ότι περιέχει και ακόρεστα λιπαρά μαζί με τα κορεσμένα που υπάρχουν στα (στερεά) λίπη. Τα μέλη της 3^{ης} ομάδας σκέφτηκαν ως εξής: Το ηλιέλαιο είναι περισσότερο ακόρεστο του

ελαιολάδου (πλήρης αποχρωματισμός), ενώ η μαργαρίνη κορεσμένη (το χρώμα του ιωδίου παρέμεινε, άρα αυτή περιέχει μόνο κορεσμένα λιπαρά). Στο ηλιέλαιο προστέθηκαν σταδιακά και άλλες σταγόνες Betadine μέχρι να μην αποχρωματίζεται. Επομένως το ηλιέλαιο έχει περισσότερους διπλούς δεσμούς από το ελαιολάδο. Οι μαθητές της 4^{ης} ομάδας χρησιμοποίησαν 4 mL ελαιολάδου και ηλιελαίου και 1 mL Betadine. Μέτρησαν το χρόνο θέρμανσης ώστε να είναι ο ίδιος και συμπέραναν ότι το ηλιέλαιο είναι πιο ακόρεστο αφού αποχρωματίστηκε πλήρως. Ανέμειξαν στην συνέχεια τυχαία ποσότητα βουτύρου με λίγο Betadine και παρατήρησαν αποχρωματισμό. Επίσης ήταν η μόνη ομάδα που έφερε μουρουνέλαιο και διαπίστωσε την ακορεστότητα των περιεχόμενων σε αυτό λιπαρών οξέων, αλλά δεν συνέκρινε την ακορεστότητα των δύο τελευταίων με τα δύο πρώτα.

Κατά τη σύγκριση της ακορεστότητας τρεις ομάδες προβληματίστηκαν για τη χρονική διάρκεια της θέρμανσης (ίσοι χρόνοι παραμονής στο υδατόλουτρο για όλα τα πειράματα ή μέχρι να συμβεί αποχρωματισμός;) Κατά την παρουσίαση των αποτελεσμάτων η 2^η ομάδα διατύπωσε την άποψη ότι τα αποτελέσματα μπορεί να μην είναι απόλυτα συγκρίσιμα γιατί δε μέτρησαν το χρόνο παραμονής των δοκιμαστικών σωλήνων στο υδατόλουτρο. Αν ο χρόνος θέρμανσης ήταν ίδιος ίσως τα συμπεράσματα να ήταν ακριβέστερα. Στην 3^η ομάδα επανέλαβαν την πειραματική διαδικασία για να συγκρίνουν τα αποτελέσματα. Τοποθέτησαν ταυτόχρονα στο υδατόλουτρο τους δοκιμαστικούς σωλήνες και στην δεύτερη επανάληψη παρατήρησαν ότι το περισσότερο ακόρεστο (ηλιέλαιο) αποχρωματίστηκε σε μικρότερο χρόνο. Δεν δόθηκε κάποια ερμηνεία για το γεγονός αυτό. Στην 4^η ομάδα κατά την σύγκριση ελαιολάδου και ηλιελαίου μέτρησαν το χρόνο θέρμανσης ώστε να είναι ο ίδιος.

Αποτελέσματα της διερεύνησης των μαθητών

Τα αποτελέσματα της διερεύνησης των τεσσάρων ομάδων καταγράφηκαν στις απαντήσεις των μαθητών στα φύλλα εργασίας, στην ανακοίνωση των πορισμάτων από εκπρόσωπο της κάθε ομάδας στην ολομέλεια της τάξης καθώς και από την παρατήρηση των ομάδων στη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας από την επιβλέπουσα εκπαιδευτικό.

Και οι τέσσερις ομάδες διαπίστωσαν ότι σε λίπη/έλαια που χρησιμοποιούμε στην διατροφή μας (ελαιολάδο, ηλιέλαιο, αραβοσιτέλαιο, βούτυρο, μαργαρίνη) περιέχονται ακόρεστες ενώσεις, εφόσον αυτά αποχρωματίζουν το διάλυμα ιωδίου.

Τρεις ομάδες (1^η, 2^η και 3^η) συσχέτισαν το βαθμό ακορεστότητας με το πλήθος των διπλών δεσμών. Συγκεκριμένα συμπέραναν ότι περισσότερο ακόρεστο είναι αυτό που αποχρωματίζει περισσότερες σταγόνες Betadine, γιατί έχει περισσότερους διπλούς δεσμούς.

Και οι τέσσερις ομάδες σύγκριναν ως προς την ακορεστότητα δύο τουλάχιστον λίπη/έλαια.

Δύο ομάδες κατά την παρουσίαση στην ολομέλεια αναφέρθηκαν στην στοιχειομετρία της αντίδρασης προσθήκης ερμηνεύοντας τα συμπεράσματά τους.

Όλες οι ομάδες έλεγξαν την περίσσεια του ιωδίου από τον αποχρωματισμό του ελαίου, γεγονός που τους οδήγησε στην διαδικασία δοκιμών προκειμένου να αποφασίσουν για τις ποσότητες των αντιδρώντων που θα χρησιμοποιηθούν.

Αποτίμηση της διδακτικής παρέμβασης

Στη διαδικασία που ακολουθήθηκε προτεραιότητα είχε η εμπλοκή των μαθητών στην διαδικασία και λιγότερο η κάλυψη ύλης. Διαπιστώθηκε ότι είναι δύσκολο να οριοθετηθούν χρονικά οι δραστηριότητες, καθώς ο ρυθμός της διαδικασίας καθορίζεται από παράγοντες που δεν ελέγχονται κατά κύριο λόγο από τον διδάσκοντα, αλλά από τις δράσεις των μαθητών. Από την άλλη, η εργαστηριακή διερευνητική προσέγγιση του προβλήματος ενεργοποίησε ακόμη και μαθητές που είναι συνήθως αδιάφοροι προς το μάθημα της Χημείας.

Στη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης χρειάστηκε να γίνει από τον διδάσκοντα διαχείριση συζητήσεων τόσο σε μικρές ομάδες μαθητών όσο και στην ολομέλεια της τάξης. Στις πρώτες αυτό έγινε για να ενθαρρύνει ο διδάσκων τους μαθητές να «διδασχθούν» από τις λανθασμένες κινήσεις τους, να εκφράσουν διαφορετικές οπτικές για το ίδιο θέμα και να επαναλάβουν το πείραμα διορθώνοντας τα λάθη τους. Ο διδάσκων απέφυγε να τους υποδείξει τρόπο εργασίας, απλώς έγινε προσπάθεια να αναδειχθούν οι επιτυχημένες πρακτικές τους.

Από τις απαντήσεις των μαθητών στις ανοιχτές ερωτήσεις του ερωτηματολογίου, το οποίο συμπλήρωσαν μετά την ολοκλήρωση της δραστηριότητας, προέκυψαν διάφορα ευρήματα. Στους μαθητές άρεσαν ιδιαίτερα: η εργασία σε ομάδες, η συνεργασία, «το κλίμα που επικρατούσε στην

αίθουσα», η χρησιμοποίηση αυθεντικών εργαλείων για τη διεξαγωγή του πειράματος. το ίδιο το πείραμα με τις αλλαγές των χρωμάτων, η διαπίστωση των λαθών και η απόφαση να αντιμετωπίσουν τις δυσκολίες. Όπως έγραψαν:

«Μου άρεσε το ότι όλοι ήμασταν ενεργοί στο μάθημα»,

«Συνεργαστήκαμε και δραστηριοποιηθήκαμε στο μάθημα της Χημείας αν και άλλες φορές δεν προσέχω και δεν προσπαθώ»,

«Μου άρεσε που βλέπαμε αντιδράσεις στους δοκιμαστικούς σωλήνες, που διορθώσαμε τα αρχικά μας λάθη και είδαμε το αποτέλεσμα που έπρεπε να βγει».

«Με ενδιαφέρει πιο πολύ τώρα η Χημεία».

Μολονότι η πλειονότητα των μαθητών δεν αναγνώρισε κάτι αρνητικό, από κάποιους έγιναν επισημάνσεις για την επάρκεια του χρόνου που διατέθηκε (2 συνεχόμενες διδακτικές ώρες) και για κάποιες δυσκολίες που προέκυψαν στην συνεργασία με άτομα που δεν ήταν πρόθυμα να εμπλακούν στην δραστηριότητα.

Συμπεράσματα

Η διερευνητική διδακτική προσέγγιση, σε αντικατάσταση παραδοσιακών διδακτικών μεθόδων, όπου μαθητές συνεργάζονται σε μικρές ομάδες τεσσάρων ή πέντε ατόμων, για να πραγματοποιήσουν μια ανατεθείσα κοινή εργασία σε πειραματικό επίπεδο, μπορεί υπό προϋποθέσεις να αξιοποιηθεί στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Η συζήτηση ανάμεσα σε άτομα μίας ομάδας αλλά και μεταξύ των ομάδων κατά τη διάρκεια της εργαστηριακής δραστηριότητας ανέδειξε προβληματισμούς για το σχεδιασμό των πειραμάτων και για την αποτίμηση των παραχθέντων αποτελεσμάτων σε σχέση με αυτούς που προκύπτουν συνήθως σε πειράματα του τύπου «συνταγή μαγειρικής».

Ενώ παρουσιάστηκαν δυσκολίες στους μαθητές σχετικά με την εφαρμογή προηγούμενης γνώσης σε πραγματικό πρόβλημα καθώς και διερεύνησης ενός προβλήματος, αυτοί συμμετείχαν περισσότερο από ό,τι σε ένα παραδοσιακό μάθημα και λειτούργησαν με καλύτερο τρόπο όταν συνεργάστηκαν για να διερευνήσουν ένα ερώτημα. Σύμφωνα με έναν μαθητή: «Βοηθώντας ο ένας τον άλλον και κατανοώντας ο καθένας ξεχωριστά, ικανοποιηθήκαμε που μπορέσαμε να ανταπεξέλθουμε σε αποστολές, να διορθώσουμε τα λάθη μας και να βγάλουμε ανακοινώσιμα αποτελέσματα».

Αν και αυτός ο τύπος εργαστηριακής εργασίας είναι χρονοβόρος συγκρινόμενος με τα παραδοσιακά εργαστήρια επίδειξης ή εκτέλεσης οδηγιών υπό μορφή «συνταγής», οι μαθητές αρέσκονται να συμμετέχουν γεγονός που αν αξιοποιηθεί κατάλληλα από το διδάσκοντα μπορεί ενδεχομένως να βελτιώσει το μαθησιακό αποτέλεσμα.

Επίσης, η διαδικασία ανταλλαγής απόψεων μεταξύ μαθητών σε ένα κλίμα τάξης που διαφοροποιείται από το συνηθισμένο, δίνει τη δυνατότητα στο διδάσκοντα να διαπιστώσει τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών που τους οδηγούν σε παρανοήσεις δίνοντάς του τη δυνατότητα αποτελεσματικότερης διδακτικής παρέμβασης.

Αναφορές

- Bruder, R. & Prescott, A. (2013). Research evidence on the benefits of IBL. *ZDM Mathematics Education* 45, 811–822.
- Dorier, J. L., & Maab, K. (2012). Inquiry-based mathematics education. In S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of mathematics education*. Heidelberg: Springer. Retrieved May 20, 2015, from <http://www.springerreference.com/index/chapterdbid/335725>.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V., (2000). *Οικοδομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών, Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών*. Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Hofstein, A., & Mamlok-Naaman, R. (2007). The laboratory in science education: The state of the art. *Chemistry Education Research and Practice*, 8, 105-107.
- Kremer, A., & Schlüter, K. (2006). Analyse von Gruppensituationen beim forschend entdeckenden Lernen. Ergebnisse einer ersten Studie. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 5, 145–156.
- Linn, M.C., Davis E.A. & Bell, P.L. (2004). Inquiry and Technology. In M.C. Linn, E.A. Davis & P.L. Bell (Eds.), *Internet environments for science education*. (pp 3-27). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- March, J. (1977). *Advanced organic chemistry*. Tokyo: McGraw-Hill.
- Simopoulos, A.P. (1991). Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *Am J Clin Nutr*, 54, 438–63.
- Simopoulos, A.P. (1999). Essential fatty acids in health and chronic disease. *Am. J. Clin. Nutr.*, 70, 560-569.

- Smith, M.K. (2002) 'Jerome S. Bruner and the process of education'. *The encyclopedia of informal education*. Retrieved: December, 21, 2015, from <http://infed.org/mobi/jerome-bruner-and-the-process-of-education/>
- Spronken-Smith, R. (2008). Experiencing the process of knowledge creation: The nature and use of inquiry-based learning in higher education. *Journal of Geography in Higher Education*, 2, 183–201.
- vlab.amrita.edu. (2011). Estimation of Iodine Value of Fats and Oils. <http://vlab.amrita.edu/?sub=3&brch=63&sim=1111&cnt=6>. Ημερομηνία προσπέλασης: 8 Ιανουαρίου 2015.
- Δημόπουλος, Κ.Α., Ανδρικόπουλος, Ν.Κ. (1996). *Διατροφή*. Αθήνα: Α. Μπιστικέας, Παραδόσεις Διατροφής στο Τμήμα Χημείας του Πανεπιστημίου Αθηνών. Ανακτήθηκε από http://www.chem.uoa.gr/courses/Undergraduate/Diatrofi/Post_Diatrofi.htm). Ημερομηνία προσπέλασης: 2 Ιανουαρίου 2015
- Η χημική ένωση του μήνα (2007). http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem_omegaFA.htm. Ημερομηνία προσπέλασης: 10 Φεβρουαρίου 2015
- Θεοδωρόπουλος, Π., Παπαθεοφάνους, Π. & Σιδέρη, Φ. (2007). *Χημεία Γ' Γυμνασίου. Βιβλίο εκπαιδευτικού*. Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Κολιόπουλος, Δ., Κουλαϊδής, Β., Τσατσαρώνη, Α., Χατζηνικήτα, Β., Χρηστίδου, Β., & Ogborn, J. κ.ά. (2000). *Διδακτική των φυσικών επιστημών*. (Τόμ, 2). Πάτρα: ΕΑΠ.
- Λιοδάκης, Σ., Γάκης, Δ., Θεοδωρόπουλος, Δ., Θεοδωρόπουλος, Π., Κάλλης, Α. (2014). *Χημεία Β' Λυκείου Γενικής Παιδείας*. Αθήνα: ΙΤΥΕ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ».
- Χαλκιά, Κ. (2000). Το πείραμα στο μάθημα της Φυσικής: Σχολιασμός και επισημάνσεις για το ρόλο και τη σημασία του. *Εκπαιδευτικές προσεγγίσεις για τις Φυσικές Επιστήμες*, 6, 12-18.

Παράρτημα

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Έλεγχος και σύγκριση ακορεστότητας λιπών και ελαίων: Ποια λιπαρά είναι υγιεινότερα;

Πρόβλημα: Θέλετε να διαπιστώσετε αν τα λάδια και τα λίπη που χρησιμοποιείτε στην καθημερινή σας διατροφή ή αυτά που έχετε ακούσει ότι πρέπει να καταναλώνονται, είναι υγιεινά.

- Γνωρίζετε από το μάθημα της Χημείας και της Βιολογίας ότι όσο περισσότερο ακόρεστη είναι μια λιπαρή ουσία τόσο υγιεινότερη είναι για τη διατροφή.
- Στο μάθημα της Χημείας έχετε διδαχθεί ότι η ύπαρξη διπλού δεσμού μεταξύ των ανθράκων μπορεί να ανιχνευθεί με μια αντίδραση προσθήκης. Για παράδειγμα προσθήκη του καστανέρυθρου διαλύματος βρωμίου Br_2 διαλυμένου σε τετραχλωράνθρακα CCl_4 (προσθήκη αλογόνου) που οδηγεί σε αποχρωματισμό του διαλύματος βρωμίου.

Χημική εξίσωση της αντίδρασης:



Όμως το βρώμιο είναι ένα αντιδραστήριο που δεν υπάρχει στο σχολικό σας εργαστήριο.

Αντίθετα το ιώδιο (I_2)

- ✓ ανήκει και αυτό στα αλογόνα,
- ✓ έχει ιώδες χρώμα ως μόριο και άχρωμο στις ενώσεις προσθήκης,
- ✓ είναι άμεσα διαθέσιμο είτε ως βάμμα του ιωδίου είτε ως διάλυμα Betadine (και τα δύο μπορείτε να τα προμηθευθείτε από το φαρμακείο της γειτονιάς σας ή υπάρχουν στο φαρμακείο του σπιτιού σας).

Στο σχολικό εργαστήριο διαθέτουμε:

Όργανα – Συσκευές

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ Δοκιμαστικοί σωλήνες ➤ Ξύλινη λαβίδα ➤ Σταγονόμετρο ➤ Γυάλινη ράβδος ➤ Λύχνος Bunsen ➤ Χωνιά | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Τρίποδας ➤ Συρμάτινο πλέγμα ➤ Ποτήρια ζέσης ➤ Ογκομετρικοί κύλινδροι ➤ Ηλεκτρικές εστίες |
|---|--|

Διερεύνηση

Καλείστε ως ομάδα εργασίας ενός χημικού εργαστηρίου ελέγχου ποιότητας τροφίμων:

α) να **σχεδιάσετε πειράματα:**

- iii) για να ελέγξετε την ακορεστότητα του ελαιολάδου, που είναι το λάδι που κυρίως χρησιμοποιείται στη μεσογειακή διατροφή καθώς και άλλων λιπαρών ουσιών που συνήθως

καταναλώνετε. Ενδεικτικά προτείνονται: ηλιέλαιο, σογιέλαιο, καλαμποκέλαιο, σησαμέλαιο, μουρουνέλαιο, ζωικό λίπος (λιωμένο), μαργαρίνη.

iv) για να συγκρίνετε το βαθμό κορεσμού των ελαίων που ελέγχετε και να τα κατατάξετε. Ενδεικτικά προτείνεται σύγκριση ακορεστότητας ελαιόλαδου και ηλιέλαιου.

β) **να πραγματοποιήσετε τα πειράματα** που σχεδιάσατε αφού πάρετε υπόψη ότι για την πραγματοποίηση της αντίδρασης αντίχυνσης διπλού δεσμού απαιτείται θέρμανση.

γ) Με βάση τα δεδομένα που συλλέξατε από το σχεδιασμό και την εκτέλεση των πειραμάτων, ποια λίπη και έλαια θα συνιστούσατε για μια υγιεινή διατροφή και με ποια επιχειρήματα θα υποστηρίζατε την πρότασή σας;

Παρασκευή-αραίωση διαλυμάτων: μελέτη περίπτωσης σύγκρισης εικονικού και πραγματικού πειράματος στη Χημεία της Α' Λυκείου

Νικόλαος Κ. Σταμάτης

Χημικός (PhD, MSc), Γενικό Λύκειο Ευηνοχωρίου

nstamat@teimes.gr

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία γίνεται προσπάθεια σύγκρισης των μαθησιακών αποτελεσμάτων σε μαθητές που εκτέλεσαν το ίδιο πείραμα (παρασκευή - αραίωση διαλυμάτων, Χημεία Α' γενικού λυκείου) στο πραγματικό εργαστήριο Φυσικών Επιστημών του σχολείου και στο εικονικό εργαστήριο. Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν οι 30 μαθητές της Α' λυκείου του σχολικού έτους 2014-2015. Οι μαθητές των δύο τμημάτων της τάξης εκτέλεσαν τα πειράματα κατά τη διάρκεια δύο διαδοχικών διδακτικών ωρών. Καταγράφηκαν ποσοτικά αλλά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της κατανόησης εννοιών από τους μαθητών που σχετίζονται με την συγκεκριμένη μαθησιακή ενότητα. Η καταγραφή έγινε με τη βοήθεια φύλλων εργασίας-αξιολόγησης, ερωτηματολογίων που συμπληρώθηκαν μετά την εκπόνηση της εργαστηριακής άσκησης και τέλος με συζήτηση με τον διδάσκοντα. Οι μαθητές έδειξαν σαφή προτίμηση στο εικονικό εργαστήριο σε σχέση με το πραγματικό λόγω της μεγάλης εξοικειώσής τους με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή αλλά και του εύκολου και θελκτικού περιβάλλοντος της προσομοίωσης. Η αξιολόγηση όμως έδειξε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα και μεγαλύτερο βαθμό κατανόησης στην περίπτωση της εκτέλεσης του πειράματος στο πραγματικό εργαστήριο.

Λέξεις κλειδιά: Διαλύματα, εικονικό-πραγματικό εργαστήριο, χημεία Α' λυκείου.

Εισαγωγή

Αποτελεί πλέον βεβαιότητα τις τελευταίες δεκαετίες στο χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών η αναγκαιότητα της εκτέλεσης πειραμάτων κατά τη διδασκαλία των μαθημάτων του τομέα αυτού (Arons, 1991; Χαλκιά, 2000; Καλκάνης, 2003). Πρόσφατες αναφορές αναδεικνύουν την κεφαλαιώδη αξία των πειραματικών ασκήσεων στην κατανόηση των Φυσικών Επιστημών από τους μαθητές (Τσελφές, 2002; Λεύκος κ.ά., 2009). Η σύγχρονη ελληνική εκπαιδευτική πραγματικότητα που αφορά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών έχει να επιδείξει δυο κατηγορίες πειραματικών δραστηριοτήτων: τα πειράματα σε πραγματικό περιβάλλον (Κουμαράς, 1994; Σάββας, 1996; Κουμαράς, 2002; Τσελφές, 2003; Αποστολάκης κ.ά., 2006) και τα εικονικά πειράματα ή οι προσομοιώσεις με τη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή (Τζιμογιάννης & Μικρόπουλος, 2000; Μικρόπουλος, 2002; Μικρόπουλος, 2003; Ψύλλος, 2007).

Η σημασία της εκτέλεσης πειραμάτων κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών έχει γίνει αποδεκτή εδώ κι αρκετά χρόνια (Κόκκοτας, 1998). Κι αυτό, γιατί η σύγχρονη ψυχολογία διδάσκει ότι για να παραχθεί γνώση απαιτείται η αλληλεπίδραση μεταξύ της δραστηριότητας και της σκέψης του ατόμου. Έτσι, θεωρώντας ότι η γνώση παράγεται από τις πράξεις ενός ατόμου, συνάγεται ότι ο ρόλος του πειράματος είναι θεμελιώδης για τη γνωστική διαδικασία (Βοσνιάδου κ.ά., 1994). Γι' αυτό η εκτέλεση των πειραμάτων θα πρέπει να γίνεται από τους ίδιους τους μαθητές κι όχι επίδειξη από το διδάσκοντα (Ματσαγγούρας, 1998). Με τον τρόπο αυτό, δίνεται στο μαθητή η ευθύνη της εκτέλεσης της πειραματικής άσκησης, τονώνεται το ενδιαφέρον και των πλέον αδύνατων μαθητών, ενθαρρύνεται η ομαδικότητα και η συνεργασία, αναδεικνύονται οι ιδέες των μαθητών, αμφισβητούνται πρώιμες και βαθιά ριζωμένες αντιλήψεις των παιδιών για τα διάφορα φαινόμενα, απελευθερώνεται ο δάσκαλος από την τήρηση πειθαρχίας και της καθοδήγησης των ομάδων των μαθητών, βρίσκοντας παράλληλα το χρόνο για να δίνει οδηγίες και να επιβλέπει τη δουλειά κάθε μαθητή (Κόκκοτας, 1997).

Την τελευταία δεκαετία έχουν αναπτυχθεί υπολογιστικά περιβάλλοντα σχετικά με τις Φυσικές Επιστήμες που έχουν ως στόχο την υποστήριξη των μαθητών κατά τη διαδικασία οικοδόμησης και έκφρασης των γνώσεών τους σε διάφορα γνωστικά αντικείμενα αλλά και στα πλαίσια διεπιστημονικών δραστηριοτήτων διερεύνησης και μοντελοποίησης (Κόμης κ.ά., 2000). Αυτά στηρίζονται κυρίως στα πολυμέσα. Με τον όρο αυτό αποδίδεται η συγκέντρωση και παρουσίαση, σε

ενιαίο μέσο (κατά κανόνα τον υπολογιστή), πολλών και διαφορετικών μορφών πληροφορίας (Γιαλούρης κ.ά., 1998).

Η χρήση ενός περιβάλλοντος προσομοίωσης κατά την πραγματοποίηση εικονικών πειραμάτων στον υπολογιστή μπορεί να περιλαμβάνει εικονικές συσκευές και αντικείμενα. Ως προσομοίωση ορίζεται η αναπαράσταση κατάστασης ή αντικειμένου μέσω λογισμικού, το οποίο παρέχει δυνατότητες χειρισμού συνθηκών και παραμέτρων για μελέτη (Μικρόπουλος, 2002). Με άλλα λόγια, οι προσομοιώσεις βασίζονται σε μοντέλα αναπαράστασης διαφόρων φυσικών φαινομένων, τις οποίες εξερευνά ο μαθητής. Τα μοντέλα δημιουργούνται με βάση την αντίστοιχη επιστημονική θεωρία και παρουσιάζουν ένα πείραμα, ένα φαινόμενο ή μια φυσική διαδικασία (Τζιμογιάννης, 1999; Τζιμογιάννης, 2004).

Η εκπαιδευτική κοινότητα φαίνεται διχασμένη απέναντι στις δύο μεθόδους πειραματισμού: μια μερίδα υποστηρίζει ότι η χρήση του υπολογιστή και ειδικότερα των προσομοιώσεων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών μπορεί να βελτιώσει σε ατομικό επίπεδο την επίδοση των μαθητών (Jimoyiannis et al, 2000; Jimoyiannis & Komis, 2001; Powell et al, 2003; Hanafit et al, 2005; Cerni et al, 2006,) ενώ κάποιοι άλλοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η διδασκαλία στο πραγματικό εργαστήριο είναι περισσότερο αποτελεσματική σε σχέση με τη διδασκαλία μέσω εικονικών πειραμάτων (Wainwright, 1989; Morrell, 1992; Marshall & Young, 2006; Ολυμπίου & Ζαχαρία, 2009). Εντούτοις, μια ενδιάμεση άποψη υποστηρίζει ότι δεν επηρεάζονται σημαντικά οι επιδόσεις των μαθητών ανάμεσα στους δύο τρόπους εκτέλεσης των πειραμάτων (Coye & Stonebraker, 1994; Tjaden & Martin, 1995; Triona & Klahr, 2003; Keller et al, 2005; Klahr et al, 2007; Jaakkola & Nurmi, 2008).

Η ανασκόπηση της τρέχουσας βιβλιογραφίας που αφορά την διδακτική της χημείας στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση, καταδεικνύει ότι οι μαθητές έχουν σημαντικές δυσκολίες στην κατανόηση των επιμέρους εννοιών τόσο σε επίπεδο μικρόκοσμου (ηλεκτρόνια, ιόντα, άτομα, μόρια) όσο και σε συμβολικό επίπεδο (mole, ατομική μάζα) (Bunce & Gabel, 2002, Juriosevic, 2008). Παρόμοιες παρανοήσεις υπάρχουν και στις έννοιες που σχετίζονται με τα διαλύματα, όπως για παράδειγμα ότι «το αποσταγμένο νερό δεν είναι ένα καθαρή ουσία, αλλά ένα διάλυμα (μίγμα) ή ότι «κάθε υγρό σώμα είναι διάλυμα» (Awan, 2015). Σε κάθε περίπτωση, η μετωπική διδασκαλία που στηρίζεται αποκλειστικά στο σχολικό βιβλίο περιορίζει σημαντικά το βαθμό κατανόησης των εννοιών που αφορούν τα διαλύματα, σε αντίθεση με την πειραματική διδασκαλία που βοηθά σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό τους μαθητές να εμπεδώσουν τις διδασκόμενες έννοιες (Awan, 2015).

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η σύγκριση της εννοιολογικής κατανόησης μαθητών που εκτελούν το ίδιο πείραμα (παρασκευή-αραίωση διαλυμάτων) στο πραγματικό και στο εικονικό εργαστήριο. Βασική επιδίωξη είναι να διερευνηθεί η αποτελεσματικότητα των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων στη διεργασία της μάθησης και πιο συγκεκριμένα το είδος του πειράματος που είναι αποτελεσματικότερο στην κατανόηση από τους μαθητές των εννοιών που σχετίζονται με τα διαλύματα.

Σχεδιασμός της μελέτης

Μεθοδολογία

Η παρούσα εργασία αφορά την πραγματοποίηση στο Γενικό Λύκειο Ευηνοχωρίου πειραμάτων στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών και συγκεκριμένα στην περίπτωση της Χημείας της Α' τάξης του λυκείου και στην ενότητα της παρασκευής και της αραίωσης διαλυμάτων. Συμμετείχαν οι 30 μαθητές των δύο τμημάτων της Α' τάξης του σχολείου, οι οποίοι εκτέλεσαν σε ένα διδακτικό δίωρο δύο εργαστηριακές ασκήσεις με παρόμοιες δραστηριότητες: τη μία στο εικονικό και την άλλη στο πραγματικό εργαστήριο. Οι μαθητές χωρίστηκαν σε ομάδες των τριών ατόμων με τυχαίο τρόπο και τους μοιράστηκε ένα φύλλο εργασίας για κάθε πείραμα. Η κάθε ομάδα στη συνέχεια πραγματοποίησε τις πειραματικές δραστηριότητες σύμφωνα με τις οδηγίες του φύλλου εργασίας (στον εργαστηριακό πάγκο ή στον ηλεκτρονικό υπολογιστή). Τέλος, κάθε ομάδα συμπλήρωσε το φύλλο εργασίας με τις προβλέψεις, τα αποτελέσματα αλλά και τα ζητούμενα των επιμέρους δραστηριοτήτων της εργαστηριακής άσκησης. Να σημειωθεί επίσης ότι τα δύο τμήματα διεξήγαγαν τα πειράματα με αντίστροφη σειρά: εικονικό-πραγματικό το πρώτο τμήμα, πραγματικό-εικονικό το δεύτερο τμήμα.

Αρχική μαθησιακή κατάσταση των μαθητών

Σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών για το μάθημα της χημείας της Α' λυκείου, οι μαθητές εκτελούν τις εργαστηριακές ασκήσεις που αφορούν κάποιο συγκεκριμένο τμήμα της ύλης, αφού διδαχθούν την αντίστοιχη ύλη. Στο κεφάλαιο λοιπόν των διαλυμάτων, με δεδομένο ότι το μέσο επίπεδο των μαθητών είναι κάτω του μετρίου, υπήρχαν αρκετές δυσκολίες στην κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με τα διαλύματα, πολύ δε περισσότερο με τις διεργασίες της αραίωσης, της συμπύκνωσης και της ανάμιξης. Έτσι, οι μαθητές κλήθηκαν με τη βοήθεια των πειραματικών δραστηριοτήτων να ξεπεράσουν τις δυσκολίες, να κατανοήσουν έννοιες, να διαλευκάνουν ασάφειες και με τρόπο πιο εποπτικό να οικοδομήσουν την γνώση.

Διδακτικοί στόχοι

Σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών οι διδακτικοί στόχοι που τίθενται κατά τη διδασκαλία της συγκεκριμένης ενότητας όπως αυτοί αναφέρονται στο βιβλίο του καθηγητή είναι οι εξής:

- ο μαθητής να αναγνωρίζει και να μπορεί να χειρίζεται την έννοια του mol ως μονάδα ποσότητας ουσίας,
- να εξηγεί τις μονάδες περιεκτικότητας, δίνοντας έμφαση στη συγκέντρωση του διαλύματος,
- να ζυγίζει και να μετρά με ακρίβεια όγκους με τη βοήθεια ογκομετρικών οργάνων.

Έχοντας ως βάση τα παραπάνω, η παρούσα εργασία διερευνά αν το εικονικό ή το πραγματικό πείραμα οδηγεί στην όσο το δυνατόν ικανοποιητικότερη επίτευξη των στόχων που τίθενται.

Κριτήρια επιλογής της διδακτικής ενότητας των διαλυμάτων

Το βασικότερο κριτήριο για την επιλογή της μελέτης της διδακτικής ενότητας των διαλυμάτων στην παρούσα εργασία, ήταν η σημαντική θέση που κατέχει η συγκεκριμένη ενότητα στο Αναλυτικό Πρόγραμμα των Φυσικών Επιστημών όχι μόνο της Α' τάξης αλλά όλων των τάξεων του Γενικού Λυκείου. Επίσης, ένα δεύτερο κριτήριο είναι το γεγονός ότι οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες και έχουν εναλλακτικές ιδέες ιδιαιτέρως στην κατανόηση της έννοιας του mol καθώς και στις διεργασίες της αραίωσης των διαλυμάτων. Τέλος, η διδακτική ενότητα αυτή προσφέρει τη δυνατότητα οργάνωσης τόσο εικονικού όσο και πραγματικού πειράματος.

Τρόποι αξιολόγησης του βαθμού επίτευξης των διδακτικών στόχων

Η παρούσα εργασία χρησιμοποίησε ως μέσα αξιολόγησης του μαθησιακού αποτελέσματος συγκεκριμένα φύλλα εργασίας για τα εικονικά και για τα πραγματικά πειράματα, τα οποία έχουν παρόμοια δομή ως προς τις ερωτήσεις και τις πειραματικές δραστηριότητες που εκτελούν οι μαθητές. Από τις απαντήσεις των ομάδων επιχειρείται να διαπιστωθεί ποιο από τα δυο είδη πειράματος είναι αποτελεσματικότερο στην εννοιολογική κατανόηση από τους μαθητές.

Πέρα από τα φύλλα εργασίας, μοιράστηκαν στους μαθητές μετά το πέρας των εργαστηριακών δραστηριοτήτων ερωτηματολόγια τα οποία κλήθηκαν να συμπληρώσουν και τα οποία αφορούσαν κυρίως στην καταγραφή των εντυπώσεών τους από την διπλή εμπειρία του πραγματικού και εικονικού εργαστηρίου.

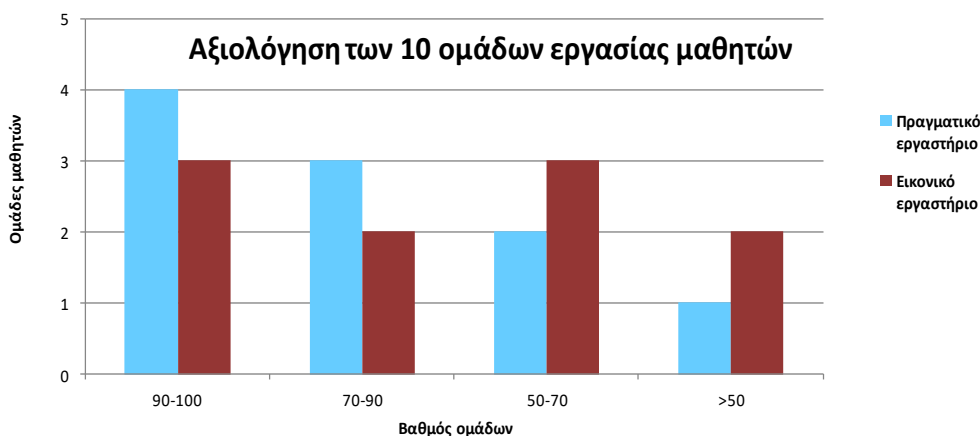
Τέλος, έγινε συζήτηση μεταξύ των μαθητών και του διδάσκοντα όπου κατατέθηκαν εντυπώσεις (θετικές ή αρνητικές), δυσκολίες, και προοπτικές των δύο τρόπων πειραματισμού.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Το πειραματικό μέρος της άσκησης που πραγματοποιήθηκε από τους μαθητές στο πραγματικό εργαστήριο βρίσκεται στον εργαστηριακό οδηγό της Χημείας Α' λυκείου (Λιοδάκης & Γάκης, 2010) με ορισμένες τροποποιήσεις και προσθήκες (κυρίως στα ερωτήματα αξιολόγησης). Το εικονικό πείραμα ήταν μια διαδραστική προσομοίωση του πανεπιστημίου του Colorado που βρίσκεται διαθέσιμη στην διεύθυνση του ιστοχώρου: <http://phet.colorado.edu/el/simulation/concentration>. Τα φύλλα εργασίας δομήθηκαν πάνω στη στρατηγική Πρόβλεψη-Πειραματισμός-Εξήγηση, έτσι ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη ποιότητα των εξηγήσεων καθώς και η βαθύτερη δυνατή κατανόηση των εννοιών από τους μαθητές (Ταβέλη κ.ά., 2012).

Ο συνδυασμός του πειράματος με το πρότυπο Πρόβλεψη-Πειραματισμός-Εξήγηση, όπως αναφέρεται και στη βιβλιογραφία, αποτελεί βοηθητικό εργαλείο για την βελτίωση της εννοιολογικής

εμβάθυνσης των μαθητών (Zacharia, 2005; Zacharia and Anderson, 2003; Tao and Gunstone, 1999). Έτσι, μετά την ολοκλήρωση των πειραμάτων και την αξιολόγηση της διδακτικής διαδικασίας, φάνηκε πως οι μαθητές κατανόησαν καλύτερα μέσα από το πείραμα στο πραγματικό εργαστήριο σε σχέση με το αντίστοιχο στο εικονικό εργαστήριο. Συγκεκριμένα, οι απαντήσεις των 10 ομάδων μαθητών (τριών ατόμων η καθεμιά) στα φύλλα εργασίας των δύο ειδών δραστηριοτήτων (πραγματικό και εικονικό εργαστήριο), όπως αυτά εικονίζονται στο σχήμα 1, δείχνουν ότι οι επιδόσεις τους ήταν καλύτερες στην περίπτωση του πειράματος στο πραγματικό εργαστήριο, σε σχέση με το εικονικό.



Σχήμα 1. Επιδόσεις των 10 ομάδων μαθητών της Α' Λυκείου στο πραγματικό και το εικονικό πείραμα

Ενδεικτικά ερωτήματα από αυτά που τέθηκαν στους μαθητές στα φύλλα εργασίας είναι τα εξής:

1. Η προσθήκη νερού στο διάλυμα που παρασκευάσατε στην προηγούμενη δραστηριότητα ποια επίπτωση θα έχει στην συγκέντρωση του διαλύματος:

Αύξηση Μείωση Καμία

2. Ποια θα είναι η τιμή της συγκέντρωσης του αραιωμένου διαλύματος με προσθήκη νερού μέχρι τελικού όγκου 1 L;

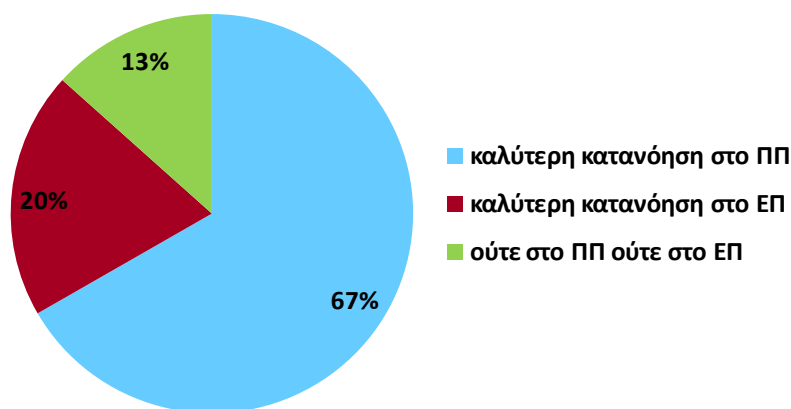
3. Με βάση ότι η σχετική μοριακή μάζα του $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ είναι 250 ($M_r = 250$), υπολογίζουμε την ποσότητα της διαλυμένης ουσίας που πρέπει να διαλύσουμε σε νερό για να παρασκευάσουμε 100 mL διαλύματος 0,1 M.

4. Αν η σχετική μοριακή μάζα του CuSO_4 είναι 160, να υπολογίσετε την %w/v περιεκτικότητα του διαλύματος που παρασκευάσατε.

Οι απαντήσεις των μαθητών στα δύο πρώτα από τα παραπάνω ερωτήματα, έδειξαν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα για τη διεργασία της αραιώσης των διαλυμάτων. Σημαντικό ρόλο έπαιξε το γεγονός ότι ως διαλυμένη ουσία - και στα είδη πειραματικών δραστηριοτήτων που εκτελέστηκαν - χρησιμοποιήθηκε το $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ που είναι ένα έγχρωμο αλάτι κι έτσι η μεταβολή (μείωση) της συγκέντρωσης των διαλυμάτων κατανοούνταν καλύτερα από την παρατήρηση της μεταβολής του χρώματος των διαλυμάτων κατά την αραιώση.

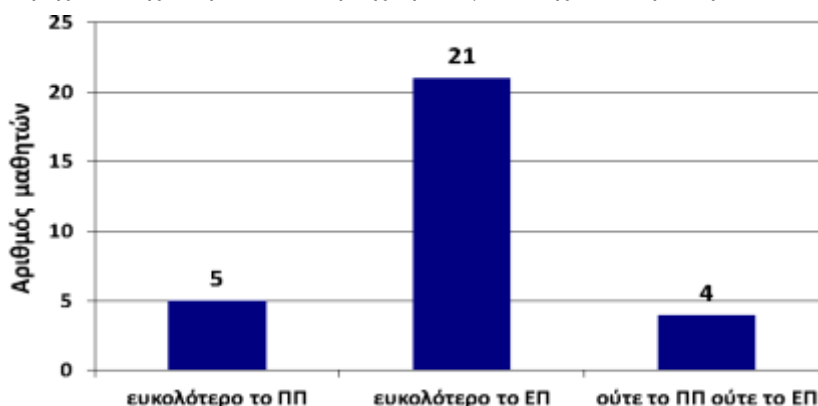
Η μετατροπή της ποσότητας της διαλυμένης ουσίας από mole σε μάζα (g), όπως και το αντίστροφο, που ζητήθηκε στις ερωτήσεις 3 και 4 των φύλλων εργασίας, βοήθησε τους μαθητές να κατανοήσουν ότι η έννοια του mole περιγράφει ποσότητα διαλυμένης ουσίας. Η χρήση του αναλυτικού ζυγού μάλιστα στο πραγματικό εργαστήριο, έδωσε με σαφή τρόπο την σύνδεση των δύο μονάδων (mole-g) στη μέτρηση της ποσότητας μιας χημικής ένωσης, με τη βοήθεια φυσικά και της σχετικής ατομικής και μοριακής μάζας.

Οι καλύτερες επιδόσεις των μαθητών στο πραγματικό εργαστήριο, εξηγούνται και με βάση την καλύτερη κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με τα διαλύματα στο πείραμα στο πραγματικό εργαστήριο όπως αυτή εκφράστηκε από τις απαντήσεις των μαθητών στα ερωτηματολόγια που συμπλήρωσαν μετά την ολοκλήρωση των δύο ασκήσεων (σχήμα 2). Συγκεκριμένα, το 67% των μαθητών (20 μαθητές) απάντησε ότι με το πραγματικό πείραμα κατανόησε καλύτερα την συγκεκριμένη διδακτική ενότητα ενώ μόλις το 20% (6 μαθητές) απάντησαν ότι βοηθήθηκαν περισσότερο από το εικονικό πείραμα.



Σχήμα 2. Απαντήσεις των 30 μαθητών της Α' λυκείου στο ερώτημα με ποιο πείραμα κατανόησαν καλύτερα τις έννοιες της συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας

Σε αντίθεση με τις καλύτερες επιδόσεις και την καλύτερη κατανόηση των μαθητών κατά την εργαστηριακή άσκηση στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, οι μαθητές στα ερωτηματολόγια που διανεμήθηκαν μετά την εκπόνηση των πειραματικών δραστηριοτήτων εξέφρασαν την άποψη πως το εικονικό πείραμα ήταν πιο εύκολο από το πραγματικό (σχήμα 3). Η μεγάλη εξοικείωση τους με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή (και τα ηλεκτρονικά μέσα γενικότερα) αλλά και το πολύ εύκολο και φιλικό περιβάλλον της προσομοίωσης είναι οι βασικότεροι λόγοι που οι χειρισμοί στο εικονικό εργαστήριο φάνηκαν πιο εύκολοι στους μαθητές σε σχέση με τους αντίστοιχους στο πραγματικό εργαστήριο. Επίσης, θα πρέπει να τονίσουμε ότι ο χρόνος ολοκλήρωσης των δραστηριοτήτων του εικονικού πειράματος ήταν κατά πολύ συντομότερος από αυτόν του πραγματικού πειράματος, ενδεικτικό κι αυτό της μεγαλύτερης άνεσης στην εκτέλεση της προσομοίωσης στον ηλεκτρονικό υπολογιστή.



Σχήμα 3. Απαντήσεις των 30 μαθητών της Α' λυκείου στο ερώτημα ποιο πείραμα τους φάνηκε πιο εύκολο.

Τέλος, στη συζήτηση που ακολούθησε με το διδάσκοντα, τα παιδιά διατύπωσαν την άποψη ότι μια προοπτική ενσωμάτωσης των εικονικών εργαστηρίων στα πραγματικά εργαστήρια φαίνεται ιδιαίτερα ελκυστική. Οι απόψεις ήταν μοιρασμένες για το ποιο πείραμα από τα δύο θεωρούν ότι έχει περισσότερα πλεονεκτήματα και ποιο θα έπρεπε να έχει μεγαλύτερη βαρύτητα στην διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

Το φιλικό περιβάλλον του εικονικού εργαστηρίου από τη μια αλλά και η ρεαλιστική εμπειρία του πραγματικού εργαστηρίου από την άλλη, θα μπορούσαν ενδεχομένως να αποτελέσουν ένα λειτουργικό και πολύτιμο εργαλείο στα χέρια των εκπαιδευτικών. Ο συνδυασμός των δύο μεθόδων πειραματισμού θα μπορούσε να αναδειχθεί ο ιδανικός τρόπος για την αξιοποίησή τους καθώς έρευνες των τελευταίων ετών προτείνουν την παράλληλη εισαγωγή τους στη διδακτική πρακτική των Φυσικών Επιστημών (Ταβέλη κ.ά., 2012).

Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα εργασία συνοπτικά έχουν ως εξής:

- Τα μαθησιακά αποτελέσματα, όπως αυτά εκτιμήθηκαν μέσα από τις απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές στα φύλλα εργασίας, έδειξαν ότι είναι καλύτερα στην εργαστηριακή άσκηση που έγινε στο πραγματικό εργαστήριο.
- Η πλειοψηφία των μαθητών δήλωσε ότι εκτελώντας το πείραμα στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών (πραγματικό εργαστήριο) κατανόησε καλύτερα τη διδακτική ενότητα των διαλυμάτων.
- Οι μαθητές δείχνουν σαφή προτίμηση στο εικονικό πείραμα σε σχέση με το πραγματικό, γεγονός που συνδέεται με την μεγάλη εξοικείωσή τους με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και τα ηλεκτρονικά μέσα γενικότερα αλλά και με το εύκολο και εύχρηστο περιβάλλον της προσομοίωσης.
- Η ολοκλήρωση της εργαστηριακής άσκησης στο εικονικό εργαστήριο πραγματοποιήθηκε σε μικρότερο χρονικό διάστημα απ' ό,τι στο πραγματικό εργαστήριο, γεγονός που οφείλεται κυρίως στο ότι ο ηλεκτρονικός υπολογιστής αποτελεί ένα πολύ ελκυστικό μέσο που οι μαθητές χειρίζονται γρήγορα καθώς προσαρμόζονται πολύ γρήγορα στο περιβάλλον που τους δίνεται.
- Τέλος, η διεύρυνση των εργαστηριακών ασκήσεων κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και στο εικονικό εργαστήριο, θα μπορούσε να αποτελέσει μια ενδιαφέρουσα και αρκετά υποσχόμενη προοπτική.

Αναφορές

- Arons, A. (1991). *Οδηγός διδασκαλίας της Φυσικής*. Αθήνα: Τροχαλία.
- Awan A. S. (2013). Comparison between Traditional Text-book Method and Constructivist Approach in Teaching the Concept 'Solution' *Journal of Research and Reflections in Education*, Vol.7, No.1, pp 41 -51, <http://www.ue.edu.pk/jrre>.
- Awan A. S., Iqbal M.Z., Khan T.M., Mahmood T. (2015). Students Understanding about Learning the Concept of Solution *Journal of Elementary Education*, Vol.21, No. 2 pp.23-34.
- Bunce, D.M. & Gabel, D. (2002). Differential effects on the achievement of males and females of teaching the particulate nature of chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 911-927.
- Cepni, S., Tas, E., & Kose, S. (2006). The effects of computer-assisted material on students' cognitive levels, misconceptions and attitudes towards science. *Computer and Education*, 46, 192-205.
- Coye, R. W., & Stonebraker, P. W. (1994). The effectiveness of personal computers in operations management education. *International Journal of Operations and Production Management*, 14(12), 35 – 46.
- Hanafit, A., Fauziah, S., & Rozhan, M. I. (2005). The effectiveness of problem-based learning in the web-based environment for the delivery of an ungraduate physics course. *International Educational Journal*, 6(4), 430-437.
- Jaakkola, T., & Nurmi, S. (2008). Fostering elementary school students' understanding of simple electricity by combining simulation and laboratory activities. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24(1), 271 – 283.
- Jimoyiannis, A., & Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers and Education*, 36, 183-204.
- Jimoyiannis, A., Mikropoulos, T. A., & Ravanis, K., (2000). Students' performance towards computer simulations on kinematics. *Themes in Education*, 1(4), 357-372.
- Jurisevic, M., Glazar, S.A., Punko, C.R., & Devetak, I. (2008). Intrinsic motivation of pre-service primary school teachers for learning chemistry in relation to their academic achievement. *International Journal of Science Education*, 30, 87-107.
- Keller, C., Finkelstein, N. D., Perkins, K. K., & Pollock, S. J. (2005). Assessing the effectiveness of a computer simulation in conjunction with tutorials in introductory physics in undergraduate physics recitations. *Proceedings of the 2005 Physics Education Research Conference*, Melville NY: AIP Press.
- Klahr, D., Triona, L., & Williams, C. (2007). Hands on what? The relative effectiveness of physical vs. virtual materials in an engineering design project by middle school children. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(1), 183-203.
- Marshall, J., & Young, E. S. (2006). Pre-service teacher's theory development in physical and simulated environments. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(9), 907-937.
- Morrell, D. (1992). The effects of computer-assisted instruction on student achievement in high school biology. *School Science and Mathematics*, 92, 177–181.

- Powell, J. V., Aeby, V. G. J., & Carpenter -Aeby, T. (2003). A comparison of student outcomes with and without teacher facilitated computer-based instruction. *Computers and Education*, 40, 183–191.
- Tao, P. & Gunstone, R. (1999), The process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 36: 859–882.
- Tjaden, B. J., & Martin, C. D. (1995). Learning effects of computer-assisted instruction on college students. *Computer and Education*, 24(4), 221–277.
- Triona, L. M., & Klahr, D. (2003). Point and Click or Grab and Heft: Comparing the influence of physical and virtual instructional materials on elementary school students' ability to design experiments. *Cognition and Instruction*, 21(2), 149-173.
- Wainwright, C. L. (1989). The effectiveness of a computer-assisted instruction package in high school chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 275–290.
- Zacharia, Z. & Anderson, O. R. (2003). The effects of an interactive computerbased simulation prior to performing a laboratory inquiry-based experiment on students' conceptual understanding of physics. *American Journal of Physics*, 71(6): 618-629.
- Zacharia, Z., (2005). The Impact of Interactive Computer Simulations on the Nature and Quality of Postgraduate Science Teacher's Explanations in Physics. *International Journal of Science Education*, 14: 1741- 1767.
- Βοσνιάδου Σ, De Corte E., Mandl H., Technology- Based Learning Environments, *Springer- Verlag*, 137, 1994.
- Γιαλούρης Κ., Γκιμπερίτης Ε., Κόμης Β., Σιδερίδης Α., Σταθόπουλος Κ., *Εφαρμογές Πληροφορικής – Υπολογιστών*, ΟΕΔΒ, Αθήνα, 1998.
- Καλκάνης, Γ. Θ. (2003). Το ιστορικό(;) μέλλον των ερευνητικών και εκπαιδευτικών πειραμάτων. Στο Κ.Σκορδοπούλης & Λ. Χαλκία (Επ.), *Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου: «Η συμβολή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη Διδασκαλία των Φ.Ε.»* (σ. 99-108). Αθήνα: Π.Τ.Δ.Ε.
- Κόκκοτας Π., *Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών*, Αθανασόπουλος και ΣΙΑ, Αθήνα, 1997.
- Κόκκοτας, Π. (1998). *Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης*. Αθήνα.
- Κόμης Β., Φείδας Χ., Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση, Πάτρα, Οκτώβριος 2000, σ.297-307.
- Κουμαράς Π., (1994). Υλικά καθημερινής χρήσης για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στους μαθητές της υποχρεωτικής εκπαίδευσης. *Εκπαιδευτική Κοινότητα*, 27, 34 - 37.
- Κουμαράς, Π. (2002). *Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Χριστοδουλίδη.
- Λεύκος, Ι., Ψύλλος, Δ., & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2009). Ανάπτυξη πειραματικών δεξιοτήτων μέσα από ένα εικονικό περιβάλλον στην περιοχή των θερμικών φαινομένων. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου & Α. Ζουπίδης (Επ.), *Πρακτικά του Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών* (σ. 495 – 503).
- Λιοδάκης Σ., Γάκης Δ. (2010). *Εργαστηριακός οδηγός Χημείας Α' Γενικού Λυκείου*. Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Ματσαγγούρας Η., *Στρατηγικές Διδασκαλίας*, 4η Έκδοση Gutenberg, Αθήνα, 1998.
- Μικρόπουλος, Τ. Α. (2002). Προσομοιώσεις και οπτικοποιήσεις στην οικοδόμηση εννοιών στις φυσικές επιστήμες. Στο Α. Μαργετουσάκη & Π. Γ. Μιχαηλίδης (Επ.), *Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου: «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση»* (σ. 371- 376). Ρέθυμνο.
- Μικρόπουλος, Τ. Α. (2003). Οι Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Κριτική θεώρηση και προτάσεις. Στο Ε. Τσιτοπούλου, Χ. Χαλέτσος & Π. Φιλντίσης (Επ.), *Πρακτικά του Κοινού συνεδρίου Ένωσης Ελλήνων και Κυπρίων Φυσικών: «Προοπτικές, εξελίξεις και διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών»* (τ. Α, σ. 22–28). Αθήνα: ΕΕΦ.
- Ολυμπίου, Γ., & Ζαχαρία, Ζ. (2009). Συγκριτική μελέτη της αποτελεσματικότητας του Πειραματισμού σε Πραγματικό ή Εικονικό Εργαστήριο ως προς την Επίτευξη Εννοιολογικής Κατανόησης στη Φυσική. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου & Α. Ζουπίδης (Επ.), *Πρακτικά του Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών* (σ. 621–629).
- Σάββας, Σ. (1996). Το ερευνητικό εξελισσόμενο μοντέλο στη διδασκαλία της φυσικής με ιδιοκατασκευές και πειράματα με απλά μέσα. Πρόταση εφαρμογής για το δημοτικό σχολείο. *Διδακτορική διατριβή*, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Ταβέλη Ε., Ολυμπίου Γ. & Ζαχαρίας Ζ. *Πρακτικά 12ο Συνέδριο Παιδαγωγικής Εταιρείας Κύπρου, Σύγκριση της επίδρασης του πραγματικού και εικονικού πειραματισμού στις επεξηγήσεις που δίνουν φοιτητές για φαινόμενα που αφορούν στο συγκεκριμένο «Φως και Χρώμα» μετά τη διατύπωση προβλέψεων και την παρατήρηση των συγκεκριμένων φαινομένων*, (σ.79-89), 8-9 Ιουνίου 2012, Πανεπιστήμιο Κύπρου, Λευκωσία.
- Τζιμογιάννης, Α (2004). Οι προσομοιώσεις στη Διδασκαλία της Φυσικής. Στο Ι. Βλαχάβας, Β. Δαγδιλέλης, Γ. Ευαγγελίδης, Γ. Παπαδόπουλος, Μ. Σατρατζέμη & Δ. Ψύλλος (Επ.), *Οι τεχνολογίες της πληροφορίας και των*

- επικοινωνιών στην ελληνική εκπαίδευση: απολογισμός και προοπτικές (σ. 240–254). Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Πανεπιστημίου Α.Π.Θ. - Μακεδονίας.
- Τζιμογιάννης, Α. (1999). Διδασκαλία Φυσικής και Υπολογιστές: Μια εναλλακτική διδακτική προσέγγιση. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 105, 115–122.
- Τζιμογιάννης, Α., & Μικρόπουλος, Α. Τ. (2000). Η συμβολή των προσομοιώσεων πειραμάτων στη διδασκαλία της Φυσικής: η έννοια της ταχύτητας. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 111, 120- 131.
- Τσελφές, Β. (2003). *Πειράματα με τη θερμότητα, το Φως και τα Ηλεκτρικά Κυκλώματα*. Αθήνα: ΕΚΠΑ, Πρόγραμμα
- Τσελφές, Β. (2002). *Δοκιμή και Πλάνη: Το εργαστήριο στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Νήσος.
- Χαλκιά, Κ. (2000). Το πείραμα στο μάθημα της Φυσικής: Σχολιασμός και Επισημάνσεις για το ρόλο και τη σημασία του. *Εκπαιδευτικές προσεγγίσεις για τις Φυσικές Επιστήμες*, 6, 12-18.
- Ψύλλος, Δ. (2007). Μοντέλα και κόσμοι στους εικονικούς χώρους. Στο Α. Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος & Γ. Τσαπαρλής (Επ.), *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση»* (τ. Α, σ. 30–41). Ιωάννινα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Συνοψίζοντας τα πολλαπλά επίπεδα αναφοράς της ενότητας «χημική αντίδραση» σε ένα επαναληπτικό μάθημα, στη Χημεία της Α΄ Λυκείου

Χριστίνα Στεφανή
Σχολική Σύμβουλος Δ.Ε., Γ΄ Αθήνας
stefanih@otenet.gr

Περίληψη

Η παρούσα εργασία περιλαμβάνει μια πρόταση ωριαίας διδασκαλίας, η οποία εντάσσεται στη θεματική ενότητα «χημική αντίδραση» της Α΄ Λυκείου. Η πρόταση, η οποία εφαρμόστηκε από τη συγγραφέα σε Πρότυπο - Πειραματικό Λύκειο, αφορά επαναληπτικό μάθημα, που έπεται της ολοκλήρωσης της διδασκαλίας της ενότητας «χημική αντίδραση». Αποσκοπεί μεταξύ άλλων στο να βοηθήσει τους μαθητές να αποκτήσουν ολοκληρωμένη εικόνα της ενότητας, την οποία έχουν διδαχθεί εξ ανάγκης αποσπασματικά στα προηγούμενα μαθήματα και να κατακτήσουν τη γνώση στα τρία επίπεδα μακροσκοπικό, μικροσκοπικό και συμβολικό. Η μεθοδολογία εμπλέκει τη χρήση υπολογιστή, πειράματος επίδειξης και φύλλου εργασίας, σε μια προσπάθεια δημιουργίας ελκυστικού μαθησιακού περιβάλλοντος.

Λέξεις κλειδιά: χημική αντίδραση, πρόταση διδασκαλίας, Λύκειο, πείραμα επίδειξης, φύλλο εργασίας

Εισαγωγή

Η καθημερινή διδακτική πρακτική και η διεθνής και ελληνική βιβλιογραφία (Coll & Taylor, 2002; Γκίτζα κ.ά., 2013; Gilbert & Boulter, 1998; Johnstone, 2000, 2010; Stefani & Tsaparlis, 2009; Tsaparlis, 2009) έχουν αποδείξει ότι θέματα λεπτοδομής της ύλης, στα οποία εντάσσεται και το πεδίο που αφορά τον όρο «χημική αντίδραση», εμπριέχουν δυσκολίες ως προς τη διδασκαλία και τη μάθηση. Οι λόγοι είναι πολλοί, με κυριότερο αυτόν της μη δυνατότητας προσέγγισης του μικρόκοσμου με τις αισθήσεις, αλλά μάλλον νοητικά και σε μεγάλο βαθμό διαισθητικά. Το πεδίο «χημική αντίδραση» προσεγγίζεται με τις αισθήσεις, στο βαθμό που περιλαμβάνει μετατροπές της ύλης, οι οποίες συνοδεύονται από αλλαγές σε ιδιότητες που αισθητοποιούνται, όπως για παράδειγμα η αλλαγή χρώματος. Εντούτοις οι ερμηνείες και εν τέλει το γνωστικό κομμάτι, το οποίο πρέπει να κατακτήσει ο μαθητής, αναφέρονται στο μικρόκοσμο.

Ο Johnstone (2000, 2010) έχει εντοπίσει κάποιες από τις δυσκολίες προσέγγισης της Χημείας στο γεγονός ότι αυτή κινείται σε τρία διακριτά και συγχρόνως αντίστοιχα και αλληλένδετα επίπεδα, το μακροσκοπικό, το μικροσκοπικό και το συμβολικό. Η θεματική ενότητα «χημική αντίδραση» αναδεικνύει περισσότερο από όλες τα τρία αυτά επίπεδα, από τα οποία διέρχεται η επιστημονική χημική γνώση, άρα και ο μετασχηματισμός της κατά τη διδασκαλία σε σχολική γνώση. Το μακροσκοπικό επίπεδο αναφέρεται στις μεταβολές που αντιλαμβάνεται ο μαθητής με τις αισθήσεις του και παρατηρεί, για παράδειγμα, την καταβύθιση έγχρωμου ιζήματος ή την έκλυση αερίου. Το μικροσκοπικό επίπεδο αναφέρεται στην κατανόηση του τι συμβαίνει κατά τις μεταβολές αυτές στο μικρόκοσμο και στις ερμηνείες των φαινομένων, που πρέπει να μπορεί να προβαίνει ο μαθητής, χρησιμοποιώντας τα γενικώς αποδεκτά ατομικά και μοριακά μοντέλα, τα οποία για το ηλικιακό επίπεδο των μαθητών της Α΄ Λυκείου είναι συνήθως αυτά των συμπαγών σφαιρών. Το συμβολικό επίπεδο περιλαμβάνει τα σύμβολα που χρησιμοποιούμε για την αναπαράσταση των χημικών στοιχείων, τα οποία στη συνέχεια χρησιμοποιούμε για την αναπαράσταση των ατόμων, μορίων, ιόντων. Στην περίπτωση της χημικής αντίδρασης είναι απαραίτητο, εκτός από τα σύμβολα των χημικών στοιχείων, να καταδεικνύονται τα αντιδρώντα, τα προϊόντα, το ίζημα, το αέριο. Ο μαθητής προκειμένου να κατακτήσει τις έννοιες που περιλαμβάνει η χημική αντίδραση πρέπει να κινηθεί στα τρία αυτά επίπεδα, καταρχήν διακριτά και στη συνέχεια να αντιληφθεί και να κατανοήσει τη σύνδεση των τριών αυτών επιπέδων και το γεγονός ότι αναφέρονται και τα τρία στο ίδιο φαινόμενο. Ούτε η προσέγγιση καθενός πεδίου γνωστικά είναι εύκολη και φυσικά ούτε η διασύνδεση μεταξύ αυτών (Γκίτζα κ.ά., 2013). Συχνά οι μαθητές, ενώ έχουν κατακτήσει γνώση σε κάποιο ή κάποια από τα τρία

αυτά επίπεδα, δε μπορούν να συνδέσουν τα επίπεδα μεταξύ τους. Πολλοί μαθητές κινούνται εύκολα στο συμβολικό επίπεδο και συμπληρώνουν σωστά τις χημικές αντιδράσεις. Την ίδια στιγμή, οι μαθητές αυτοί δε μπορούν να συνδέσουν τα φαινόμενα, που αναπαριστούν στο συμβολικό επίπεδο επιτυχώς, με ό,τι αισθητοποιούν να συμβαίνει στο μακρόσκοπιο, καθώς και να δώσουν ερμηνείες με όρους μικρόκοσμου μέσω των μοντέλων, όπου αυτό είναι εφικτό, όπως για παράδειγμα να χρησιμοποιήσουν απλά μοντέλα, όπως τα balls-and-sticks, για να ερμηνεύσουν την ανακατανομή των ατόμων που συμβαίνει σε μια χημική αντίδραση και συγχρόνως να το αποτυπώσουν με τον επιστημονικά αποδεκτό συμβολικό τρόπο. Επιπροσθέτως, καθένα από τα τρία επίπεδα δύσκολα προσεγγίζονται μαθησιακά, άρα και διδακτικά. Αναφορά σε κάποιες από τις αιτίες δυσκολίας μαθησιακής προσέγγισης καθενός επιπέδου μπορεί να γίνει ως εξής: (α) Όσον αφορά το μακροσκοπικό επίπεδο, οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολία στο να περιγράψουν με λόγια και κατά μείζονα λόγο, να αποτυπώσουν στο συμβολικό επίπεδο, μία χημική αντίδραση και όλες τις παραμέτρους της (αντιδρώντα – προϊόντα, ίζημα, αέριο) με χημική εξίσωση, κατά την εκτέλεση μιας εργαστηριακής άσκησης και χωρίς ισχυρή καθοδήγηση. Η δυσκολία μετάβασης μεταξύ των επιπέδων μακρο-, μικρο-, συμβολικό επιβαρύνεται από το «θόρυβο», που μπορεί να περιλαμβάνει η πειραματική διαδικασία και που μπορεί να προκαλείται για παράδειγμα από πολύπλοκες πειραματικές διαδικασίες, από τη χρήση πολλών χημικών οργάνων ή και χημικών ουσιών –όπως για παράδειγμα οι δείκτες σε μια εξουδετέρωση- ή ακόμη επειδή μπορεί ο μαθητής να παρατηρεί πολλά φαινόμενα συγχρόνως, όπως αλλαγές χρωμάτων, παραγωγή αερίου κ.λπ. (β) Όσον αφορά στο συμβολικό επίπεδο, μπορεί κανείς να αναφερθεί στο γεγονός ότι η συμβολική αναπαράσταση αποτελεί μια νέα γλώσσα, τη χημική γλώσσα και τους συνακόλουθους κανόνες που τη διέπουν, την οποία οι μαθητές πρέπει να εκπαιδευθούν για να χρησιμοποιούν. (γ) Όσον αφορά στο μικροσκοπικό επίπεδο, το γεγονός ότι αυτό αναφέρεται σε καθαρά νοητικές διαδικασίες, το καθιστά δύσκολο προσεγγίσιμο από τους μαθητές και ιδιαιτέρως αυτούς της μικρότερης ηλικίας.

Ως επακόλουθο η διδασκαλία της ενότητας «χημική αντίδραση» περιλαμβάνει τις αντίστοιχες δυσκολίες διδακτικής προσέγγισης, που απορρέουν από τις ιδιαιτερότητες αυτών των τριών επιπέδων. Η δυσκολία της διδασκαλίας σε μακροσκοπικό επίπεδο, αναφέρεται εκτός των άλλων και σε όλες τις παραμέτρους που υπεισέρχονται κατά την εργαστηριακή διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και ιδιαιτέρως της Χημείας και έχουν πολλαπλώς καταγραφεί στη σχετική βιβλιογραφία (Tsapralis, 2009). Η διδασκαλία σε συμβολικό επίπεδο απαιτεί τη διδασκαλία των κανόνων και του τρόπου χρήσης του χημικού συμβολισμού, ως μιας νέας γλώσσας για την περιγραφή των χημικών φαινομένων. Η διδασκαλία σε μικροσκοπικό επίπεδο πρέπει να γίνει μέσω των μοντέλων, είτε αυτά είναι κατασκευές, είτε αναπαραστάσεις μέσω λογισμικών, για τα οποία όμως απαιτείται η διδασκαλία των παραμέτρων, των δυνατοτήτων αναπαράστασης, των περιορισμών και του τρόπου χρήσης τους για επίτευξη ερμηνειών των φαινομένων στο μικρόκοσμο (Coll, & Taylor, 2002; Gilbert & Boulter, 1998; Stefani & Tsapralis, 2009). Και ενώ, όπως προαναφερθηκε, η διδασκαλία σε κάθε επίπεδο έχει τις δικές της δυσκολίες η σύνδεση των τριών αυτών επιπέδων είναι ακόμη δυσκολότερη, διότι απαιτεί από το μαθητή να μετακινείται από το ένα στο άλλο και να συνδέει επιτυχώς όλα τα στοιχεία των τριών επιπέδων.

Περιγραφή της διδακτικής μεθοδολογίας

Η δόμηση της παρούσας πρότασης διδασκαλίας αποσκοπεί στο να εκπαιδευθούν οι μαθητές αφενός να μετακινούνται με άνεση μεταξύ των τριών επιπέδων μακρο-, μικρο- και συμβολικό και αφετέρου να συνδέουν σωστά τα επίπεδα αυτά. Το μάθημα αυτό προτείνεται, ως επαναληπτικό και μετά τη διδασκαλία της ενότητας «χημική αντίδραση» της Α΄ Λυκείου, οπότε ένας δεύτερος στόχος είναι οι μαθητές να συνοψίσουν ό,τι έχουν διδαχθεί στα προηγούμενα μαθήματα της ενότητας αυτής. Ένας επιπρόσθετος στόχος είναι οι μαθητές να αυτενεργούν, να εργάζονται δηλαδή αυτόνομα και ακολουθώντας τους προσωπικούς ρυθμούς, αλλά και να συνεργάζονται ο καθένας με τον διπλανό του, ώστε να δίνει και να παίρνει βοήθεια, διαδικασία που ωφελεί τους εφήβους μαθητές ψυχοσυναισθηματικά και γνωστικά και εν τέλει όλη η ομάδα της τάξης να είναι συντονισμένη στο κοινό έργο, μη αφήνοντας κανέναν στο περιθώριο. Η πρόκληση ενδιαφέροντος και δημιουργικού περιβάλλοντος, που κινητοποιεί το ενδιαφέρον, άρα και την ενεργό εμπλοκή των μαθητών, αποτέλεσε κεντρικό στόχο του σχεδιασμού. Η ένταξη στη μαθησιακή διαδικασία, (1) φύλλου εργασίας μαθητή, (2) προβολής μέσω υπολογιστή προσομοιώσεων, αλλά και των σωστών απαντήσεων στο φύλλο εργασίας, καθώς και (3) πειραματικής διαδικασίας εξασφάλισε την επίτευξη αυτού του στόχου. Πολύ

σημαντικό και καθοριστικό περιορισμό, για οποιοδήποτε σχεδιασμό, αποτελεί ο διδακτικός χρόνος. Η πραγματοποίηση της διδασκαλίας αυτής, όπως σχεδιάστηκε παραπάνω, σε Πρότυπο Πειραματικό Λύκειο της Β΄ Αθήνας, έδειξε ότι επιτεύχθηκαν οι παραπάνω στόχοι σε ικανοποιητικό βαθμό.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε προκειμένου να επιτευχθούν οι παραπάνω στόχοι είναι η εξής: Δίδεται στους μαθητές φύλλο εργασίας (Παράρτημα 1), το οποίο καλούνται κατά τη διάρκεια του μαθήματος να συμπληρώσουν, με τη βοήθεια του διπλανού στο θρανίο συμμαθητή τους. Σημειώνεται ότι για καλύτερα παιδαγωγικοδιδακτικά αποτελέσματα και καλύτερο συντονισμό της τάξης, τοποθετούμε σε κάθε θρανίο έναν καλό και έναν αδύνατο μαθητή, οι οποίοι πρέπει να διατηρούν καλή διαπροσωπική σχέση. Στο φύλλο εργασίας που δίδεται περιλαμβάνονται αντιδράσεις μεταθετικές και οξειδοαναγωγικές, εφόσον είναι επαναληπτικό, στις οποίες, κατά την εκτέλεση της εργαστηριακής άσκησης παρατηρείται κάποια αλλαγή π.χ. καταβύθιση έγχρωμου ιζήματος ή έκλυση αερίου.

Ενώ ο μαθητής έχει την υποχρέωση να συμπληρώνει τα κενά στο φύλλο εργασίας ένα-ένα, στην οθόνη προβάλλεται μέσω powerpoint το ίδιο φύλλο εργασίας, στο οποίο σταδιακά και βήμα προς βήμα προβάλλεται η σωστή συμπλήρωση των κενών τμημάτων του φύλλου εργασίας και αφού έχει ζητηθεί από τους μαθητές να τα συμπληρώσουν με μολύβι στο φύλλο εργασίας, πριν την προβολή της σωστής απάντησης. Με αυτόν τον τρόπο ο κάθε μαθητής διορθώνει τον εαυτό του, αυταξιολογεί τις γνώσεις του, βλέπει της αδυναμίες του, ενώ παράλληλα εξοικονομείται πολύτιμος διδακτικός χρόνος.

Ταυτόχρονα ο εκπαιδευτικός εκτελεί πειράματα επίδειξης, ένα κάθε φορά και με την αλληλουχία των χημικών αντιδράσεων που υπάρχει στο φύλλο εργασίας. Άρα η διαδοχή των ενεργειών του εκπαιδευτικού είναι η εξής: Εκτελεί το πείραμα (μακροσκοπικό επίπεδο) και ζητά από τους μαθητές να περιγράψουν τις αλλαγές που βλέπουν. Ζητά επίσης να εξηγήσουν τι συμβαίνει σε μικροσκοπικό επίπεδο (δηλαδή όπου κρίνει ότι αυτό μπορεί να γίνει, ζητά από τους μαθητές να ζωγραφίσουν ή να κατασκευάσουν μοντέλα του τύπου balls-and-sticks, όπως για παράδειγμα στη διάσπαση του υπεροξειδίου του υδρογόνου) και να συμπληρώνουν σταδιακά τα κενά στο φύλλο εργασίας (συμβολικό επίπεδο). Κάθε φορά που οι μαθητές συμπληρώνουν μια σειρά του φύλλου εργασίας, προβάλλεται η σωστή απάντηση στην οθόνη σε πρόγραμμα powerpoint.

Σημειώνεται ότι το επαναληπτικό μάθημα το οποίο περιγράφεται στην εργασία αυτή έρχεται να συνοψίσει την ενότητα «χημικά αντίδραση». Σε προηγούμενες διδακτικές ώρες οι μαθητές έχουν εκτελέσει οι ίδιοι σε ομάδες τις εργαστηριακές ασκήσεις, συμπληρώνοντας αντίστοιχα φύλλα εργασίας, έχουν διδαχθεί όλες τις κατηγορίες των χημικών αντιδράσεων, έχουν λύσει ασκήσεις, έχουν γράψει τεστ. Η διδασκαλία της ενότητας αυτής καταλαμβάνει μεγάλο μέρος του διδακτικού χρόνου, που διατίθεται για τη Χημεία της Α΄ Λυκείου, σε ένα διδακτικό έτος. Μετά από όλα αυτά όμως, ο δάσκαλος έχει την ανάγκη να συνοψίσει και να συνδέσει, ως ένα βαθμό, όλα αυτά και ιδιαίτερα τα τρία επίπεδα που προαναφέρθηκαν, διότι εξ ανάγκης (διδακτικός χρόνος, στόχοι διδακτικής ώρας) κάθε φορά σε καθένα από τα μαθήματα που προηγήθηκαν, αναφερόταν σε ένα ή το πολύ δύο από αυτά. Δεδομένου του διδακτικού χρόνου της μιας διδακτικής ώρας, για το επαναληπτικό μάθημα στο οποίο αναφερόμαστε και του στόχου του εκπαιδευτικού μέσα σε αυτόν τον χρόνο να συνοψίσει και να συνδέσει τα τρία επίπεδα, επιλέχθηκε η ανωτέρω μεθοδολογία του πειράματος επίδειξης.

Μετά το τέλος της διδασκαλίας γίνεται η αξιολόγηση της, με τη χρήση ενός μικρού τεστ αξιολόγησης (Παράρτημα 2), το οποίο δε βαθμολογείται, αλλά χρησιμοποιείται για την εξαγωγή συμπερασμάτων από τον εκπαιδευτικό. Το τεστ περιλαμβάνει δύο αντιδράσεις αντίστοιχες και μια όμοια με αυτές τους φύλλου εργασίας και η διαδικασία συμπλήρωσης είναι επίσης όμοια. Κατά την εφαρμογή της παραπάνω διδασκαλίας στην πράξη, φάνηκε τόσο από το τεστ αξιολόγησης της διδασκαλίας που προαναφέρθηκε, όσο και από τις επιδόσεις των μαθητών σε επόμενες προφορικές και γραπτές δοκιμασίες, ότι η διδασκαλία βοήθησε τους μαθητές προς την κατεύθυνση που επιδίωκε ο εκπαιδευτικός.

Συζήτηση – Συμπεράσματα

Η παραπάνω διαδικασία φαίνεται ότι έχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Ο μαθητής μαθαίνει ενεργητικά συμπληρώνοντας το δικό του φύλλο εργασίας.
- Ο μαθητής μαθαίνει να συνεργάζεται με το διπλανό του στο θρανίο και να μην απομονώνεται σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον, ενώ συγχρόνως –αν και πιθανόν αδύνατος- παρακολουθεί το ρυθμό της τάξης.

- Ο μαθητής μαθαίνει να αυτοαξιολογείται και να μαθαίνει από τα λάθη του τα οποία διορθώνει μόνος του.
- Ο μαθητής μαθαίνει ότι τα τρία επίπεδα (μακροσκοπικό, μικροσκοπικό, συμβολικό) δεν είναι ξεκομμένα και συνιστούν τρεις διαφορετικούς τρόπους προσέγγισης του ίδιου φαινομένου. Επιστημολογικά αναγνωρίζει ότι η ανάγκη αναζήτησης ερμηνειών σε πολλά επίπεδα προέκυψε από την πολυπλοκότητα των διεργασιών που συμβαίνουν στη φύση και από την προσπάθεια του ανθρώπου-επιστήμονα να εξηγήσει τον φυσικό κόσμο όσο καλύτερα μπορεί.
- Ο μαθητής μαθαίνει μέσω δύο πολύ προσφιλών του μέσων/διαδικασιών, την πειραματική/εργαστηριακή διδασκαλία και τη διδασκαλία μέσω υπολογιστή, λειτουργώντας καλύτερα σε ένα ελκυστικότερο μαθησιακό περιβάλλον (Μιτζήθρας, & Καλκάνης 2013).

Είναι γεγονός ότι με την παραπάνω διαδικασία οι μαθητές δεν έχουν τη δυνατότητα για ομαδική δουλειά στο εργαστήριο - αν και κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις μπορεί να προσαρμοσθεί αυτή ανάλογα. Τα οφέλη από την ομαδική δουλειά στο εργαστήριο είναι πολλαπλά και αναντικατάστατα (Μπομπέτσης & Στεφανή 2004), όπως συμβαίνει και με το μετωπικό εργαστήριο έναντι του πειράματος επίδειξης, το οποίο χρησιμοποιείται εδώ. Στη συγκεκριμένη διδακτική πρόταση όμως τα οφέλη αυτά παρακάμπτονται προκειμένου να επιτευχθούν άλλοι βασικοί στόχοι, όπως είναι η επιτυχής σύνδεση των τριών επιπέδων στο συγκεκριμένο διδακτικό χρόνο, καθώς και η επανάληψη όλων των βασικών τύπων χημικών αντιδράσεων, που έχουν ήδη διδαχθεί. Και για τους δύο αυτούς λόγους απαιτείται η διεξαγωγή πολλών χημικών αντιδράσεων στο μικρό διδακτικό χρόνο της μιας διδακτικής ώρας. Με τη συγκεκριμένη μεθοδολογία αυτό επιτυγχάνεται και ο διδακτικός χρόνος αξιοποιείται στο μέγιστο βαθμό, όπως έδειξε η εφαρμογή της. Ανάλογα προσαρμοσμένη η μεθοδολογία που περιγράφεται εδώ μπορεί να εφαρμοσθεί σε άλλες θεματικές ενότητες σε συνάρτηση πάντα με τους στόχους που τίθενται κάθε φορά.

Αναφορές

- Coll, R.K., & Taylor, N. (2002). Mental models in chemistry: Senior chemistry students mental models
Gilbert, J.K., & Boulter, C.J. (1998). Learning science through models and modeling. In B.J. Fraser & Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry - logical or psychological? Chem. Educ. Res. Pract. Eur., 1 (1), 9-15.
Johnstone, A. H. (2010). You can't get there from here. J. Chem. Educ., 87 (1), 22-29.
K.G. Tobin (Eds.), International handbook of science education (pp. 53–66). Amsterdam: Kluwer Academic.
of chemical bonding. *Chemistry Education Research and Practice*, 3, 175–184.
Stefani, C. & Tsaparlis, G. (2009) Students' Levels of Explanations, Models, and Misconceptions in Basic Quantum Chemistry: A Phenomenographic Study. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 520–536.
Tsaparlis, G. (2009). Learning at the macro level: The role of practical work. In J. K. Gilbert, D. Treagust (Eds), Multiple representations in chemical education, Springer, pp. 109-136.
Γκίτζια, Β., Σάλτα, Κ., Τζουγκράκη, (2013) Χ. Διερεύνηση της ικανότητας μαθητών και φοιτητών να μεταφράζουν χημικές αναπαραστάσεις. Πρακτικά VIII Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 28-235, Βόλος
Μιτζήθρας, Κ. & Καλκάνης, Θ. (2013) Ένα πλήρες Διαδραστικό Περιβάλλον με Δυναμικές Προσομοιώσεις του μικροκόσμου για την Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες. Πρακτικά VIII Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 123-130, Βόλος
Μπομπέτσης & Στεφανή (2004), Εφαρμογή της Ομαδοσυνεργατικής Μεθόδου στην Εργαστηριακή Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα και Πράξη*, 8-9, 22-31

Παράρτημα 1

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ χημικές αντιδράσεις ΤΜΗΜΑ

ΟΝΟΜΑΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ

A) Να γράψετε τις χημικές εξισώσεις των παρακάτω αντιδράσεων.

B) Να χαρακτηρίσετε την κάθε μια από τις χημικές αντιδράσεις ως οξειδοαναγωγική ή μεταθετική

Γ) Να προσδιορίσετε το είδος της αντίδρασης (π.χ. σύνθεση, διάσπαση, εξουδετέρωση)

1) Νιτρικός μολύβδος II + ιωδιούχο κάλιο →

- 1Α)
1Β)
1Γ).....

2) Ανθρακικό νάτριο + υδροχλωρικό οξύ -->

- 2Α)
2Β)
2Γ).....

3) Σίδηρος + υδροχλωρικό οξύ →

- 3Α)
3Β)
3Γ).....

4) Υπεροξείδιο του υδρογόνου (+ κομμάτι πατάτας) →

- 4Α)
4Β)
4Γ).....

5) Υδροχλωρικό οξύ + (σταγόνες δείκτη φαινολοφθαλεΐνη) + υδροξείδιο του νατρίου →

- 5Α)
5Β)
5Γ).....

Παράρτημα 2

**ΤΕΣΤ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ χημικές αντιδράσεις ΤΜΗΜΑ
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ**

1) Θεικό οξύ (σταγόνες δείκτη φαινολοφθαλεΐνη) + υδροξείδιο του καλίου →

- 1Α)
1Β)
1Γ).....

2) Σίδηρος + θεικός χαλκός →

- 2Α)
2Β)
2Γ).....

3) Ιωδιούχο κάλιο + νιτρικός μόλυβδος ΙΙ →

- 3Α)
3Β)
3Γ).....

Η σελίδα έχει μείνει κενή

«Οι μαθητές παρουσιάζουν»: μια εκπαιδευτική δραστηριότητα

Σπύρος Τσοβόλας

Φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Αγρινίου
stsovol@sch.gr

Κωνσταντίνος Μπακολίτσας

Βιολόγος, συνεργάτης Ε.Κ.Φ.Ε. Αγρινίου
mail@ekfe-agrin.ait.sch.gr

Θεοφάνης Ντασιώτης

Χημικός, συνεργάτης Ε.Κ.Φ.Ε. Αγρινίου
mail@ekfe-agrin.ait.sch.gr

Χαράλαμπος-Νεκτάριος Μπαγιώργας

Φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Μεσολογγίου
chbagior@sch.gr

Περίληψη

Η παρούσα εργασία ασχολείται με την παρουσίαση μιας καινοτόμου εκπαιδευτικής πρακτικής, κατά την οποία ομάδες μαθητών παρουσιάζουν θέματα στους μαθητές όλου του σχολείου. Η πρακτική αυτή, η οποία βασίστηκε σε γνώσεις που προέκυψαν μέσα από εκτεταμένο πειραματισμό στα σχολεία της περιοχής μας, υλοποιήθηκε σε σχολική εκδήλωση στο τέλος της σχολικής χρονιάς. Η προτεινόμενη εκπαιδευτική εκδήλωση μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε θέματα που αφορούν κυρίως τις Φυσικές Επιστήμες, την Πληροφορική και την Τεχνολογία και η επιλογή της θεματολογίας της εκδήλωσης μπορεί να βασίζεται σε θέματα της διδαχθείσας ύλης, αντικείμενα επισκέψεων σε μουσεία, βιότοπους και παραγωγικές μονάδες, θέματα από την καθημερινότητα κ.ά.

Λέξεις κλειδιά: Πείραμα, εργασία με ομάδες, ομότιμη αλληλεπίδραση, ημέρα επιστημών

Εισαγωγή

Τα πειράματα είναι ένα βασικό στοιχείο στη διαδικασία της μάθησης (Chiaverina & Vollmer; 2005; Engelhardt et al, 2013; Pattar et al, 2011; Zašcerinska et al, 2013; Wang and Zhu, 2013). Βασισμένη σε αυτό το δεδομένο είναι η δραστηριότητα που παρουσιάζεται του παρόντος άρθρου και αφορά στη διοργάνωση μίας ημέρας επιστημών. Κατά τη διάρκειά της ομάδες μαθητών παρουσιάζουν πειράματα από διάφορες θεματικές περιοχές στους μαθητές όλου του σχολείου ή σε επισκέπτες μαθητές.

Αρχικά αναφερόμαστε στη μεθοδολογία που εφαρμόστηκε σε οργανωτικό επίπεδο, ακολουθεί ενδεικτική θεματολογία της δραστηριότητας, στην οποία παρουσιάζονται αναλυτικά κάποιες αντιπροσωπευτικές πειραματικές επιδείξεις και, τέλος, συνοψίζονται οι παρατηρήσεις και τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή της συγκεκριμένης δραστηριότητας, όπου και δίνονται προτάσεις αξιολόγησης.

Μεθοδολογία

Δραστηριότητες σχετικές με τα παραπάνω παραδείγματα θα μπορούσαν να προετοιμαστούν από τους μαθητές και να παρουσιαστούν κατάλληλα στα πλαίσια μιας γιορτής - η οποία θα μπορούσε να ονομαστεί, για παράδειγμα, «Ημέρα των Επιστημών» - όπου θα γινόταν ανοιχτή επίδειξη όλων των παραπάνω δραστηριοτήτων.

Για την προετοιμασία της γιορτής οργανώνουμε ομάδες μαθητών που δουλεύουν από πριν πάνω σε επιλεγμένα θέματα με τη δική μας καθοδήγηση, ώστε την ημέρα των επιστημών κάθε ομάδα να είναι σε θέση να παρουσιάσει το θέμα για το οποίο έχει δουλέψει, σε όλο το σχολείο. Εδώ, αξίζει να σημειωθεί πως η επιλογή του θέματος από την κάθε ομάδα γίνεται ελεύθερα, με βάση το ενδιαφέρον

των μαθητών. Η σύνθεση των ομάδων πραγματοποιείται με μοναδικό κριτήριο το ενδιαφέρον για το θέμα. Σε περίπτωση που υπάρχει αυξημένο ενδιαφέρον για συγκεκριμένα θέματα (συνήθως τα πιο εντυπωσιακά) ακολουθεί κλήρωση. Εντός της κάθε ομάδας, όλοι οι ρόλοι εναλλάσσονται κυκλικά, εκτός από το ρόλο του συντονιστή-αρχηγού ο οποίος πάντα ανατίθεται σε εκπαιδευτικό. Χωροταξικά, η εκδήλωση θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί με βάση το Σχήμα 1 (παρατίθενται οι πάγκοι των ομάδων με τις ονομασίες που είχαν αυτές, ανάλογα με το αντικείμενο που παρουσίαζαν).



Σχήμα 1. Οργανόγραμμα της εκδήλωσης

Σύμφωνα με τη διάταξη αυτή, οι μαθητές του σχολείου που πραγματοποιεί επίσκεψη περιφέρονται διαδοχικά και κυκλικά, από πάγκο σε πάγκο, ανά μικρές ομάδες. Κάθε ομάδα έχει οργανώσει τον πάγκο της επιδεικνύοντας αυτά για τα οποία έχει προετοιμαστεί στις μικρές ομάδες μαθητών που περνούν από μπροστά της, κάθε φορά.

Σε περίπτωση που οι υποδομές του σχολείου δεν ευνοούν την παραπάνω διάταξη λόγω έλλειψης χώρου (πρέπει ο ένας πάγκος από τον άλλο να απέχει ικανοποιητικά για να μην δημιουργείται οχλαγωγία) μπορεί να στηθεί μόνο μια σκηνή-πάγκος στην οποία κάθε ομάδα διαδοχικά θα παρουσιάζει το θέμα της, ενώ οι μαθητές παρακολουθούν την επίδειξη όλοι μαζί, από κάτω. Στην περίπτωση αυτή, κάθε ομάδα παρουσιάζει μόνο μια φορά το συγκεκριμένο θέμα με το οποίο έχει επιφορτιστεί, οπότε το κόστος των υλικών είναι πολύ λιγότερο, ενώ και η προετοιμασία των ομάδων και η εμβάθυνση στο θέμα μπορεί να είναι μεγαλύτερη, αφού αυτό επιδεικνύεται μόνο μια φορά με μεγαλύτερη χρονική άνεση. Στα μειονεκτήματα της περίπτωσης αυτής είναι ότι οι επισκέπτες μαθητές παρακολουθούν από μακριά και πολλοί μαζί.

Στην επόμενη παράγραφο παρατίθεται μια ενδεικτική θεματολογία για την προτεινόμενη εκδήλωση, βασισμένη κυρίως στην ελληνική βιβλιογραφία (Σιδέρης & Μητσιαδάης, 1994; Μανουσάκης, 1985; Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2002a, 2002b; Μπουρούτης, 1984; Ψηφιακό Σχολείο, 2015).

Ενδεικτική θεματολογία εκδήλωσης

1. Μυστικές γραφές και επικοινωνίες

Το αόρατο μελάνι ήταν μία μέθοδος που χρησιμοποιούνταν αρκετά, τα παλιότερα χρόνια, για μεταφορά μηνυμάτων που θα μπορούσαν να διαβαστούν μόνο από συγκεκριμένα άτομα. Συνήθως, πάνω από κάποιο κείμενο αδιάφορου περιεχομένου γραφόταν με χυμό λεμονιού (αντί για μελάνι) το κρυφό μήνυμα. Το κρυφό μήνυμα θα διαβαζόταν αν το χαρτί ζεσταινόταν σε φλόγα κεριού. Η μεθοδολογία αναπτύσσεται τόσο με χυμό λεμονιού, όσο με δείκτες, αλλά και με ενώσεις σιδήρου και συγκεκριμένα με το κυανούν του Βερολίνου.

A. Μυστική γραφή με λεμόνι

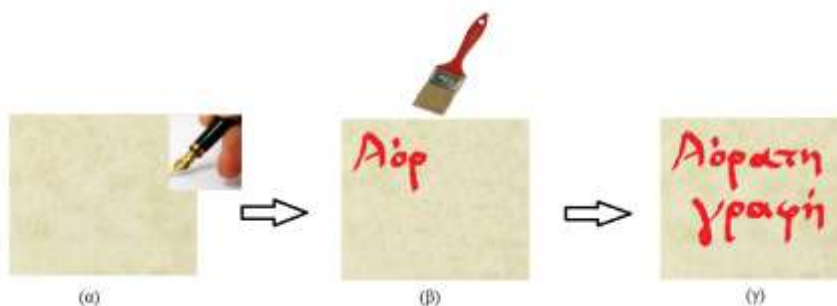
Στύβουμε ένα λεμόνι και με ένα πολύ λεπτό πινέλο ή μπατονέτα γράφουμε ή σχεδιάζουμε σε λευκό χαρτί, αφήνοντάς το να στεγνώσει, οπότε δεν φαίνεται τίποτα. Για να αποκαλυφθεί η γραφή ζεσταίνουμε το χαρτί. Χρειάζεται λίγη προσοχή, ώστε το χαρτί να τοποθετηθεί στην κατάλληλη απόσταση από τη φλόγα, ώστε να μην μαυρίσει. Η περιοχή του χαρτιού που είχε διαβραχεί με το λεμόνι, καθώς ζεσταίνεται, θα πάρει ένα καφεκίτρινο χρώμα και έτσι θα αποκαλυφτεί το μήνυμα (Σχήμα 2). Για λόγους ασφάλειας, δίπλα από τον πάγκο εργασίας, πρέπει πάντα να υπάρχει λεκάνη με νερό.



Σχήμα 2. (α) Γραφή με λεμόνι (β) Αποκάλυψη με θέρμανση από φλόγα

B. Μυστική γραφή με δείκτες

Εάν γράψουμε πάνω σε ένα λευκό χαρτί με δείκτη φαινολοφθαλεΐνης και αφήσουμε να εξατμιστεί το οινόπνευμα που περιεχόταν στο διάλυμα του δείκτη, θα έχουμε μια ακόμη αόρατη γραφή. Για να εμφανίσουμε τη γραφή ρίχνουμε πάνω στο χαρτί μία βάση: πχ. ψεκάζουμε με καθαριστικό υγρό τζαμιών (το οποίο περιέχει βάση) ή απλώνουμε διάλυμα βάσης δικής μας κατασκευής με ένα πινέλο, οπότε αποκαλύπτεται η γραφή (Σχήμα 3).

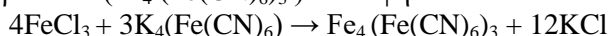


Σχήμα 3. (α) Γραφή με Φαινολοφθαλεΐνη (β) Απλώμα βάσης (γ) Αποκάλυψη γραφής

Η ίδια τεχνική μπορεί να πραγματοποιηθεί και με άλλους δείκτες. Αν χρησιμοποιήσουμε δείκτη βρωμοθυμόλης, πρέπει το χαρτί να είναι υποκίτρινο (επειδή μόνο σε τέτοιου είδους χαρτί η γραφή γίνεται πραγματικά αόρατη) και για την εμφάνιση του μηνύματος υπάρχουν δύο λύσεις: είτε βρέχουμε το χαρτί με οξύ (οπότε θα πάρουμε με μπλε χρώμα το σχέδιο ή το κείμενο που γράψαμε) είτε με βάση (οπότε θα «ανακτήσουμε» την αόρατη γραφή με κίτρινο χρώμα).

Γ. Με το κυανούν του Βερολίνου (μόνο για μαθητές Λυκείου)

Ο τριχλωριούχος σίδηρος αντιδρά με το σιδηροκυανιούχο κάλιο και δημιουργεί το κυανούν του Βερολίνου ($\text{Fe}_4(\text{Fe}(\text{CN})_6)_3$) που αφήνει ένα έντονο σκούρο σημάδι.



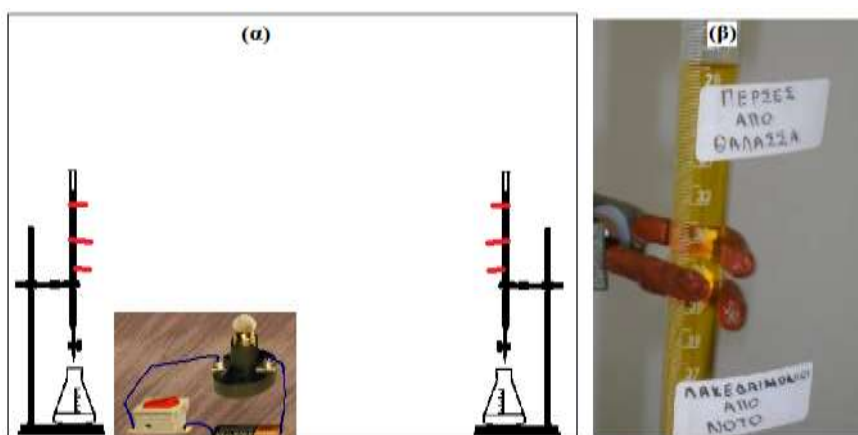
Ο τριχλωριούχος Σίδηρος, όπως και το σιδηροκυανιούχο κάλιο, είναι άτονα χρωματισμένα (αόρατη γραφή) αν είναι πρόσφατα παρασκευασμένα και σε αραιά διαλύματα.

Φτιάχνουμε διάλυμα με σιδηροκυανιούχο κάλιο και με μια μπατονέτα ή λεπτό πινέλο γράφουμε σε χαρτί. Το αφήνουμε να στεγνώσει και είναι σχεδόν αόρατο.

Η αόρατη γραφή αποκαλύπτεται όπως και πριν, με πέρασμα τριχλωριούχου σιδήρου με ένα πινέλο διαλύματος πάνω στο χαρτί.

II. Υδραυλικός τηλέγραφος

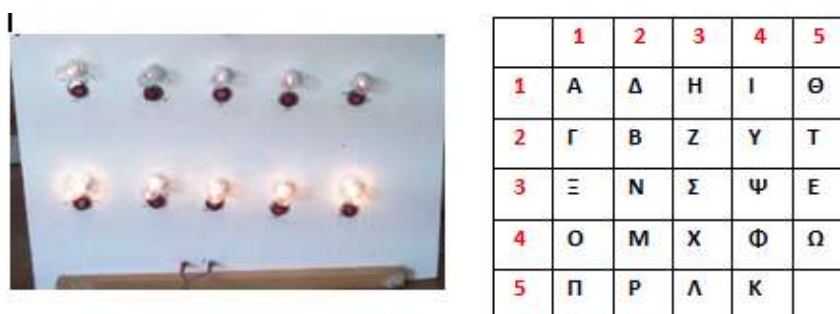
Γεμίζουμε δύο ίδιες προχοΐδες με χρωματιστό υγρό, τις ανοίγουμε ταυτόχρονα με ένα φωτεινό σήμα και τις κλείνουμε πάλι, ταυτόχρονα με νέο φωτεινό σήμα. Η στάθμη του υγρού μπορεί να αντιστοιχηθεί σε επιθυμητό προσυμφωνημένο μήνυμα, οπότε ο λήπτης του φωτεινού μηνύματος, αφού ανοίξει και κλείσει την δική του προχοΐδα (ανάλογα με τις εντολές που έλαβε), τελικά, «διαβάσει» το αποτέλεσμα, αποκωδικοποιώντας το ύψος της στάθμης. Η αναπαράσταση της λειτουργίας του υδραυλικού τηλέγραφου με προχοΐδες παριστάνεται στο Σχήμα 4.α. Στο Σχήμα 4.β φαίνεται σε μεγέθυνση η προχοΐδα, το είδος της κωδικοποίησης που χρησιμοποιήθηκε και το μήνυμα που μεταδόθηκε τελικά («Πέρσες από θάλασσα»).



Σχήμα 4. (α) Αναπαράσταση λειτουργίας υδραυλικού τηλέγραφου με προχοΐδες. (β) Παράδειγμα κωδικοποίησης υδραυλικού τηλέγραφου

III. Επικοινωνία με Πορσίες

Με μια διάταξη που περιλαμβάνει δέκα λαμπάκια σε δυο σειρές (από πέντε η κάθε σειρά, Εικόνα 5) - τα οποία ανάβουν κάθε φορά και με άλλο συνδυασμό - μπορεί να μεταδοθεί όλο το αλφάβητο. Ο αριθμός από τα λαμπάκια που ανάβουν στην πάνω σειρά αντιστοιχεί στη συντεταγμένη x ενός πίνακα 5×5 , ενώ ο αριθμός από τα λαμπάκια που ανάβουν στην κάτω σειρά αντιστοιχεί στη συντεταγμένη y του πίνακα. Για παράδειγμα, αν ανάψει ένα λαμπάκι από την πάνω σειρά και ένα από την κάτω μεταδίδεται η πληροφορία της θέσης 1-1 (πρώτη γραμμή - πρώτη στήλη) δηλαδή το Α. Αν ανάψουν δύο λαμπάκια από την πάνω σειρά και ένα από την κάτω μεταδίδεται η πληροφορία της θέσης 2-1 δηλαδή ο χαρακτήρας Δ. Το Κ μεταδίδεται όταν ανάψουν τέσσερα λαμπάκια πάνω και πέντε κάτω.



Σχήμα 5. Διάταξη με λαμπάκια και πίνακας των χαρακτήρων του αλφαβήτου με συντεταγμένες

IV. Παρασκευή χρήσιμων ή βρώσιμων υλικών

A. Παρασκευή τυριού

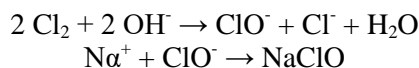
Μια δραστηριότητα που εκπλήσσει ευχάριστα τους μαθητές είναι η παρασκευή τυριού. Βράζουμε το γάλα (οποιοδήποτε είδους, ανάλογα με το είδος του τυριού που θέλουμε να παρασκευάσουμε), έως ότου αυτό φουσκώσει, οπότε προσθέτουμε χυμό λεμονιού. Σε 1 κιλό φρέσκο γάλα αντιστοιχούν 1,5 λεμόνια. Η πήξη επιτυγχάνεται πολύ γρήγορα και το παραγόμενο τυρί είναι άμεσα βρώσιμο και

ασφαλές από ασθένειες όπως ο μελιταίος πυρετός. Αξίζει να σημειωθεί ότι, κατά την επίδειξη του θέματος αυτού και παρόλο που η ευρύτερη περιοχή μας είναι αγροτοκτηνοτροφική, οι μαθητές εξεπλάγησαν ευχάριστα σε μεγάλο βαθμό, γιατί θεωρούσαν πως υπήρχε κάποια «κρυμμένη γνώση» σχετικά με την παρασκευή τυριού στα τυροκομεία, ενώ, όπως διαπίστωσαν, η παρασκευή τυριού είναι κάτι που μπορεί να γίνει σχετικά εύκολα, ακόμη και από τους ίδιους (Εικόνα 6α).

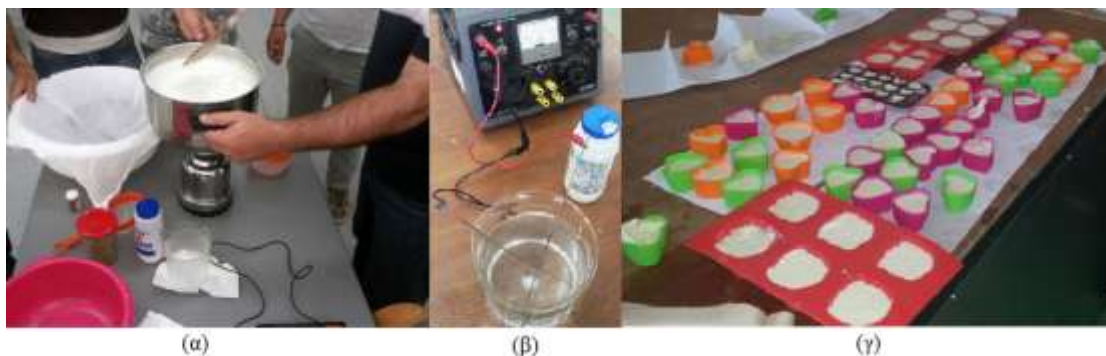
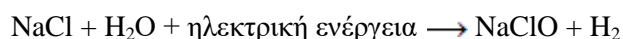
B. Παρασκευή χλωρίνης

Ένα χρήσιμο υλικό για οικιακές εφαρμογές είναι η χλωρίνη, η οποία μπορεί να παρασκευαστεί σχετικά εύκολα, με ηλεκτρόλυση αλατόνερου (Εικόνα 6β). Η διαδικασία αυτή δεν ενέχει κανένα κίνδυνο, αφού αρκούν χαμηλές τάσεις και ακίνδυνα υλικά, ενώ κοστίζει ελάχιστα.

Τα ιόντα του διαλύματος είναι: Na^+ , Cl^- , OH^- , H^+ . Στην κάθοδο παράγεται υδρογόνο. Τα ιόντα υδροξυλίου και το χλώριο δίνουν υποχλωριώδες οξύ, το οποίο με τα ιόντα νατρίου δίνει το υποχλωριώδες νάτριο (NaClO).



Συνολικά:



Σχήμα 6. Παρασκευή (α) τυριού, (β) χλωρίνης και (γ) σαπουνιού

Γ. Παρασκευή σαπουνιού

Μεγάλου ενδιαφέροντος είναι η παρασκευή σαπουνιού. Είναι μια δραστηριότητα που μπορεί να πραγματοποιηθεί εύκολα και εντός του σχολείου – π.χ. στα πλαίσια ενός project. Μερικά σχολεία έχουν υιοθετήσει μια οικολογική πρακτική παρασκευάζοντας σαπούνι με ανακύκλωση τηγανόλαδου, το οποίο συλλέγουν οι μαθητές στα σπίτια τους.

Οι δραστηριότητες της παρασκευής χλωρίνης και σαπουνιού μπορούν να συνδυαστούν με την παραγωγή αιθέριων ελαίων από απόσταξη διαφόρων φυτών, αφού μικρές ποσότητες αιθέριων ελαίων θα μπορούσαν να προστεθούν στα τελικά στάδια (της παρασκευής χλωρίνης και σαπουνιού), για την δημιουργία αρωματικών παρασκευασμάτων. Για το λόγο αυτό, η συσκευή απόσταξης που έχουμε στα εργαστήρια μπορεί να αξιοποιηθεί σχετικά, αφού ακόμη και μικρές ποσότητες αιθέριων ελαίων αρκούν.

V. Μαγικά τρικ

A. Ψεύτικο τραύμα που αιμορραγεί

Στον κινηματογράφο υπάρχουν πολλές περιπτώσεις που οι ηθοποιοί «τραυματίζονται» και «αιμορραγούν», σύμφωνα με το σενάριο. Το «μάτωμα» αυτό είναι ψεύτικο και μπορούμε να το αναπαραστήσουμε σχετικά εύκολα.

α) Απλώνουμε στην παλάμη μας διάλυμα δείκτη φαινολοφθαλεΐνης. Στεγνώνει πολύ γρήγορα, αφού η φαινολοφθαλεΐνη είναι διαλυμένη σε οινόπνευμα.

β) Με ένα μαχαίρι, το οποίο έχουμε βαπτίσει προηγουμένως σε διάλυμα NaOH (ώστε να είναι ακόμη υγρό) αγγίζουμε ελαφρά την παλάμη μας, με τέτοιο τρόπο ώστε να φαίνεται πως προσπαθούμε να την κόψουμε, χωρίς να τραυματιστούμε στ' αλήθεια (το μαχαίρι είναι τέτοιο που δεν προκαλεί τραυματισμό). Τα σημεία του δέρματος που διατρέχει το μαχαίρι αφήνουν μια κόκκινη γραμμή, σαν

αίμα, λόγω της παρουσίας της φαινολοφθαλεΐνης και της εναπόθεσης μικρών ποσοτήτων διαλύματος NaOH, οπότε δημιουργείται η εντύπωση πως «τραυματιζόμαστε».

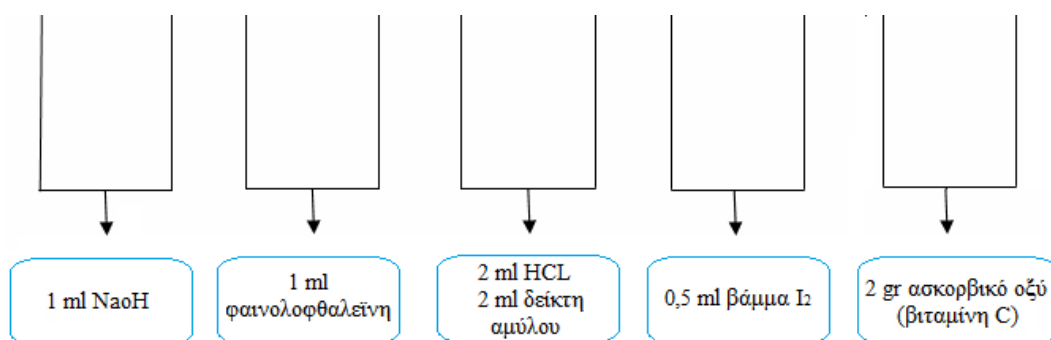
γ) Το κόκκινο χρώμα - «αίμα» εξαφανίζεται μετά το τέλος του πειράματος, με πέρασμα του δέρματος με ένα πανί εμποτισμένο με ασθενές οξύ π.χ. πανί με ξύδι, λεμόνι ή αραιό HCl.

B. Το «θαύμα» μετατροπής του κρασιού σε νερό ή μελάνη

Πρόκειται για μια εντυπωσιακή επίδειξη, κατά την οποία μπορούμε να κάνουμε τους μαθητές να πιστέψουν πως μετατρέπουμε ένα υγρό σε κάτι άλλο. Για παράδειγμα, μπορούμε να κάνουμε μια επίδειξη μετατροπής του νερού σε κρασί, να το επαναφέρουμε στην αρχική του κατάσταση, μετά να το κάνουμε μελάνι και τέλος να το ξανακάνουμε νερό!

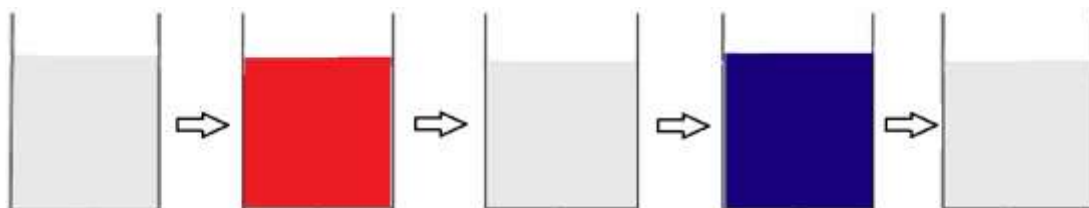
Η διαδικασία έχει ως εξής:

Χωρίς να γνωρίζουν οι θεατές, τοποθετούμε σε πέντε διάφανα πλαστικά ποτήρια τις ουσίες του Σχήματος 7, σε πολύ μικρές ποσότητες (ώστε να μην είναι ορατές):



Σχήμα 7. Αρχικές τοποθετήσεις ουσιών στα πέντε διάφανα πλαστικά ποτήρια

Γεμίζουμε το πρώτο από αριστερά ποτήρι με νερό (διαφανές) και στη συνέχεια αδειάζουμε το περιεχόμενό του στο δεύτερο ποτήρι, οπότε το χρώμα του γίνεται κόκκινο (κρασί). Στη συνέχεια, αδειάζουμε το «κρασί» στο τρίτο ποτήρι, οπότε ξαναγίνεται διαφανές (νερό). Μεταφέροντας το «νερό» στο τέταρτο ποτήρι αποκτά ένα σκούρο μπλε χρώμα (μελάνι), ενώ αν μεταφέρουμε το περιεχόμενο στο τελευταίο ποτήρι ξαναγίνεται διαφανές (νερό). Η σειρά με την οποία μεταβάλλονται τα χρώματα που θα παρατηρήσουμε κατά τη διαδοχική μετάγγιση του υγρού από το πρώτο μέχρι το πέμπτο ποτήρι φαίνεται στο Σχήμα 8.



Σχήμα 8. Αλλαγές χρωμάτων κατά τη μετάγγιση από αριστερά προς τα δεξιά

Η εξήγηση των αλλαγών αυτών είναι η ακόλουθη:

1. Προσθέτουμε νερό στο πρώτο ποτήρι => Βασικό διάλυμα
2. Ρίχνουμε το νερό στο δεύτερο ποτήρι => «κρασί» (η φαινολοφθαλεΐνη έγινε κόκκινη)
3. Ρίχνουμε το «κρασί» στο τρίτο ποτήρι => Έγινε «νερό» (η φαινολοφθαλεΐνη έγινε άχρωμη)
4. Ρίχνουμε το «νερό» στο τέταρτο ποτήρι => Έγινε «μελάνι» (σύμπλοκο I₂ και άμυλο)
5. Ρίχνουμε το «μελάνι» στο πέμπτο ποτήρι => Έγινε «νερό» (κατάρρευση συμπλόκου λόγω αναγωγής του I₂ σε I από το Ασκορβικό οξύ).

Γ. Ο ασκός του Αιόλου ή η απελευθέρωση του μαγικού τζίνι

Σε αδιαφανή φιάλη ρίχνουμε λίγο Υπεροξειδίου του Υδρογόνου. Βάζουμε μια μικρή ποσότητα Πυρολουσίτη σε ένα χαρτομάντιλο και το δένουμε με κλωστή, ώστε να φτιάξουμε ένα μικρό «σακουλάκι». Κατόπιν, κρεμάμε το σακουλάκι του πυρολουσίτη με την κλωστή από το πάμα της φιάλης (δεσμεύοντας την κλωστή καθώς πωματίζουμε τη φιάλη), με τέτοιο τρόπο, ώστε ο

Πυρολουσίτης να «αιωρείται» μέσα στη φιάλη, χωρίς να έρχεται σε επαφή με το περιεχόμενο Υπεροξειδίου του Υδρογόνου. Βγάζοντας το φελλό η κλωστή απελευθερώνεται και το σακουλάκι πέφτει μέσα στο Υπεροξειδίου του Υδρογόνου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να απελευθερώνεται ένα πλούσιο άσπρο σύννεφο από τη φιάλη, το οποίο είναι αρκετά εντυπωσιακό, όπως φαίνεται στο ακόλουθο Σχήμα 9.



Σχήμα 9. Ο ασκός του Αιόλου

Η εξήγηση του φαινομένου είναι πως ο πυρολουσίτης διασπά το Υπεροξειδίου του Υδρογόνου όταν έλθει σε επαφή μαζί του, οπότε από το μπουκάλι βγαίνουν υδρατμοί και οξυγόνο (δεν απελευθερώνονται επικίνδυνες ουσίες). Η διάσπαση του Υπεροξειδίου του Υδρογόνου είναι εξώθερμη, οπότε ο μόνος υπαρκτός κίνδυνος είναι να ραγίσει το γυάλινο μπουκάλι μετά από μερικές χρήσεις.

VI. «Αλχημεία»

Το τρικ αυτό περιλαμβάνει την «αλχημιστική» μετατροπή του χαλκού σε «ασήμι» και μετά σε «χρυσό» ($\text{Cu} \rightarrow \text{Ag} \rightarrow \text{Au}$). Για το σκοπό αυτό:

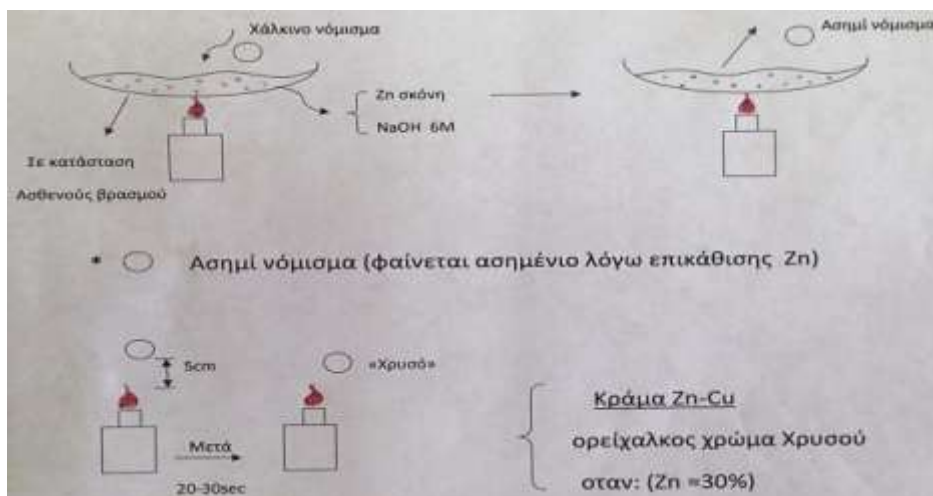
α) Προσθέτουμε σε κάψα πορσελάνης

Σκόνη $\text{Zn} \approx 2\text{gr}$ (θέρμανση σε σιγανό βρασμό)

$\text{NaOH } 6\text{M} \approx 30\text{ml}$ $\text{Zn} + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{ZnO}_2 + \text{H}_2$

β) Προετοιμάζουμε τα χάλκινα νομίσματα: με καθαρίσμα μέχρι να έχουμε το φωτεινό χρώμα του Cu και, κατόπιν, με εμβάπτιση σε $\text{KOH } 10\% \text{ w/w } 50^\circ\text{C}$ για καθαρισμό των λιπών από την επιφάνειά τους.

γ) Θερμαίνουμε το «ασημένιο» νόμισμα πάνω από φλόγα σε κατάλληλη απόσταση, ώστε να μην λιώσει το περιβλήμα που έχει επικαθίσει, οπότε το νόμισμα μετατρέπεται σε «χρυσό». Η διαδικασία παριστάνεται στο ακόλουθο Σχήμα 10.



Σχήμα 10. Μετατροπή χάλκινων νομισμάτων σε «ασημένια» ή «χρυσά»

Παρατηρήσεις και συμπεράσματα

Τα θέματα της προτεινόμενης θεματολογίας είναι ενδεικτικά, η λίστα των θεμάτων οφείλει να είναι ανοιχτή, αφού και οι μαθητές έχουν τις δικές τους προτάσεις. Η μεγαλύτερη δυσκολία έγκειται στο να οργανωθεί μια τέτοια εκδήλωση για πρώτη φορά. Απαιτείται καλή προετοιμασία του χώρου και στήσιμο των πάγκων ανάλογα με τις χωροταξικές δυνατότητες, ώστε ούτε οι μαθητές να «χάνονται», ούτε να δημιουργείται οχλαγωγία. Την επόμενη φορά που θα επαναληφθεί η εκδήλωση τα πράγματα θα είναι αρκετά ευκολότερα, κυρίως, σε ότι αφορά τα οργανωτικά θέματα.

Η πρόταση ταιριάζει καλύτερα σε μαθητές Γυμνασίου και, ειδικότερα, σ' αυτούς της Γ' τάξης, όπου υπάρχει το κατάλληλο μαθητικό δυναμικό (αναπτυγμένες τεχνικές δεξιότητες), αλλά και το γνωστικό επίπεδο των μαθητών είναι τέτοιο ώστε να υποστηρίξει ανάλογες δραστηριότητες. Την επόμενη χρονιά που θα πραγματοποιηθεί η γιορτή στο σχολείο, η νέα Γ' τάξη θα γνωρίζει τη διαδικασία από την προηγούμενη χρονιά και τα πράγματα θα είναι ευκολότερα.

Πολλά θα μπορούσαμε να σημειώσουμε για τα παιδαγωγικά οφέλη της συγκεκριμένης δραστηριότητας από την ομότιμη αλληλεπίδραση, την εργασία με ομάδες - άλλωστε, αυτά είναι θέματα γνωστά, που τα έχουν αναδείξει ερευνητές με πλήθος δημοσιεύσεων στην ελληνική και ξένη βιβλιογραφία. Αυτό που κυρίως οφείλουμε να τονίσουμε είναι το τεράστιο όφελος που εισπράττουν οι εκπαιδευτικοί με την προτεινόμενη εκπαιδευτική δραστηριότητα, λόγω της δημιουργίας αυξημένου ενδιαφέροντος και αυξημένων προσδοκιών από την πλευρά των μαθητών σε σχέση με το μάθημα της Χημείας πρωτίτως (αλλά και τα μαθήματα της Φυσικής, της Τεχνολογίας και της Πληροφορικής, δευτερευόντως), που τους κινητοποιούν για περαιτέρω μάθηση και αποτελούν παρακαταθήκη για το μαθητικό τους μέλλον στο Λύκειο.

Η εκδήλωση καταγράφεται ψηφιακά (βίντεο και φωτογραφίες). Το υλικό αυτό εμπλουτίζει, καταρχήν, την ιστοσελίδα του σχολείου - διοργανωτή, ώστε να γίνει στη συνέχεια δια-ομαδική συζήτηση, σε ολομέλεια τάξης. Επιπλέον, μπορεί να αποτελέσει πολύτιμο εργαλείο αξιολόγησης και αναστοχασμού, αφού στη συζήτηση αυτή επισημαίνονται αδύνατα σημεία, γνωστικές αδυναμίες, ασάφειες στις παρουσιάσεις, αλλά και αναδεικνύονται ειδικές δεξιότητες και επικοινωνιακές ικανότητες ορισμένων μαθητών. Επιπροσθέτως, τα ντοκουμέντα αυτά δημιουργούν ένα ιστορικό δράσεων στο σχολείο - διοργανωτή που θα διευκολύνει, τόσο τη διδασκαλία συγκεκριμένων εννοιών στην τάξη, όσο και την μελλοντική διοργάνωση παρόμοιας εκδήλωσης από το σχολείο (επιλογή θεμάτων, συγκρότηση ομάδων, κατανομή ρόλων κλπ). Στο επόμενο Σχήμα 11 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα λευκώματος από την ιστοσελίδα του σχολείου.



Σχήμα 11. Παράδειγμα λευκώματος από την ιστοσελίδα του σχολείου

Αναφορές

- Chiaverina, C. and Vollmer, M. (2005). Learning physics from the experiments. Proceedings of the Conference: 3rd International GIREP Seminar, Slovenia, September 5-9, 2005, Ljubljana.
- Engelhardt, P.V., Rebello, N.S., Ozimek, D.J. and Corpuz, E.D. (2003). The Teaching Experiment - What it is and what it isn't., *Part of the PER Conference series* (pp. 157-160). Proceedings of the Conference: Physics Education Research Conference, USA, August 6-7, 2003, Madison, WI.
- Pattar, U., Raybagkar, V.H. and Garg, S. (2011). Assessing the Effectiveness of Learning-Teaching Physics Through Traditional Laboratory Experiments. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 5(3), 517-523.
- Wang, S. and Zhu, P-J. (2013). Interactive Teaching in Classroom. *International Journal of Modern Education Forum (IJMEF)*, 2(3), 71-75.
- Zaščerinska, J., Zaščerinskis, M., Andreeva, N. and Aleksejeva, L. (2013). Factors that Influence the Educational Process. *International Journal of Modern Education Forum*, 2(3), 57-65.
- Μανουσάκης, Γ, (1985). *Η μαγεία της χημείας μέσα από πειράματα*. Θεσσαλονίκη: MLS Πληροφορική.

Μητσιάδης, Σ. (1994). *Οδηγός πειραμάτων Χημείας*. Αθήνα: εκδ. Σαββάλα.

Μπουρούτης, Ι, (1984). *Πειράματα Φυσικής τόμοι Ι& ΙΙ*. Αθήνα: ΟΕΔΒ.

Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2002) *Πειράματα φυσικών επιστημών με υλικά καθημερινής χρήσης*, Αθήνα: ΟΕΔΒ.

Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2002). *Κατάλογος Οργάνων και συσκευών Εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: ΟΕΔΒ.

Ψηφιακό Σχολείο (2015). <http://ebooks.edu.gr/> Σχολικά βιβλία και εργαστηριακοί οδηγοί Φυσικής, Χημείας, Βιολογίας. Ημερομηνία προσπέλασης: 20-10-15

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Συνεδρία Πόστερς

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Αξιολόγηση του εργαστηριακού μαθήματος Φυσικής στην Α΄ Γυμνασίου μετά τη διετή εφαρμογή του

Μαρία Χατζηγεωργίου

Γεωλόγος, Ζάννειο Πειραματικό Γυμνάσιο Πειραιά
mairhxatzi@gmail.com

Κλεοπάτρα Νικολοπούλου

Φυσικός, Ζάννειο Πειραματικό Γυμνάσιο Πειραιά
klnikolopoulou@ath.forthnet.gr

Περίληψη

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να συνθέσει και να αναδείξει τα αποτελέσματα της διετούς έρευνας (2013-14 και 2014-15) που διενεργήθηκε στους μαθητές της Α΄ τάξης του Ζάννειου Πειραματικού Γυμνασίου Πειραιά, σχετικά με την ικανοποίηση ή μη των μαθητών από την εισαγωγή αυτού του νέου εργαστηριακού μαθήματος, την ποικιλία των δραστηριοτήτων/ερεθισμάτων που τους παρέχει και το βαθμό ανταπόκρισης των μαθητών στις απαιτήσεις του. Η συνολική αξιολόγηση της εκπαιδευτικής διαδικασίας με τη βοήθεια ερωτηματολογίου έδειξε ότι η συντριπτική πλειονότητα των μαθητών αποτιμά θετικά την εισαγωγή του νέου μαθήματος της Φυσικής της Α΄ Γυμνασίου. Το πιο ευχάριστο στοιχείο της διδασκαλίας, όπως δηλώθηκε από τους μαθητές και τις δύο χρονιές, ήταν η ενεργή συμμετοχή τους στην εκτέλεση των πειραμάτων. Η ομαδοσυνεργατική εργασία είναι εποικοδομητική, αλλά παράλληλα αφήνει περιθώρια χαλάρωσης μέσα στο σχολικό εργαστήριο με κάπως αυξημένη την αναστάτωση και την κινητικότητα των μαθητών, κατεξοχήν των αγοριών. Για την καλύτερη διεξαγωγή του μαθήματος προτείνεται η διχοτόμηση του κάθε τμήματος -απόφαση που πήρε ήδη το ΕΠΕΣ του σχολείου και εφαρμόστηκε τη δεύτερη σχολική χρονιά- έτσι ώστε να διευκολύνεται η απρόσκοπτη διεξαγωγή του εργαστηριακού και ταυτόχρονα βιωματικού αυτού μαθήματος.

Λέξεις-κλειδιά: Φυσική Α΄ Γυμνασίου, ομαδοσυνεργατικά, βιωματική μάθηση, εργαστήριο ΦΕ

Εισαγωγή

Η εισαγωγή του μαθήματος της Φυσικής στην Α΄ Γυμνασίου κατά το σχολικό έτος 2013-14 προέκυψε ως ιδεώδης ευκαιρία οργανικής σύνδεσης των αναλυτικών προγραμμάτων των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) του Δημοτικού με εκείνα του Γυμνασίου και μιας νέας αφετηρίας της εργαστηριακής διδασκαλίας του μαθήματος (Φασουλόπουλος, 2013). Σύμφωνα με τους συγγραφείς του βιβλίου (Καλκάνης et al, 2013), ο κύριος διδακτικός σκοπός του είναι η ομαλή μετάβαση των μαθητών από την περιγραφική προσέγγιση φυσικών εννοιών και φυσικών φαινομένων στο δημοτικό σχολείο στην ποσοτική προσέγγισή τους ως φυσικών μεγεθών και φυσικών διαδικασιών, αντίστοιχα, στο Γυμνάσιο. Η προτεινόμενη διδακτική στρατηγική προτρέπει τους μαθητές να ακολουθήσουν την επιστημονική μέθοδο με έμφαση στην ποσοτική επεξεργασία των μετρήσεων σε αντίθεση με την αντίστοιχη περιγραφική διαχείριση των πειραμάτων στο Δημοτικό μέσω της ομαδοσυνεργατικής εργασίας.

Πρέπει να σημειωθεί ότι τόσο το μικρό χρονικά εύρος σχεδιασμού κι εκτέλεσης του εγχειρήματος που αποτυπώνεται σε αυτή την εργασία όσο και κάποιες οργανωτικές δομικές ατέλειες που σημειώθηκαν, οδήγησαν σε μια σειρά προβλημάτων που σχετίζονται εκτός των άλλων και με την αρνητική αντιμετώπιση των μαθητών προς το νεοεισαχθέν μάθημα ενδεχομένως λόγω της δυσκολίας τους να διαχειριστούν γενικούς νόμους, φυσικές έννοιες και μαθηματικούς τύπους (Osborne et al, 2003) καθώς επίσης και με την έλλειψη κατάλληλου εξοπλισμού των σχολικών εργαστηρίων σε αρκετές μονάδες της επικράτειας που θα μπορούσαν να υποστηρίξουν τις θεματικές ενότητες του σχολικού εγχειριδίου της Φυσικής (Φασουλόπουλος, 2013).

Υλικά και Μέθοδος

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω δεδομένα και καταγράφοντας μια κατανοητή πλέον ανησυχία της εκπαιδευτικής κοινότητας για τις σχηματισθείσες απόψεις και αντιλήψεις των μαθητών της Α΄ Γυμνασίου για το μάθημα της Φυσικής στο εβδομαδιαίο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (ΑΠΣ)

κρίθηκε απαραίτητη η διεξαγωγή γενικότερων συμπερασμάτων και προτάσεων της διετούς εκπαιδευτικής έρευνας που έλαβε χώρα στο Ζάννειο Πειραματικό Γυμνάσιο Πειραιά και ολοκληρώθηκε το Μάιο του 2015.

Μέσω της ερευνητικής αυτής μελέτης έγινε προσπάθεια να αποτιμηθεί η αποτελεσματικότητα της ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας και η εφαρμογή της επιστημονικής μεθόδου μέσα από τη διερευνητική μάθηση που ενθαρρύνει το ΑΠΣ ώστε να αποτελέσει οδηγό βελτίωσης της εκπαιδευτικής διαδικασίας (Τσελέντης κ.ά., 2014). Καθίσταται σαφές ότι οι απόψεις των μαθητών για το μάθημα είναι πολύ σημαντικές επειδή μπορεί να δώσουν ανατροφοδότηση στους διδάσκοντες για τη βελτίωση της διδασκαλίας του μαθήματος (Νικολοπούλου, 2015).

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να αναδείξει τα αποτελέσματα της διετούς έρευνας που διενεργήθηκε στους μαθητές της Α΄ τάξης του Ζάννειου Πειραματικού Γυμνασίου με τη βοήθεια ερωτηματολογίου ώστε να διεξαχθούν συμπεράσματα για την ικανοποίηση ή μη των μαθητών από την εισαγωγή αυτού του νέου εργαστηριακού μαθήματος, για την ποικιλία των δραστηριοτήτων/ερεθισμάτων που τους παρέχει και αν οι μαθητές μπορούν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις του.

Μεθοδολογία της έρευνας

Η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας της ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας και της εφαρμογής της επιστημονικής μεθόδου με τη βοήθεια τόσο των εικονικών εργαστηρίων όσο και των πειραματικών διατάξεων που «στήνονται» από τους ίδιους τους μαθητές κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας του μαθήματος υπό την επίβλεψη του διδάσκοντα έγινε πριν τη λήξη εκάστοτε διδακτικού έτους, το Μάιο του 2014 και του 2015.

Κατά το πρώτο έτος της έρευνας, συμμετείχαν στη διαδικασία 61 έναντι των 70 εγγεγραμμένων μαθητών που φοιτούσαν στην Α΄ τάξη του Ζάννειου Πειραματικού Γυμνασίου Πειραιά ενώ τη δεύτερη χρονιά, το δείγμα αποτέλεσαν 95 από τους 108 μαθητές της Α΄ Γυμνασίου. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι το μάθημα διδάχθηκε στο εργαστήριο των Φυσικών Επιστημών του σχολείου με κάθε τμήμα της Α΄ τάξης μοιρασμένο στα δύο (δηλαδή, μέγιστος αριθμός παιδιών = 14 ανά τμήμα) μετά από σχετική απόφαση του Επιστημονικού & Εποπτικού Συμβουλίου (ΕΠΕΣ) του σχολείου για τη διευκόλυνση του εργαστηριακού χαρακτήρα του μαθήματος. Σε όλη τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς, οι μαθητές εργάστηκαν σε μικρές ομάδες των 3-4 παιδιών με στόχο τη βιωματική και ενεργό εμπλοκή τους στο μάθημα της Φυσικής.

Τα ερευνητικά ερωτήματα που ανέκυψαν και θεωρήθηκαν καίρια σ' αυτήν τη διαδικασία ήταν: α) να διερευνηθούν οι γενικότερες απόψεις των μαθητών για το μάθημα της Φυσικής (*ποικιλία δραστηριοτήτων και ερεθισμάτων, ρόλος καθηγητή, βαθμός ανταπόκρισης του σχολικού βιβλίου στις μαθητικές ανάγκες*), β) να προσδιοριστεί πόσο τους άρεσε καθένα από τα 7 πρώτα φύλλα εργασίας του σχολικού βιβλίου και γ) να προσδιοριστεί ο βαθμός δυσκολίας των μαθητών στην υλοποίηση καθενός από αυτά τα 7 φύλλα εργασίας που διδάχθηκαν (Τσελέντης κ.ά., 2014; Νικολοπούλου, 2015).

Συντάχθηκε και διανεμήθηκε στους συμμετέχοντες μαθητές ένα ερωτηματολόγιο που αποσκοπούσε στην καταγραφή αντιλήψεων και συμπεριφορών, με 9 ερωτήσεις διαβαθμισμένων απαντήσεων τύπου Likert εκ των οποίων οι πρώτες 7 ερωτήσεις αφορούσαν την αξιολόγηση του μαθήματος Φυσικής γενικά και οι άλλες 2 το πόσο άρεσε ή δυσκόλεψε τους μαθητές καθένα από τα 7 φύλλα εργασίας του βιβλίου και 2 ερωτήσεις ανοιχτού τύπου, όπου τα παιδιά έπρεπε να σημειώσουν ποιο μέρος της εκπαιδευτικής διαδικασίας τα ενθουσίασε περισσότερο και ποιο λιγότερο (Τσελέντης κ.ά., 2014; Νικολοπούλου, 2015). Απαντώντας ανώνυμα όλοι οι ερωτώμενοι τις ίδιες ερωτήσεις, ενισχύθηκε η αξιοπιστία του ερωτηματολογίου ως εργαλείου (Cohen & Manion, 1997). Όλοι οι συμμετέχοντες απάντησαν στον ίδιο αριθμό ερωτήσεων. Οι απαντήσεις των εννέα ερωτήσεων δόθηκαν με τη μορφή κλίμακας τεσσάρων επιλογών που υποδηλώνουν διαφορετικό βαθμό συμφωνίας ή διαφωνίας με την πρόταση ως ακολούθως: 1=λίγο, 2=μέτρια, 3=πολύ, 4=πάρα πολύ (Spector, 1992). Οι απαντήσεις παραστάθηκαν σε πίνακες ώστε να γίνουν αντικείμενο στατιστικής επεξεργασίας με τα MS Excel και SPSS v.19 ενώ το επίπεδο σημαντικότητας ήταν $p < 0.05$. Οι στατιστικές αναλύσεις βασίστηκαν σε μεθόδους περιγραφικής στατιστικής για τον προσδιορισμό συχνοτήτων, των επιμέρους ποσοστών και τη δημιουργία κατάλληλων διαγραμμάτων (Πολίτης & Χατζηγεωργίου, 2014; Τσελέντης κ.ά., 2014; Νικολοπούλου 2015). Μεταξύ άλλων, χρησιμοποιήθηκε το μη παραμετρικό στατιστικό τεστ Mann Whitney U με το οποίο εξετάστηκαν οι διαφοροποιημένες απαντήσεις σε σχέση με το φύλο των συμμετεχόντων.

Αποτελέσματα-Συζήτηση

Τα συγκριτικά αποτελέσματα που προέκυψαν από την εκπαιδευτική έρευνα των δύο τελευταίων σχολικών ετών 2013-14 και 2014-15, παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 1 κι αφορούν τις 7 πρώτες ερωτήσεις του ερωτηματολογίου. Ο Πίνακας 2, που ακολουθεί, δείχνει τη στατιστική σημαντικότητα της διαφοράς κατά φύλο. Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έδειξε ότι υψηλό ποσοστό των ερωτηθέντων μαθητών, που άγγιζε το 70% περίπου του μαθητικού δυναμικού της Α΄ τάξης του Ζάννειου Πρότυπου Πειραματικού Γυμνασίου (Ερώτηση 1), έμεινε ευχαριστημένο από την εισαγωγή του μαθήματος της Φυσικής στο ωρολόγιο πρόγραμμα και θεωρεί την ύλη του μαθήματος πλούσια σε εργαστηριακές δραστηριότητες και ερεθίσματα για συζήτηση και περαιτέρω διερεύνηση (Ερώτηση 2) (Τσελέντης κ.ά. 2014). Κατά τη δεύτερη σχολική χρονιά, το ποσοστό αυτό φαίνεται να ανεβαίνει κατά 10% περίπου με τα κορίτσια (77.5%) να δηλώνουν πιο ενθουσιασμένα από ό,τι τα αγόρια (61.9%) με την ποικιλία των δραστηριοτήτων του μαθήματος (Νικολοπούλου, 2015). Γίνεται συχνή αναφορά στη βιβλιογραφία ότι τα κορίτσια επιδεικνύουν μεγαλύτερο ζήλο από τα αγόρια στις Φυσικές Επιστήμες ενώ δεν υπάρχει διαφορά στο φύλο όσον αφορά στη χαρά που νιώθει ο μαθητής κατά τη διεξαγωγή του μαθήματος της Φυσικής, την προσμονή της συγκεκριμένης διδακτικής ώρας και τη διεξαγωγή πειραμάτων (Akpinar et al, 2009).

Στη διάρκεια της διετούς εφαρμογής του μαθήματος σημαντικό είναι το ποσοστό των μαθητών (~50%) που δεν πιστεύει στην άριστη οργάνωση των δραστηριοτήτων και τη σαφήνεια του τρόπου επίλυσής τους μέσα στο σχολικό βιβλίο (Ερώτηση 3). Κύριος αντισταθμιστικός παράγοντας στις παρατηρούμενες δυσκολίες στάθηκε η καταλυτική παρουσία του διδάσκοντα, ο οποίος σχεδίασε και οργάνωσε τη μαθησιακή διαδικασία κατάλληλα, κατά τη διάρκεια της χρονιάς, έτσι ώστε να βοηθήσει, να καθοδηγήσει και να ενισχύσει τους μαθητές που εργάζονταν σε ομάδες, να κατανοήσουν δύσκολες και πρωτόγνωρες γι' αυτούς έννοιες της Φυσικής (Ερώτηση 4). Πολλοί ερευνητές συμφωνούν προς τη θετική επίδραση του ρόλου του καθηγητή ο οποίος χρησιμοποιεί τη συλλογιστική και επιστημονική μέθοδο στην οικοδόμηση των φυσικών εννοιών και των κινήτρων σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Jurik et al, 2014). Πρέπει, επίσης, να επισημανθεί ότι κατά την ώρα της διδασκαλίας καθώς οι μαθητές εργάζονταν με βάση το φύλλο εργασίας και τις κατάλληλες πειραματικές διατάξεις, ο εκπαιδευτικός επέβλεπε τις ομάδες, αν αυτές συνεργάζονταν ομαλά, απαντούσαν στις ερωτήσεις και κατέληγαν σε σωστά συμπεράσματα. Παρά την απαιτούμενη και ουσιαστική βοήθεια που παρείχε ο διδάσκοντας στους μαθητές και το εργαστηριακό προφίλ που είχε το μάθημα της Φυσικής δεν παύει αυτό να θεωρείται πολύ δύσκολο μάθημα για το 10% και μέτριας δυσκολίας για το 44% των παιδιών της Α΄ γυμνασίου (Ερώτηση 5) (Τσελέντης κ.ά., 2014). Σε παρόμοιο αποτέλεσμα κατέληξε η έρευνα και τη δεύτερη σχολική χρονιά όπου λιγότερο από το 14% των παιδιών δήλωσε ότι δυσκολεύτηκε «πολύ» και «πάρα πολύ» σε κάποιο συγκεκριμένο φύλλο εργασίας του βιβλίου (Νικολοπούλου, 2015).

Εν συνεχεία, το 70% των μαθητών θεώρησε δίκαιη τη βαθμολόγηση του καθηγητή τους στη διάρκεια των τριμήνων (Ερώτηση 6) κατά την πρώτη σχολική χρονιά ενώ την επόμενη χρονιά οι μαθήτριες που έλαβαν μέρος στην έρευνα θεώρησαν ότι δε βαθμολογήθηκαν δίκαια από την καθηγήτριά τους. Γεγονός που επιβεβαιώνεται μετά τον έλεγχο με το μη παραμετρικό τεστ Mann Whitney U (Πίνακας 2) όπου εκεί φαίνεται ότι υπάρχει σημαντική στατιστική διαφορά μεταξύ αγοριών και κοριτσιών ($p=0.035<0.05$).

Πίνακας 1. Οι εκατοστιαίες συχνότητες (%) των ερωτήσεων κλειστού τύπου του ερωτηματολογίου αξιολόγησης του μαθήματος της Φυσικής Α΄ Γυμνασίου κατά τα σχολικά έτη 2013-14, 2014-15

| | | Λίγο | Μέτρια | Πολύ | Πάρα πολύ | | | | |
|-----------|----------|------|--------|------|-----------|------|------|------|------|
| Ερώτηση 1 | ΑΓΟΡΙΑ | 3 | 3.6 | 36.4 | 14.5 | 36.4 | 54.5 | 24.2 | 27.3 |
| | ΚΟΡΙΤΣΙΑ | 0 | 5.0 | 25 | 22.5 | 60.7 | 57.5 | 14.3 | 15.0 |
| Ερώτηση 2 | ΑΓΟΡΙΑ | 3 | 7.3 | 12.1 | 30.9 | 36.4 | 36.4 | 48.5 | 25.5 |
| | ΚΟΡΙΤΣΙΑ | 3.6 | 10.0 | 25 | 12.5 | 50 | 45.0 | 21.4 | 32.5 |

| | | | | | | | | | |
|-----------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Ερώτηση 3 | ΑΓΟΡΙΑ | 12.1 | 18.2 | 33.3 | 34.5 | 42.4 | 29.1 | 12.1 | 18.2 |
| | ΚΟΡΙΤΣΙΑ | 7.1 | 10 | 50 | 55 | 39.3 | 22.5 | 3.6 | 12.5 |
| Ερώτηση 4 | ΑΓΟΡΙΑ | 3 | 10.9 | 12.1 | 14.5 | 45.5 | 40.0 | 39.4 | 34.5 |
| | ΚΟΡΙΤΣΙΑ | 0 | 7.5 | 7.1 | 2.5 | 28.6 | 45.0 | 64.3 | 45.0 |
| Ερώτηση 5 | ΑΓΟΡΙΑ | 42.4 | 58.2 | 45.5 | 27.3 | 9.1 | 10.9 | 3 | 3.6 |
| | ΚΟΡΙΤΣΙΑ | 50 | 52.5 | 42.9 | 35.0 | 7.1 | 12.5 | 0 | 0 |
| Ερώτηση 6 | ΑΓΟΡΙΑ | 6.1 | 12.7 | 24.2 | 14.5 | 33.3 | 23.6 | 36.4 | 49.1 |
| | ΚΟΡΙΤΣΙΑ | 10.7 | 22.5 | 21.4 | 20.0 | 21.4 | 30.0 | 46.4 | 27.5 |
| Ερώτηση 7 | ΑΓΟΡΙΑ | 21.2 | 30.9 | 27.3 | 32.7 | 36.4 | 23.6 | 15.2 | 12.7 |
| | ΚΟΡΙΤΣΙΑ | 32.1 | 15.0 | 57.1 | 45.0 | 7.1 | 15.0 | 3.6 | |

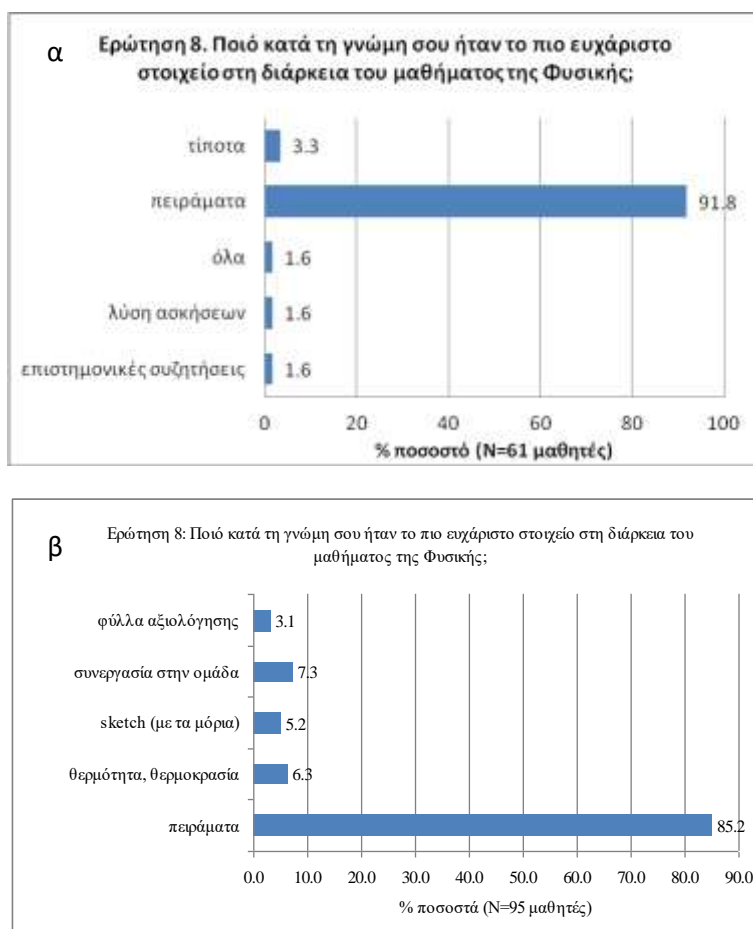
*Με κόκκινα γράμματα είναι τα ποσοστά του σχολικού έτους 2013-14 και με μαύρα γράμματα είναι του σχ. έτους 2014-15

Πίνακας 2: Σύγκριση του βαθμού συμφωνίας ανάμεσα στις απαντήσεις των ερωτηθέντων μαθητών σε σχέση με το φύλο τους κατά τη διετή εφαρμογή του μαθήματος της Φυσικής Α' Γυμνασίου

| | 2013-14 | 2014-15 |
|-----------|----------------|---------------|
| | p | |
| Ερώτηση 1 | 0.684 | 0.123 |
| Ερώτηση 2 | 0.034* | 0.226 |
| Ερώτηση 3 | 0.417 | 0.588 |
| Ερώτηση 4 | 0.052 | 0.128 |
| Ερώτηση 5 | 0.471 | 0.742 |
| Ερώτηση 6 | 0.748 | 0.035* |
| Ερώτηση 7 | 0.009** | 0.150 |

Οι αριθμοί δηλώνουν τον παράγοντα F για κάθε ζευγάρι μεταβλητών με την στατιστική μέθοδο Mann Whitney U test. Οι έντονοι αριθμοί υποδηλώνουν στατιστική σημαντικότητα σε επίπεδο $p < 0.05$

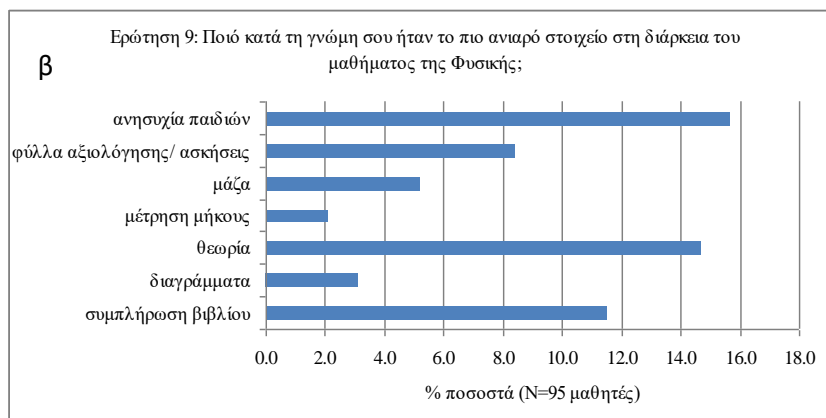
Αναφορικά με την ανησυχία των παιδιών, ο εργαστηριακός χαρακτήρας του μαθήματος και η εργασία σε ομάδες κάνει πιο άτυπο το μαθησιακό περιβάλλον (συγκριτικά με το μάθημα στην τάξη), οπότε υπάρχει συχνά κάποιος θόρυβος στο εργαστήριο, γεγονός που ανησυχεί κάποια παιδιά. Αυτό φαίνεται και στις απαντήσεις του Ερωτήματος 7 αν και τα αποτελέσματα διαφοροποιούνται ελαφρώς από χρονιά σε χρονιά. Επομένως, την σχολική χρονιά 2013-14, το κλίμα ηρεμίας και καλής συνεργασίας μεταξύ των ομάδων εργασίας στη διεξαγωγή του μαθήματος εκλαμβάνεται πιο διαφορετικό τρόπο από τα αγόρια σε σχέση με τα κορίτσια που συμμετείχαν στην έρευνα. Πιο συγκεκριμένα, 1 στα 2 αγόρια θεώρησε το κλίμα που αναπτύχθηκε κατά την εκπαιδευτική διαδικασία φιλικό και αρκετά εποικοδομητικό (Πίνακες 1, 2) ενώ μόνο ένα 10% των κοριτσιών συμφώνησε με τον παραπάνω ισχυρισμό (Τσελέντης κ.ά, 2014). Τη σχολική χρονιά 2014-15, αμβλύθηκε η μεταξύ τους διαφορά όπου το 32,7% των αγοριών και το 45% των κοριτσιών απάντησε στην κατηγορία «μέτρια» (Πίνακας 1). Στην ερώτηση 8, το πιο ευχάριστο σημείο της διδασκαλίας της Φυσικής ήταν για τη συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών (~90%) η ενεργή συμμετοχή τους στην εκτέλεση των πειραμάτων (Εικόνα 1α, β).



Εικόνα 1. Εκατοστιαία συχνότητα των προτιμήσεων των ερωτηθέντων μαθητών ως προς το πιο ευχάριστο στοιχείο του μαθήματος της Φυσικής (α) σχ. έτος 2013-14 και (β) σχ. έτος 2014-15

Αναδεικνύεται ότι ο εργαστηριακός χαρακτήρας του μαθήματος είναι αυτός που κατεξοχήν αρέσει στους μαθητές, καθότι εμπλέκονται ενεργά στη διεξαγωγή των πειραμάτων, τη συλλογή των δεδομένων και η μάθηση είναι βιωματική. Το γεγονός αυτό συνάδει με τους στόχους των συγγραφέων του βιβλίου της Φυσικής ενώ ως βαρετά και ανιαρά σημεία της μαθησιακής διαδικασίας (Ερώτηση 9) θεωρήθηκαν η ανησυχία των παιδιών, η θεωρία, η συμπλήρωση των φύλλων εργασίας και οι μετρήσεις (Εικόνα 2α, β). Η θεωρία και η συμπλήρωση του βιβλίου φάνηκαν ανιαρά στο ένα δέκατο του δείγματος, πιθανόν γιατί οι μαθητές δεν έχουν αρκετή εξοικείωση με αυτά ή γιατί προτιμούν κατεξοχήν το πείραμα.





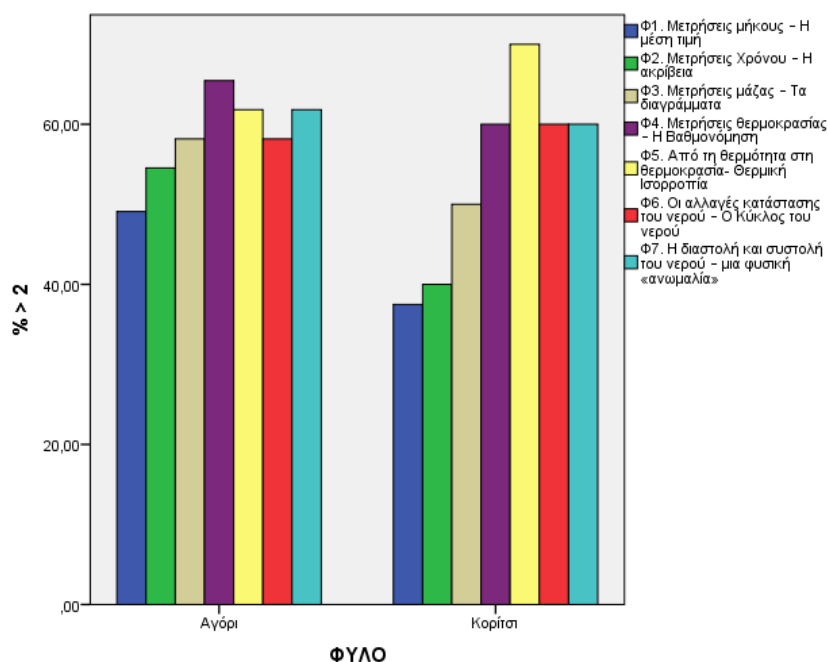
Εικόνα 2. Εκατοστιαία συχνότητα των προτιμήσεων των ερωτηθέντων μαθητών ως προς το πιο ανιαρό στοιχείο του μαθήματος της Φυσικής (α) σχ. έτος 2013-14 και (β) σχ. έτος 2014-15

Αναφορικά με το δεύτερο στόχο της έρευνας, ο Πίνακας 3 δείχνει τη μέση τιμή για κάθε φύλλο εργασίας του βιβλίου που διδάχθηκε (Φ1 – Φ7). Δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές κατά φύλο.

Πίνακας 3. Μέση τιμή για κάθε φύλλο εργασίας (Φ1 – Φ7)

| | Αγόρι | Κορίτσι | Σύνολο | Asymp. Sig.(2-tailed) |
|--|-------|---------|--------|-----------------------|
| Φ1. Μετρήσεις μήκους – Η μέση τιμή | 2,42 | 2,20 | 2,33 | 0,282 |
| Φ2. Μετρήσεις Χρόνου – Η ακρίβεια | 2,53 | 2,43 | 2,48 | 0,448 |
| Φ3. Μετρήσεις μάζας – Τα διαγράμματα | 2,69 | 2,43 | 2,58 | 0,247 |
| Φ4. Μετρήσεις θερμοκρασίας – Η Βαθμονόμηση | 2,89 | 2,70 | 2,81 | 0,265 |
| Φ5. Από τη θερμότητα στη θερμοκρασία- Θερμική Ισορροπία | 2,80 | 2,90 | 2,84 | 0,819 |
| Φ6. Οι αλλαγές κατάστασης του νερού – Ο Κύκλος του νερού | 2,80 | 2,75 | 2,78 | 0,793 |
| Φ7. Η διαστολή και συστολή του νερού – μια φυσική «ανωμαλία» | 2,78 | 2,88 | 2,82 | 0,686 |

Τα φύλλα εργασίας με το μεγαλύτερο βαθμό αρεσκείας στους μαθητές ήταν το Φ4 (Μετρήσεις θερμοκρασίας – Η Βαθμονόμηση) και το Φ5 (Από τη θερμότητα στη θερμοκρασία- Θερμική Ισορροπία). Συγκεκριμένα, τα ποσοστά των μαθητών που απάντησαν ότι τους άρεσε «πολύ» και «πάρα πολύ» το Φύλλο Φ4 ήταν 65,5% των αγοριών και 60% των κοριτσιών, ενώ στο φύλλο Φ5 ήταν 61,8% των αγοριών και 70% των κοριτσιών (Εικόνα 3). Αμέσως μετά, αρεστά στους μαθητές δηλώθηκαν να είναι τα φύλλα Φ6 (Οι αλλαγές κατάστασης του νερού – Ο Κύκλος του νερού) και Φ7 (Η διαστολή και συστολή του νερού – μια φυσική «ανωμαλία»), με ποσοστά αρεσκείας πάνω από 58%, στις κατηγορίες «πολύ» και «πάρα πολύ».



Εικόνα 3. Το ποσοστό αρεσκείας (%) των αγοριών και των κοριτσιών στα φύλλα εργασίας (Φ1-Φ7), (οι κατηγορίες «πολύ» και «πάρα πολύ» υπολογίστηκαν μαζί)

Παρατηρείται το φαινόμενο ότι τα φύλλα που άρεσαν περισσότερο στους μαθητές ήταν αυτά που διδάχθηκαν κατά το 2ο τρίμηνο της σχολικής χρονιάς, όταν δηλαδή τα παιδιά της Α' Γυμνασίου είχαν αποκτήσει εξοικείωση με το μάθημα, με τον ομαδικό τρόπο εργασίας, αλλά και με το νέο σχολικό τους περιβάλλον. Παράλληλα, το πρώτο φύλλο εργασίας (Φ1. Μετρήσεις μήκους – Η μέση τιμή) που διδάχθηκε μήνα Οκτώβριο ήταν το λιγότερο αρεστό στους μαθητές, ίσως και λόγω των μαθηματικών που εμπειρείχε (Νικολοπούλου, 2015).

Αναφορικά με τον τρίτο στόχο της έρευνας ο Πίνακας 4 δείχνει τη μέση τιμή για κάθε φύλλο εργασίας (Φ1 – Φ7). Γενικά, δε φαίνεται να δυσκολεύτηκαν ιδιαίτερα. Η μόνη στατιστικά σημαντική διαφορά κατά φύλο αφορούσε το φύλλο εργασίας Φ3 (Μετρήσεις μάζας – Τα διαγράμματα), το οποίο φαίνεται ότι δυσκόλεψε περισσότερο τα κορίτσια ($p=0,016 < 0,05$) σε ποσοστό 30%, οι οποίες δήλωσαν ότι δυσκολεύτηκαν «πολύ» και «πάρα πολύ», από ότι τα αγόρια (16,4%) (Νικολοπούλου, 2015).

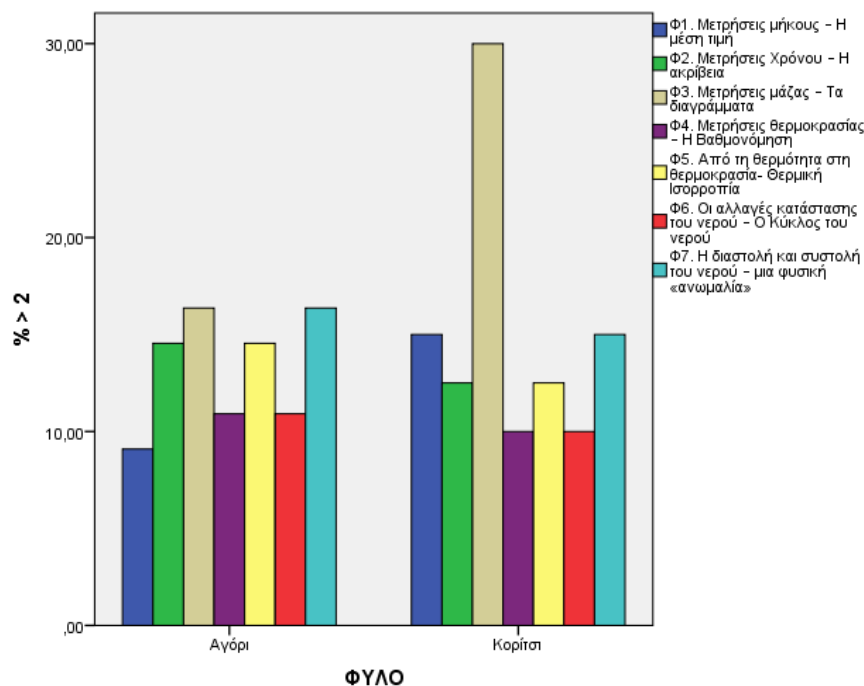
Πίνακας 4. Μέση τιμή για κάθε φύλλο εργασίας (Φ1 – Φ7)

| | Αγόρι | Κορίτσι | Σύνολο | Asymp. Sig. (2 tailed) |
|--|-------|---------|--------|------------------------|
| Φ1. Μετρήσεις μήκους – Η μέση τιμή | 1,55 | 1,65 | 1,59 | ,384 |
| Φ2. Μετρήσεις Χρόνου – Η ακρίβεια | 1,65 | 1,63 | 1,64 | ,863 |
| Φ3. Μετρήσεις μάζας – Τα διαγράμματα | 1,65 | 2,10 | 1,84 | ,016 * |
| Φ4. Μετρήσεις θερμοκρασίας – Η Βαθμονόμηση | 1,49 | 1,58 | 1,53 | ,318 |
| Φ5. Από τη θερμότητα στη θερμοκρασία- Θερμική Ισορροπία | 1,62 | 1,63 | 1,62 | ,859 |
| Φ6. Οι αλλαγές κατάστασης του νερού – Ο Κύκλος του νερού | 1,49 | 1,58 | 1,53 | ,393 |
| Φ7. Η διαστολή και συστολή του νερού – μια φυσική «ανωμαλία» | 1,65 | 1,70 | 1,67 | ,558 |

Το εξαγόμενο αποτέλεσμα είναι παρόμοιο με αυτό της πρώτης χρονιάς της έρευνας (Τσελέντης κ.ά., 2014). Ίσως τα διαγράμματα που διδάσκονται σύντομα για πρώτη φορά στη Φυσική στο Φ3 (και χωρίς να έχει προηγηθεί η διδασκαλία τους στα μαθηματικά) δυσκόλεψαν τα παιδιά. Ο χρόνος διδασκαλίας που αφιερώθηκε για το διάγραμμα μάζας-βάρους ήταν ελάχιστος, καθώς το μάθημα είναι

μονόωρο και τα χρονικά περιθώρια για τα διαγωνίσματα είναι ασφυκτικά στενά (Εικόνα 4). Αργότερα στο 2^ο τρίμηνο, κατά το οποίο υπήρξε περισσότερος χρόνος για τη διδασκαλία των διαγραμμάτων, τα παιδιά δε συνάντησαν ιδιαίτερες δυσκολίες στην κατασκευή τους (είναι απαραίτητη σε επόμενα φύλλα εργασίας, στα Φ5 και Φ6). Προτείνεται η διδασκαλία των διαγραμμάτων στα μαθηματικά να γίνεται πριν την εμπλοκή των μαθητών της Α' γυμνασίου με αυτά στο μάθημα της Φυσικής.

Μια ακόμη πιθανή εξήγηση της δυσκολίας κατανόησης των Φ1 και Φ3 και κατά επέκταση της μικρής αποδοχής τους από τους μαθητές είναι ότι αυτά τα φύλλα εργασίας δεν προτείνουν πειράματα για εξήγηση φυσικών φαινομένων αλλά αποκλειστικά διαδικασίες μέτρησης από τις οποίες απουσιάζουν τα φαινόμενα. Αυτό επιβεβαιώνεται και από το γεγονός ότι το στατιστικό δείγμα των μαθητών και των δύο σχολικών ετών έχει δείξει σε υψηλό ποσοστό την προτίμησή του στην εκτέλεση πειραμάτων παρά στις καταγραφές και τις μετρήσεις.



Εικόνα 5. Το ποσοστό δυσκολίας (%) των αγοριών και των κοριτσιών στα φύλλα εργασίας (Φ1-Φ7), (οι κατηγορίες «πολύ» και «πέρα πολύ» υπολογίστηκαν μαζί)

Συμπεράσματα

Η συνολική αξιολόγηση της εκπαιδευτικής διαδικασίας δείχνει ότι η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών αποτιμά θετικά την εισαγωγή του νέου μαθήματος της Φυσικής της Α' Γυμνασίου. Η θετική στάση διατηρείται σε ό,τι αφορά το πρόσφορο και ζεστό κλίμα που δημιουργήθηκε μεταξύ τους κατά τη σύσταση των ομάδων εργασίας. Σε κλίμα γενικής επιδοκιμασίας κινήθηκε και η διάθεση υπέρ της ποικιλίας των δραστηριοτήτων και ερεθισμάτων που τους παρείχε η θεματολογία των φύλλων εργασίας. Ωστόσο, μεγάλο παραμένει το ποσοστό εκείνων των μαθητών (~50%) που θεωρεί ελλειμματική την οργάνωση και σαφήνεια των θεματικών ενοτήτων του βιβλίου που πιθανότατα να οφείλεται στη δομική αδυναμία ευδόκιμης εργαστηριακής παράδοσης ακόμη στη διδασκαλία της Φυσικής (Φασουλόπουλος, 2013).

Η ομαδοσυνεργατική εργασία αφήνει περιθώρια χαλάρωσης μέσα στο σχολικό εργαστήριο με κάπως αυξημένη την αναστάτωση και κινητικότητα των μαθητών, κατάσταση που είναι συγγενής στα αγόρια και συνάδει με την ιδιοσυγκρασία τους ενώ παραξενεύει και ενοχλεί τα κορίτσια που θέλουν να επικρατεί απόλυτη ησυχία και ηρεμία κατά τη διάρκεια του μαθήματος. Παρόλο που ο αριθμός των μαθητών τη δεύτερη σχολική χρονιά (2014-15) μειώθηκε σχεδόν κατά το ήμισυ σε κάθε μάθημα της Φυσικής, μεγάλο παραμένει το ποσοστό εκείνων που ενοχλούνται από το άτυπο αυτό μαθησιακό περιβάλλον που διαμορφώνεται στο εργαστήριο. Πιθανότατα το αποτέλεσμα αυτό να οφείλεται στο γεγονός ότι δεν παίζει τελικά τόσο σημαντικό ρόλο το πλήθος των ομάδων εργασίας στο μάθημα

αλλά η ίδια η φύση της ομάδας. Οι μαθητές του ελληνικού εκπαιδευτικού συστήματος δεν είναι αρκετά εξοικειωμένοι ούτε καλά εκπαιδευμένοι να μπορούν να εργαστούν σε ομάδες με ηρεμία και ομαδικό πνεύμα σε οποιοδήποτε γνωστικό αντικείμενο του αναλυτικού τους προγράμματος χωρίς να θορυβούν και να βρίσκουν ευκαιρία χαλάρωσης και απόσπασής τους από τη διδακτική πρακτική. Σε κάθε περίπτωση, η διαπίστωση αυτή για να τεκμηριωθεί επιστημονικά χρήζει περαιτέρω διερεύνηση.

Σε ό,τι αφορά τους επιμέρους ανά διδακτική ενότητα προβληματισμούς των μαθητών οι εντοπιζόμενες δυσκολίες, όπως στο φύλλο Φ3 (Μετρήσεις μάζας-Τα διαγράμματα), πιθανότατα να οφείλονται στη δυσχέρεια ορθής διαχείρισης του χρόνου διεξαγωγής των πειραμάτων τα οποία είναι χρονοβόρα και απαιτούν διάρκεια που υπερβαίνει τον προβλεπόμενο διδακτικό χρόνο (Φασουλόπουλος, 2013) καθώς επίσης και στην απουσία φυσικών φαινομένων που ευχαριστεί περισσότερο τους μαθητές από τις διαδικασίες μέτρησης. Πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη και ο μεγάλος πλέον αριθμός μαθητών (27) σε κάθε τμήμα ο οποίος δυσχεραίνει σε ικανό βαθμό την πειραματική υφή του μαθήματος που εξαρτάται άρρηκτα από τον εργαστηριακό εξοπλισμό που διαθέτει το κάθε σχολείο. Για το λόγο αυτό έχοντας υπόψη τα αποτελέσματα της έρευνας της πρώτης χρονιάς (2013-14), το ΕΠΕΣ του Ζάννειου Πειραματικού Γυμνασίου Πειραιά αποφάσισε για τις επόμενες χρονιές να μοιράζεται το κάθε τμήμα της Α΄ γυμνασίου στα δύο προκειμένου να διευκολυνθεί η απρόσκοπτη διεξαγωγή του μαθήματος.

Παρόλα αυτά η αναπτυξιακή και καλά προετοιμασμένη εβδομαδιαία εκπαιδευτική διδασκαλία επέδρασε θετικά στο επίπεδο των γνώσεων που αποκόμισαν οι μαθητές σε πρωτόγνωρες φυσικές έννοιες. Γίνεται καθημερινή πρόκληση για τον εκπαιδευτικό να δημιουργήσει ενδιαφέροντα και απαιτητικά περιβάλλοντα μάθησης στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στα οποία να ενθαρρύνεται η ενεργή συμμετοχή και εμπλοκή των μαθητών (Βοσνιάδου, 2001; Ασλανίδης κ.ά., 2010).

Αναφορές

- Akpinar E., Yildiz E., Tatar N. & Ergin O. (2009). Students' attitudes toward science and technology: an investigation of gender, grade level and academic achievement, In the proceedings of World Conference on Educational Sciences, *Procedia Social and Behavioral Sciences I*: 2804-2808.
- Cohen L., Manion L. *Methodology of educational research*. Translated in Greek by: X. Mitsopoulou, M., Filopoulou, eds. Ekfrasi, Athens, 1997.
- Jurik V., Groschner A. & Seidel T. (2014). Predicting students' cognitive learning activity and intrinsic learning motivation: How powerful are teacher statements, students profiles and gender? *Learning and Individual Differences* 32: 132-139.
- Osborne, J. Simon, S. & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25 (9): 1049-1079.
- Spector P. *Summated rating scale construction. An introduction*. Series: Quantitative Applications in the Social Sciences, 82, eds. Sage Publications, Inc. USA, 1992.
- Ασλανίδης Α., Δαμινάκης Α., Τσαδήμα Κ. (2010). Γεωλογία-Γεωγραφία Α΄ Γυμνασίου: Ένα εκπαιδευτικό λογισμικό διδασκαλίας της Γεωλογίας-Γεωγραφίας Α΄ Γυμνασίου. Στα *Πρακτικά του 2^{ου} Πανελληνίου Εκπαιδευτικού Συνεδρίου Ημαθίας «Ψηφιακές & Διαδίκτυακές εφαρμογές στην εκπαίδευση»* σελ. 1068-1082, 23-25 Απριλίου, Βέροια-Νάουσα.
- Βοσνιάδου Σ. (2001). Πώς μαθαίνουν οι μαθητές, εκδ. Διεθνές Γραφείο της Εκπαίδευσης της UNESCO, Διαθέσιμο [Online] <http://www.ibe.unesco.org/publications/EducationalPracticesSeriesPdf/prac07gr.pdf>
- Καλκάνης Γ., Γκικοπούλου Ο., Καπότης Ε., Γουσόπουλος Δ., Πατρινόπουλος Μ., Τσάκωνας Π., Δημητριάδης Π., Παπατσίμπα Α., Μιτζήθρας Κ., Καπόγιαννης Α., Σωτηρόπουλος Δ., Πολίτης Σ., και τα μέλη των συγγραφικών ομάδων των βιβλίων "Φυσικά - Ερευνά και Ανακαλύπτω" της Ε΄ και Στ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. (2013). *Η Φυσική με Πειράματα, Α Γυμνασίου*, εκδόσεις ΙΤΥΕ – ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.
- Νικολοπούλου Κ. (2015). Αξιολόγηση του μαθήματος της Φυσικής Α΄ γυμνασίου: απόψεις μαθητών. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, τ. 10, 43-51, Θεσσαλονίκη.
- Πολίτης Ι. & Χατζηγεωργίου Μ. (2014). Ζωοτεχνία : Η λειτουργική αξία των αγροτικών ζώων και η συμβολή τους στην ανθρώπινη διαβίωση. Εφαρμογή στη διδακτική πράξη, *Νέος Παιδαγωγός τεύχος 4^ο*, σ. 85-98, Αθήνα.
- Τσελέντης, Σ., Χατζηγεωργίου, Μ., & Πολίτης, Ι. (2014). Διερευνώντας τις αντιλήψεις των μαθητών της Α΄ γυμνασίου για το μάθημα της Φυσικής. Στα *Πρακτικά του 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου με διεθνή συμμετοχή «Ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού στα μαθηματικά και τις φυσικές επιστήμες», Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ρόδος 17-18 Οκτωβρίου*.
- Φασουλόπουλος Γ. (2013). «Η Φυσική με πειράματα, Α΄ Γυμνασίου». Μια διδακτική πρόκληση, μπορεί να εξελιχθεί σε διδακτική εμπειρία; *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση, τεύχος 1^ο σ.19-27*, Θεσσαλονίκη.

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Συνεδρία Π3

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: τομέας άμεσης προτεραιότητας που (πολλά Ε.Κ.Φ.Ε.) αγνοούμε

Δημοσθένης Μαρκογιαννάκης
Χημικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων
dgmarko55@gmail.com

Γιάννης Στυλιανακάκης
Δάσκαλος, Συνεργάτης Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων
styl_argia@yahoo.gr

Περίληψη

Το Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων, εδώ και 15 χρόνια, έχει δραστηριοποιηθεί και παρεμβαίνει με επιμορφωτικές προσπάθειες στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση. Σκοπός της εργασίας μας είναι η δημοσιοποίηση των εμπειριών που έχουμε αποκομίσει ώστε να ενθαρρύνουμε τους Υπευθύνους των Ε.Κ.Φ.Ε. προς την κατεύθυνση ενασχόλησης με αυτή τη βαθμίδα εκπαίδευσης.

Λέξεις κλειδιά: Ε.Κ.Φ.Ε., επιμόρφωση δασκάλων

Εισαγωγή

Είναι μάλλον γεγονός ότι οι περισσότεροι δάσκαλοι, προερχόμενοι κυρίως από την θεωρητική κατεύθυνση, αντιμετωπίζουν προβλήματα κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) με πειράματα στην τάξη τους.

Η απάντησή μας για να αντιμετωπίσουμε την κατάσταση αυτή ξεκίνησε με τη διοργάνωση σεμιναρίων επιμόρφωσης στο Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων. Προβάλλοντας το έργο μας καταφέραμε την απόσπαση δασκάλου στο Ε.Κ.Φ.Ε., όπως προβλέπεται από τη σχετική νομοθεσία. Έτσι, δημιουργήσαμε σταδιακά πλούσιο εκπαιδευτικό υλικό που αφορά την πειραματική διδασκαλία στο Δημοτικό Σχολείο, το οποίο ενημερώνεται και εμπλουτίζεται διαρκώς στην ιστοσελίδα μας (Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων, 2016).

Επισκεπτόμαστε σχολεία, βοηθάμε στην τακτοποίηση των υλικών και των αντιδραστηρίων που ενδεχομένως υπάρχουν στα σχολεία, κάνουμε επιδιορθώσεις και παρέχουμε κατάλληλη υποστήριξη στους δασκάλους. Δεχόμαστε επισκέψεις μαθητών στο Ε.Κ.Φ.Ε. και τους εμπλέκουμε ενεργά στην πειραματική διδασκαλία των Φ.Ε.. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι πέρσι μας επισκέφτηκαν 1506 μαθητές.

Στηρίζουμε τους σχολικούς συμβούλους με διοργανώσεις – παρουσιάσεις πειραματικών δράσεων σε ομάδες όμορων σχολείων ακόμα και εκτός Χανίων. Φέτος επιμορφώσαμε 210 δασκάλους όπου για πρώτη φορά οι περισσότεροι από αυτούς ήλθαν άμεσα σε επαφή με πειραματικές διατάξεις και έκαναν πειράματα.

Ερωτηματολόγιο – Ανατροφοδότηση

Επιχειρώντας να καταγράψουμε τον αντίκτυπο των επιμορφωτικών αυτών δράσεων δώσαμε φέτος στους 210 δασκάλους ένα ερωτηματολόγιο, το οποίο συμπλήρωσαν μετά την ολοκλήρωση των δράσεων. Τα αποτελέσματα παρατίθενται στους Πίνακες 1, 2, 3, 4, 5 και 6 που ακολουθούν.

Πίνακας 1. Έχετε παρακολουθήσει άλλα σεμινάρια για τις Φυσικές Επιστήμες και πού;

| | ΝΑΙ/ΟΧΙ: | 135 / 75 | 64% / 36% |
|-------------------------|----------|----------|-----------|
| Στο Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων | | 133 | 99% |
| Στο Ε.Κ.Φ.Ε. Ηλιούπολης | | 1 | 0,5% |
| Στο ΚΠΕ Ζακύνθου | | 1 | 0,5% |

Πίνακας 2. Τι σας άρεσε περισσότερο στο σεμινάριο;

| | | |
|---|----|-----|
| Ο βιωματικός χαρακτήρας του | 88 | 42% |
| Η επίδειξη πειραμάτων από τον υπεύθυνο και τους συνεργάτες του Ε.Κ.Φ.Ε. | 46 | 22% |
| Η οργάνωση, η επινοητικότητα, η συνεργασία, η ενημέρωση και ο ρεαλισμός από το Ε.Κ.Φ.Ε. | 76 | 36% |

Πίνακας 3. Αποτελεσματικότητα – οργάνωση των δράσεων

| | | |
|---|------------------|------|
| Τα θέματα που ακούσατε και εργαστήκατε θα σας βοηθήσουν στη διδασκαλία σας; | ΝΑΙ / 210 | 100% |
| | ΟΧΙ / 0 | 0% |
| Η οργάνωση του σεμιναρίου ήταν για σας: | Αρκετά Καλή 6 | 3% |
| | Πολύ Καλή 204 | 97% |

Πίνακας 4. Ποια θέματα θα θέλατε να δουλέψουμε σε μελλοντική μας συνάντηση;

| | | | |
|-------------------|---------|--------------------|--------|
| Οπτική | 73, 35% | Ήχος | 15, 7% |
| Θερμότητα: | 32, 15% | Ηλεκτρομαγνητισμός | 14, 7% |
| Ηλεκτρισμός | 30, 14% | Ενέργεια | 9, 4% |
| Όλες τις ενότητες | 20, 10% | Χημεία | 7, 3% |
| Μικρόκοσμος | 4, 2% | Βιολογία | 6, 3% |

Πίνακας 5. Τι σας έμεινε από το σεμινάριο; Εκφράστε το με μια μόνο λέξη.

Ικανοποίηση, πράξη, κάνω, μάθηση, ιδέες, βίωμα, συνεργασία, εμπειρία, ακρίβεια, γνώση, πειράματα, ενθουσιασμός, έκπληξη, θάρρος, δημιουργικότητα, έμπνευση, όρεξη, κίνητρο, ενεργώ, ερευνώ, ανακαλύπτω, κατανοώ, δράση, τελειότητα, οργάνωση, θαυμασμός, υπέροχο, απόλαυση, κέφι, διασκέδαση, χαρά

Πίνακας 6. Με τι είδους παρέμβαση νομίζετε ότι θα σας βοηθούσε το Ε.Κ.Φ.Ε. στη διδασκαλία σας;

| |
|---|
| Περισσότερα σεμινάρια – ημερίδες |
| Επισκέψεις στο Ε.Κ.Φ.Ε. |
| Επισκέψεις του Υπ. Ε.Κ.Φ.Ε. στις σχολικές μονάδες |
| Οργάνωση εργαστηρίων στα σχολεία |
| Δανεισμός οργάνων |
| Χρήσεις οργάνων |
| Συμβουλές και επεξήγηση αποριών |
| Ήδη προσφέρετε μεγάλη βοήθεια |

Συμπεράσματα

Ένας τομέας δράσης των Ε.Κ.Φ.Ε., η Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, είναι υποβαθμισμένος παρόλο που οι συνάδελφοι δάσκαλοι χρειάζονται περισσότερο από κάθε άλλο την υποστήριξή μας. Οι δάσκαλοι σιγά σιγά με την δική μας συνδρομή θα πρέπει να αντιληφθούν ότι εάν ξεπεραστεί η άγνοια και ο φόβος, η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με πειράματα μπορεί να είναι ακόμη και διασκεδαστική.

Θα πρέπει να γνωρίσουν και να «εκμεταλλευτούν» τα Ε.Κ.Φ.Ε., το στήριγμά τους σε επίπεδο Νομού, στην πειραματική διδασκαλία. Οι Διευθυντές της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης και οι Σχολικοί Σύμβουλοι, θα πρέπει να στηρίζουν το έργο που γίνεται στα Ε.Κ.Φ.Ε., τόσο σε έμπυχο υλικό, όσο και σε ζητήματα υλικοτεχνικής υποδομής. Στο χέρι μας είναι η βελτίωση της ποιότητας των παρεχομένων γνώσεων και στους μικρούς μαθητές μας, γιατί πρώτα από όλα, είμαστε λειτουργοί και πιστεύουμε στο έργο μας, τόσο στην Δευτεροβάθμια όσο και στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

Αναφορές

Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων (2016). <http://ekfe.chan.sch.gr/Dimotiko/dimotiko.html>

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Επισκέψεις μαθητών δημοτικών σχολείων στο Ε.Κ.Φ.Ε.: ανοίγοντας ένα διάλογο επικοινωνίας με την Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

Αστέριος Κούτσιανος
Χημικός (MSc), Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Κοζάνης
koutsianos@gmail.com

Περίληψη

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους τα Ε.Κ.Φ.Ε. μπορούν να επικουρήσουν την πειραματική διδασκαλία στα Δημοτικά Σχολεία: επιμορφωτικές συναντήσεις για δασκάλους, επισκέψεις στα σχολεία, πραγματοποίηση εκδηλώσεων με πειράματα. Στην εισήγηση αυτή παρουσιάζεται η δυνατότητα των Δημοτικών Σχολείων να επισκέπτονται τα Ε.Κ.Φ.Ε. προκειμένου οι μαθητές τους να πραγματοποιήσουν πειράματα.

Λέξεις κλειδιά: Ε.Κ.Φ.Ε., επισκέψεις μαθητών

Εισαγωγή

Τα Ε.Κ.Φ.Ε., προσπαθώντας να βοηθήσουν τους δασκάλους στην πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, μπορούν να πραγματοποιήσουν διάφορες δράσεις. Ενδεικτικά, μπορούν να πραγματοποιήσουν επιμορφωτικές ημερίδες σε συνεργασία με τους αντίστοιχους σχολικούς συμβούλους. Στο πλαίσιο αυτό. Το Ε.Κ.Φ.Ε. Κοζάνης, με έγγραφό του στους σχολικούς συμβούλους μέσω της Περιφερειακής Διεύθυνσης Εκπαίδευσης, τους ενημερώνει στην αρχή του σχολικού έτους για τη δυνατότητα πραγματοποίησης ημερίδων και τα πιθανά εργαστηριακά θέματα. Έτσι, έχουν γίνει τέσσερις ημερίδες που παρακολούθησαν περίπου 150 εκπαιδευτικοί της Ε΄ και ΣΤ΄ τάξης Δημοτικού, με τίτλους θεματικών ενοτήτων: «Εμπρακτα πειράματα Δημοτικού», «Εικονικά πειράματα Δημοτικού», «Θεωρητική προσέγγιση της ύλης των Φυσικών Επιστημών στο Δημοτικό», «Από τα λόγια στα έργα των Φυσικών Επιστημών», «Ερευνώ και μαθαίνω το φυσικό κόσμο».

Μία άλλη δυνατότητα είναι η φιλοξενία στα εργαστήρια του Ε.Κ.Φ.Ε. ομάδων μαθητών των Δημοτικών Σχολείων προκειμένου να πραγματοποιήσουν μετωπικά πειράματα ή να παρακολουθήσουν πειράματα επίδειξης.

Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής: αρχικά ο Υπεύθυνος του Ε.Κ.Φ.Ε., με επισκέψεις στα περισσότερα Δημοτικά σχολεία ευθύνης του, ενημερώνει και ενθαρρύνει τους εκπαιδευτικούς και τις διευθύνσεις για τη δυνατότητα επίσκεψης των μαθητών τους στο Ε.Κ.Φ.Ε.. Στη συνέχεια η επικοινωνία του Ε.Κ.Φ.Ε. με τους εκπαιδευτικούς της Πρωτοβάθμιας γίνεται με έγγραφό του που αποστέλλεται στα Δημοτικά του Νομού, μέσω της Διεύθυνσης Πρωτοβάθμιας, στην αρχή κάθε σχολικού έτους. Τα σχολεία παροτρύνονται ώστε να συμμετάσχουν με τους μαθητές τους στη δραστηριότητα αυτή. Ενημερώνονται ότι μπορούν να προτείνουν οι ίδιοι κάποια πειράματα ή μπορούν να πραγματοποιηθούν πειράματα όπως τα παρακάτω:

- Στατικός Ηλεκτρισμός: φόρτιση με τριβή, δημιουργία αστραπής και κεραυνού, αλεξικέραυνο, ηλεκτροσκόπιο, μονωτικά και αγωγικά υλικά, άπωση ομώνυμων και έλξη ετερόνυμων φορτίων κ.ά.
- Δυναμικός Ηλεκτρισμός: κύκλωμα, σύνδεση σε σειρά και παράλληλα λαμπτήρων, ηλεκτρικού κινητήρα, ηλεκτρικού κουδουνιού, μετατροπές ηλεκτρικής ενέργειας, ηλεκτρόλυση – διάσπαση του νερού κ.ά.
- Ηλεκτρομαγνητισμός: ηλεκτρομαγνήτης, δημιουργία μαγνητικού πεδίου γύρω από ρευματοφόρο αγωγό (καλώδια της ΔΕΗ), χρησιμοποιώντας μαγνητική πυξίδα, λειτουργία ηλεκτρικής γεννήτριας κ.ά.
- Θερμότητα: θερμομέτρα, βρασμός, σημείο βρασμού κ.ά.
- Οπτική: ανάλυση και σύνθεση του φωτός, φακοί, κάτοπτρα κ.ά.
- Χημεία: οξέα-βάσεις, εξουδετέρωση, δείκτες, καύση, διπλή αντικατάσταση, το CO₂ σβήνει τη φωτιά κ.ά.
- Βιολογία: παρατήρηση ζωικών και φυτικών κυττάρων με μικροσκόπιο.

Η «παρουσίαση» των πειραμάτων γίνεται από τον υπεύθυνο του Ε.Κ.Φ.Ε. με την ενεργή και καταλυτική συμμετοχή των μαθητών και δασκάλων. Σε πολλές περιπτώσεις παράλληλα με το πραγματικό πείραμα παρουσιάζεται και αναλύεται το φαινόμενο και με την αξιοποίηση των δυνατοτήτων προσομοιώσεων (ηλεκτρικό κύκλωμα, μορφές ενέργειας, φαινόμενο θερμοκηπίου κ.λπ.).

Τα εκπαιδευτικά αποτελέσματα είναι εμφανή και ως αποτέλεσμα είναι τεράστια η ζήτηση των σχολείων που θέλουν να συμμετάσχουν. Σχεδόν και τα ογδόντα δημοτικά σχολεία του ν. Κοζάνης επιθυμούν να συμμετάσχουν κάθε σχολική χρονιά με τους μαθητές τους της Ε΄ και ΣΤ΄ τάξης σ΄ αυτή τη δραστηριότητα. Δυστυχώς δεν ικανοποιούνται όλες οι αιτήσεις διότι και δεν υπάρχει συνεργάτης στο Ε.Κ.Φ.Ε. και ο αριθμός των σχολείων είναι πολύ μεγάλος.

Ενδεικτικά στους Πίνακες 1 και 2 δίνονται οι πληθυσμοί των μαθητών που επισκέφθηκαν το Ε.Κ.Φ.Ε. Κοζάνης από το 2012 μέχρι και το Δεκέμβριο του 2015, ανά τάξη.

Πίνακας 1. Προσέλευση μαθητών της Ε΄ τάξης στο Ε.Κ.Φ.Ε. Κοζάνης

| Σχολικό Έτος | Δημοτικά Σχολεία | Τμήματα | Μαθητές | Εκπαιδευτικοί |
|--------------|------------------|---------|---------|---------------|
| 2012 - 2013 | 17 | 27 | 463 | 27 |
| 2013 - 2014 | 13 | 18 | 294 | 19 |
| 2014 - 2015 | 17 | 20 | 241 | 21 |
| 2015- 2016 | 9 | 12 | 250 | 13 |

Πίνακας 2. Προσέλευση μαθητών της Στ΄ τάξης στο Ε.Κ.Φ.Ε. Κοζάνης

| Σχολικό Έτος | Δημοτικά Σχολεία | Τμήματα | Μαθητές | Εκπαιδευτικοί |
|--------------|------------------|---------|---------|---------------|
| 2012 - 2013 | 10 | 14 | 219 | 15 |
| 2013 - 2014 | 12 | 15 | 254 | 16 |
| 2014 - 2015 | 15 | 18 | 275 | 18 |
| 2015- 2016 | 10 | 12 | 174 | 14 |

Για τη μετακίνηση των μαθητών απομακρυσμένων σχολείων, το Ε.Κ.Φ.Ε. επικοινωνήσε και ενημέρωσε τους Δήμους. Τα δυο πρώτα σχολικά έτη ο Δήμος Σερβίων – Βελβεντού και ο Δήμος Βοΐου διέθεταν τα λεωφορεία τους. Τώρα δεν τα διαθέτουν πια γιατί υπάρχει κάποιο νομικό κώλυμα. Οι άλλοι δυο Δήμοι Κοζάνης και Εορδαίας δεν τα διέθεσαν ποτέ.

Συμπεράσματα

Παρά τα προβλήματα που υπάρχουν (έλλειψη συνεργατών στα Ε.Κ.Φ.Ε., δυσκολίες μετακίνησης μαθητών) η επίσκεψη μαθητικών ομάδων Δημοτικών Σχολείων στα Ε.Κ.Φ.Ε. κρίνεται, εκ του αποτελέσματος, αμοιβαία επωφελής. Ο διάλογος αυτός επικοινωνίας μεταξύ Δευτεροβάθμιας και Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης αξίζει της προσοχής των εμπλεκόμενων με σκοπό την προσέλκυση του ενδιαφέροντος των μαθητών για τις Φυσικές Επιστήμες.

Ο ρόλος των Ε.Κ.Φ.Ε. στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση: Φυσικές Επιστήμες στο Νηπιαγωγείο

Ιωάννης Ντελής

Δάσκαλος - Φυσικός, συνεργάτης του Ε.Κ.Φ.Ε. Καρδίτσας
ioanntelis@sch.gr

Περίληψη

Το Ε.Κ.Φ.Ε. Καρδίτσας έχει επεκτείνει τις δράσεις του στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση και στην Προσχολική Αγωγή με δραστηριότητες και πρωτοβουλίες που έχουν γίνει ευρέως αποδεκτές από όλη την εκπαιδευτική κοινότητα του Νομού Καρδίτσας.

Εισαγωγή

Τα παιδιά από τη νηπιακή ηλικία παρατηρούν τα διάφορα φυσικά φαινόμενα και προσπαθούν να δώσουν εξηγήσεις. Η μελέτη των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) ξεκινάει από το Νηπιαγωγείο, στο αναλυτικό πρόγραμμα του οποίου υπάρχουν αναφορές σε διάφορα κεφάλαια, όπως για παράδειγμα στη θερμότητα, στο μαγνητισμό, στις φυσικές καταστάσεις των σωμάτων, στο φως, κ.λπ.

Ε.Κ.Φ.Ε. και Νηπιαγωγεία

Τα Ε.Κ.Φ.Ε. θα μπορούσαν να συνεργαστούν με τις/τους συναδέλφους Νηπιαγωγούς και να ενισχύσουν την προσπάθεια που γίνεται μέσα στα Νηπιαγωγεία για μια πιο ολοκληρωμένη μελέτη των διαφόρων φυσικών φαινομένων με πειραματικό τρόπο. Επίσης θα μπορούσαν να συνεργαστούν με τους Σχολικούς Συμβούλους Προσχολικής Αγωγής και να επιμορφώσουν τις/τους Νηπιαγωγούς στην πειραματική διδασκαλία των Φ.Ε. στο Νηπιαγωγείο.

Για παράδειγμα ένα αγαπημένο θέμα των Νηπιαγωγών είναι ο κύκλος του νερού στη φύση, με επιμέρους θέματα τις φυσικές καταστάσεις του νερού, το νερό ως διαλυτικό μέσο, τη χρήση του νερού και την πλεύση.

Αρχικά τα νήπια νομίζουν ότι το νερό στο δοχείο δεν έχει καμιά σχέση με τον παραγόμενο ατμό ούτε και με το νερό που παράγεται μετά την ψύξη του. Μέσα όμως από την πειραματική διαδικασία τα νήπια μαθαίνουν ότι όταν η θερμότητα επιδρά στον πάγο, αυτός λιώνει και γίνεται νερό και αν έχουμε επιπλέον επίδραση τότε το νερό γίνεται ατμός. Οδηγώντας τον ατμό σε μια επιφάνεια κρύα μπορούμε να ξαναπάρουμε το νερό που ήταν στο δοχείο, να το βάλουμε στην κατάψυξη και να έχουμε έτσι ξανά τον πάγο.

Από το Ε.Κ.Φ.Ε. Καρδίτσας δημιουργήθηκε υλικό, το οποίο συμπεριλαμβάνεται στις σημειώσεις με τίτλο: «Διαθεματικές εργασίες για τις φυσικές επιστήμες στο νηπιαγωγείο και το δημοτικό». Το υλικό αυτό είναι ανεβασμένο στην ιστοσελίδα του Ε.Κ.Φ.Ε. Καρδίτσας.

(<http://ekfe.kar.sch.gr/index.php/ekdoseis-ekfe/peiramata-pe/81-diathematikes-ergasies-gia-tis-fysikes-epistimes-sto-nipiagogeio-kai-to-dimotiko-i-delis-karditsa-2014>).

Οι διαθεματικές εργασίες, που αφορούν την Προσχολική Αγωγή, αναφέρονται σε τέσσερα κεφάλαια των φυσικών επιστημών και έχουν τους εξής τίτλους: «Ανακαλύπτω τους μαγνήτες», «Το νερό», «Παιχνίδια με τη θερμότητα» και «Παιχνίδια με το φως και τα χρώματα».

Στο υλικό αυτό υπάρχουν οι στόχοι, ενδεικτικές δραστηριότητες, παιχνίδια και δραστηριότητες για αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της πειραματικής διδασκαλίας. Βασικός στόχος είναι η παραγωγή εκπαιδευτικού υλικού από τα νήπια με τη βοήθεια του Ε.Κ.Φ.Ε. και των νηπιαγωγών, το οποίο θα παραχθεί μέσα από όλες τις βιωματικές δραστηριότητες. Το υλικό αυτό μπορεί να είναι ένα παραμύθι (π.χ. η ιστορία μιας σταγόνας νερού για όσους μελετήσουν το νερό), ένα καλειδοσκόπιο (για όσους μελετήσουν το φως), ένα επιτραπέζιο παιχνίδι (π.χ. μαγνητικό φιδάκι για όσους μελετήσουν τους μαγνήτες).

Δράσεις στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

Παράλληλα άλλες δράσεις του Ε.Κ.Φ.Ε. Καρδίτσας που πραγματοποιήθηκαν και συνεχίζουν να πραγματοποιούνται, και θα μπορούσαν να συνδράμουν στην πειραματική διδασκαλία των Φ.Ε. στο Δημοτικό Σχολείο, είναι οι εξής:

«Το βαλιτσάκι του πειραματιστή». Είναι μια συλλογή με όλα τα απαραίτητα απλά υλικά που απαιτούνται για την πραγματοποίηση της πειραματικής διδασκαλίας των φυσικών επιστημών στις Ε' και ΣΤ' τάξεις.

(<http://ekfe.kar.sch.gr/index.php/protovathmia/organwsi-ergastiriou/385-valitsaki>)

Διαθεματικές δραστηριότητες. Πειραματική διδασκαλία με διαθεματική επέκταση και σε άλλα μαθήματα. (<http://ekfe.kar.sch.gr/index.php/protovathmia/diathematikes-drastiriotes>)

Η «μαγεία» των φυσικών επιστημών. Μια καινούργια δράση σε εξέλιξη που αποτελείται από συλλογή βιωματικών δραστηριοτήτων.

(<http://ekfe.kar.sch.gr/index.php/protovathmia/2016-01-08-08-17-44>)

«Το παζλ της ενέργειας». Μια κατασκευή που αποτελείται από επτά κομμάτια ενός «παζλ» με τα οποία μπορούμε να μελετήσουμε τις μορφές και τις μετατροπές ενέργειας.

(<http://ekfe.kar.sch.gr/keimena/drastiriotes/2014/puzzle.pdf>)

Επιμόρφωση εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες μέσα από δράσεις Εργαστηρίων Φ.Ε.: το παράδειγμα του 9ου Δημοτικού Σχολείου Ρεθύμνου

Νεκτάριος Τσαγλιώτης

Δάσκαλος, Υπεύθυνος Εργαστηρίου Φ.Ε., 9ο Δημοτικό Σχολείο Ρεθύμνου
efepereth@gmail.com

Περίληψη

Το Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών στεγάζεται στο 9ο Δημοτικό Σχολείο Ρεθύμνου ως ένα από τα 58 που εξοπλίστηκαν από Πρόγραμμα του Γ' ΚΠΣ/ΕΠΕΑΕΚ του Υπουργείου Παιδείας (2005-2009). Μέσα σε ένα πλαίσιο συνεργασίας και συναίνεσης των τοπικών εκπαιδευτικών και διοικητικών φορέων, το Εργαστήριο λειτουργεί σε πιλοτική φάση από το 2006 μέχρι σήμερα, παρέχοντας στην εκπαιδευτική κοινότητα υπηρεσίες επιμόρφωσης και εργαστηριακής υποστήριξης με συνέπεια και συνέχεια.

Λέξεις κλειδιά: Εργαστήρια Φυσικών Επιστημών, πρωτοβάθμια εκπαίδευση, ενδοσχολική επιμόρφωση, εργαστηριακή πρακτική

Η περίπτωση λειτουργίας του Εργαστηρίου Φ.Ε. στο 9ο Δημοτικό Σχολείο Ρεθύμνου

Στο πλαίσιο ενός προγράμματος εξοπλισμού που είχε εκπονηθεί από την Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης του Γ' Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης/ΕΠΕΑΕΚ του Υπουργείου Παιδείας (2005-2009), δημιουργήθηκαν στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση 58 Εργαστήρια Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.), ένα για κάθε περιφερειακή ενότητα, ενσωματωμένα μέσα σε αντίστοιχο αριθμό σχολείων (<http://efepereth.wikidot.com/info>). Μέχρι σήμερα, δεν έχει κατοχυρωθεί θεσμικά ένα πλαίσιο λειτουργίας των Εργαστηρίων Φ.Ε. για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση, τα οποία θα μπορούσαν να προσφέρουν σημαντικές υπηρεσίες σε ένα τομέα όπως είναι η εργαστηριακή πρακτική στις Φ.Ε., τόσο των εκπαιδευομένων όσο και εκπαιδευτικών. Στην Περιφερειακή Ενότητα Ρεθύμνης, το Εργαστήριο Φ.Ε. στεγάζεται στο 9^ο Δημοτικό Σχολείο Ρεθύμνου, σε χώρους κατάλληλα διαμορφωμένους με επίπλωση και εξοπλισμό από το παραπάνω πρόγραμμα, χρησιμοποιώντας επίσης προϋπάρχουσες υποδομές του Σχολείου.

Μέσα σε ένα πλαίσιο συνεργασίας και συναίνεσης των τοπικών εκπαιδευτικών και διοικητικών φορέων, το Εργαστήριο Φ.Ε. λειτουργεί σε πιλοτική φάση από το 2006 μέχρι σήμερα. Οι διδακτικές και μαθησιακές προσεγγίσεις του Εργαστηρίου Φ.Ε. στηρίζονται κυρίως πάνω σε πειράματα και κατασκευές με απλά και συνήθη υλικά, τα οποία είναι προσφιλή και οικεία στα παιδιά και προσδίδουν μια αίσθηση καθημερινής δραστηριότητας για την επιστήμη. Συχνά, χρειάζεται να σκεφτούμε με διαφορετικούς τρόπους και περισσότερο αφαιρετικά κατά την προετοιμασία τέτοιων πειραμάτων, στοιχεία που συγκροτούν, άλλωστε, ένα πλαίσιο έρευνας και ανάπτυξης προς την κατεύθυνση αυτή. Είναι σημαντικό οι εκπαιδευτικοί να εμπλέκονται σε τέτοιες διαδικασίες, οι οποίες κάνουν τις έννοιες απλούστερες και πιο κατανοητές για τα παιδιά, μέσα από συγκεκριμένους μηχανισμούς και διδακτικούς μετασχηματισμούς, ενταγμένους στη σχολική τάξη.

Από τον πρώτο χρόνο της λειτουργίας του, το Εργαστήριο Φ.Ε. στο 9^ο Δημοτικό Σχολείο Ρεθύμνου χρησιμοποιείται καθημερινά και συστηματικά στη διδασκαλία και μάθηση των Φ.Ε. και παρέχει στην εκπαιδευτική κοινότητα:

- τη δυνατότητα για εργαστηριακή πρακτική των φυσικών επιστημών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, με βάση την έρευνα και ανάπτυξη στη διδακτική πράξη, τόσο για τους μαθητές όσο και για τους εκπαιδευτικούς
- σύγχρονες και καινοτόμες εκπαιδευτικές προσεγγίσεις, με τη δημιουργία εκπαιδευτικών σεναρίων, σχεδίων διδακτικών δραστηριοτήτων, εργαστηριακών πακέτων πειραμάτων, κατασκευών και σχεδίων εργασίας (projects)
- συστηματική εργαστηριακή υποστήριξη και επιμόρφωση εκπαιδευτικών μέσα από μια πληθώρα προγραμμάτων και δράσεων, τα οποία αφορούν ενδοσχολική επιμόρφωση σε συνεργασία με τους Σχολικούς Συμβούλους και μέσα στα πλαίσια επιμόρφωσης του

Υπουργείου Παιδείας [π.χ. Μείζον Πρόγραμμα Επιμόρφωσης (ΜΠΕ), Νέα Προγράμματα Σπουδών, Ψηφιακό Σχολείο κ.ά.]

- διάχυση όλων των παραπάνω υπηρεσιών μέσα από την ανάπτυξη ενός εκπαιδευτικού wiki (<http://efepereth.wikidot.com/>).

Τα επιμορφωτικά σεμινάρια-εργαστήρια για τους εκπαιδευτικούς διεξάγονται κυκλικά και επαναλαμβανόμενα δύο φορές το χρόνο. Έτσι, οι εκπαιδευτικοί επισκέπτονται το Εργαστήριο Φ.Ε. τον Οκτώβριο και το Φεβρουάριο, για ένα τρίωρο σεμινάριο-εργαστήριο, όπου πραγματεύονται εργαστηριακά και διδακτικά-ενοσιολογικά ζητήματα για τις ενότητες φυσικών επιστημών, τις οποίες προγραμματίζουν να διδάξουν στο αμέσως επόμενο χρονικό διάστημα. Κάθε τέτοιος κύκλος σεμιναρίων διαρκεί 3 εβδομάδες. Επιπρόσθετα, διαμορφώνεται μια διαρκής λίστα ηλεκτρονικής αλληλογραφίας, όπου σε τακτά χρονικά διαστήματα οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί ανταλλάσσουν μεταξύ τους σκέψεις, απόψεις, ιδέες και σχετικά αρχεία που αφορούν άμεσα την καθημερινή διδακτική και μαθησιακή διαδικασία των φυσικών επιστημών στο δημοτικό σχολείο. Παράλληλα, το μετασχηματισμένο εκπαιδευτικό περιεχόμενο, που παράγεται μέσα από εθνικά και Ευρωπαϊκά Προγράμματα, διαγωνισμούς εκπαιδευτών σεναρίων κ.ά., διαχέεται μέσα από τις επιμορφωτικές δράσεις και δοκιμάζεται στην πράξη, ενώ ταυτόχρονα εκτίθεται στη δι-υποκειμενική κριτική της εκπαιδευτικής κοινότητας.

Διατυπώνεται ο ισχυρισμός ότι η αξιοποίηση ενός Εργαστηρίου Φ.Ε., που στοχεύει στην ποιοτική αναμόρφωση και αναβάθμιση της διδασκαλίας και μάθησης των Φ.Ε. στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, με καινοτόμα, ποιοτικά αλλά και μετρήσιμα χαρακτηριστικά, δύναται να δώσει μια νέα πνοή στην καθημερινή εκπαιδευτική πράξη μαθητών και εκπαιδευτικών, διαμορφώνοντας σταδιακά μια κοινότητα μάθησης, με συνέπεια και συνέχεια. Σε ένα τέτοιο πλαίσιο, η περίπτωση του Εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών στο 9^ο Δημοτικό Σχολείο Ρεθύμνου, μπορεί να αποτελέσει ένα συγκεκριμένο παράδειγμα δοκιμασμένης υφιστάμενης λειτουργίας, ιδιαίτερα σε μία συγκυρία όπου χρειάζεται επιμονή στη σημασία και την αξία της εκπαιδευτικής διαδικασίας, στην αξιοποίηση των υπάρχουσών δομών, των ανθρώπινων και υλικών πόρων και κυρίως εμπιστοσύνη στο έργο των εκπαιδευτικών.

Συνεδρία Δ6

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Οι στάσεις των μαθητών της Δ.Ε. προς το πείραμα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: αποτελέσματα μιας μικρής κλίμακας έρευνας σε Γυμνάσια και Λύκεια του νομού Κορινθίας

Μαρία Κοτίνη
Δασκάλα (MEd)
mariakotini@gmail.com

Μιχάλης Παπακαλοδούκας
Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. ν. Κορινθίας
mparakal@yahoo.gr

Αναστασία Λουμπουτσκού
Φυσικός
teti077@yahoo.gr

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η έρευνα που πραγματοποιήθηκε για να αποτυπωθούν οι στάσεις των μαθητών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης του νομού Κορινθίας απέναντι στο πείραμα κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας των μαθημάτων των Φυσικών Επιστημών. Συντάχθηκε ερωτηματολόγιο 18 ερωτήσεων κλίμακας Likert, το οποίο χορηγήθηκε σε δείγμα 195 μαθητών 7 σχολείων (5 Γυμνάσια και 2 Λύκεια) της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης του νομού Κορινθίας. Αναλύθηκαν τα αποτελέσματα που αφορούν τις στάσεις των μαθητών σε σχέση με το φύλο τους, την τάξη φοίτησης και την ηλικία τους. Η εισήγηση, λαμβάνοντας υπόψη τις στάσεις των μαθητών του δείγματος, αλλά και τα νέα δεδομένα της επιστημονικής έρευνας, προχωρεί στη διατύπωση καινοτόμων θέσεων σχετικά με πώς τα πειράματα και γενικότερα οι δραστηριότητες Φυσικών Επιστημών μπορούν να κεντρίζουν το ενδιαφέρον των μαθητών, καθώς και να συμβάλλουν στην προετοιμασία ενός ενεργού πολίτη με κριτική σκέψη, ικανό να λαμβάνει αποφάσεις και να επιλύει προβλήματα.

Λέξεις κλειδιά: Στάσεις, μαθητές, πείραμα

Εισαγωγή

Η πραγματοποίηση πειραμάτων είναι μια διαδικασία άρρηκτα συνδεδεμένη με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον, καθώς μπορεί να συνδράμει στην επίτευξη πολλών και διαφορετικών διδακτικών στόχων, πέρα από τους γνωσιακούς (Ευαγγέλου, 2007; Κόκκοτας, 2010; Πατσαδάκης, 2014). Τα πειράματα μπορούν να αποτελέσουν τον συνδυασμό κριτικής της γνώσης που λαμβάνει ο μαθητής στο σχολείο με τις καθημερινές του εμπειρίες, να κεντρίσουν το ενδιαφέρον του και παράλληλα να τον βοηθήσουν να αναπτύξει επιστημονική σκέψη, δημιουργικότητα και φαντασία, δεξιότητες που σχετίζονται με τα χέρια του, καθώς και ικανότητες συνεργασίας και επικοινωνίας (Ευαγγέλου, 2007; Τσουμάνης & Σακελλαρίου, 2007; Κώτσης, 2011; Πατσαδάκης, 2014). Επιπλέον, στο εποικοδομητικό μοντέλο μάθησης, τα πειράματα μπορούν να αναδείξουν τις αντιλήψεις των μαθητών για τα φαινόμενα του φυσικού κόσμου ή να δώσουν τη δυνατότητα στους μαθητές να ελέγξουν τις απόψεις τους και μέσω πρόκλησης γνωσιακής σύγκρουσης να τους βοηθήσουν να τροποποιήσουν τις εναλλακτικές τους ιδέες, οικοδομώντας την επιστημονική άποψη (Ευαγγέλου, 2007; Τσουμάνης & Σακελλαρίου, 2007; Κώτσης, 2011; Στύλος κ.ά., 2014).

Ύστερα από ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας μπορεί κανείς να εντοπίσει διάφορους ορισμούς για τον όρο «στάσεις». Οι περισσότεροι όμως περιγράφουν τη διάθεση απέναντι σε κάτι, τα αρνητικά ή θετικά συναισθήματα, την προτίμηση / το ενδιαφέρον ή όχι, τη θετική ή αρνητική αξιολόγηση (Anwar & Bhutta, 2014; Σάλτα & Τζουγκράκη, 2002; Γιασεμής, 2011; Στύλος & Κώτσης, 2013). Σύμφωνα με τους Thurstone & Chave (όπως αναφέρεται στον Γιασεμή, 2011) η έννοια της στάσης εκφράζει «το σύνολο των κλίσεων και τα συναισθήματα ενός ανθρώπου, τις προκαταλήψεις ή την μεροληψία, προηγούμενες αντιλήψεις, ιδέες, φόβους και κινδύνους για κάθε ειδικό θέμα».

Οι μαθητές εκφράζουν θετικές στάσεις απέναντι στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών, όταν η διδασκαλία δεν περιορίζεται στο θεωρητικό επίπεδο και τη διάλεξη, αλλά συνοδεύεται από την πραγματοποίηση πειραμάτων και είναι περισσότερο μαθητοκεντρική. Αγαπούν τα πειράματα και προτιμούν να ανακαλύπτουν τη γνώση μέσω δραστηριοτήτων (Farhana & Zainun, 2012; Κώτσης, 2011).

Βασικός κορμός αυτής της ερευνητικής προσπάθειας είναι να επισημανθούν οι στάσεις των μαθητών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης του νομού Κορινθίας προς το πείραμα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και σε συνδυασμό με τα νέα δεδομένα της επιστημονικής έρευνας, να διατυπωθούν καινοτόμες θέσεις σχετικά με πώς τα πειράματα και γενικότερα οι δραστηριότητες Φυσικών Επιστημών μπορούν να κεντρίζουν το ενδιαφέρον των μαθητών, καθώς και να συμβάλλουν στην προετοιμασία ενός ενεργού πολίτη με κριτική σκέψη, ικανό να λαμβάνει αποφάσεις και να επιλύει προβλήματα.

Έρευνα και αποτελέσματα

Η παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε τον Νοέμβριο του 2015. Τα σχολεία που πήραν μέρος στην έρευνα είναι 5 Γυμνάσια και 2 Λύκεια του νομού Κορινθίας. Ο περιορισμός της έρευνας σε 7 μόνο σχολεία της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης του νομού Κορινθίας, ο αριθμός του δείγματος (195 μαθητές) και το γεγονός ότι οι μαθητές δεν αποκρίθηκαν σε όλες τις ερωτήσεις του εργαλείου συλλογής δεδομένων δεν επιτρέπουν τη γενίκευση των συμπερασμάτων της παρούσας έρευνας στο σύνολο του μαθητικού πληθυσμού της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης του νομού Κορινθίας και κατά μείζονα λόγο της Ελλάδας, παρέχουν όμως αρκετές ενδείξεις σχετικά με τις στάσεις των μαθητών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης απέναντι στο πείραμα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

Δείγμα

Το δείγμα της έρευνας αποτελείται από 195 μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης του νομού Κορινθίας. Ο μέσος όρος ηλικίας των μαθητών του δείγματος είναι $M=14,45$ ($SD=0,89$). Το δείγμα αποτελείται από 149 (76,4%) μαθητές Γυμνασίου και 46 (23,6%) μαθητές Λυκείου. Η κατανομή των μαθητών φαίνεται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Απόλυτες και σχετικές συχνότητες των μαθητών (N=195) ως προς την τάξη φοίτησης

| Τάξη φοίτησης | N | % |
|---------------|-----|------|
| A' Γυμνασίου | 11 | 5,6 |
| B' Γυμνασίου | 10 | 5,2 |
| Γ' Γυμνασίου | 128 | 65,6 |
| A' Λυκείου | 32 | 16,4 |
| B' Λυκείου | 14 | 7,2 |
| Σύνολο | 195 | 100 |

Το δείγμα αποτελείται από 86 αγόρια (47,8%) και 94 κορίτσια (52,2%).

Πίνακας 2. Απόλυτες και σχετικές συχνότητες των μαθητών (N=180) ως προς το φύλο

| Φύλο | N | % |
|---------|-----|------|
| Αγόρι | 86 | 47,8 |
| Κορίτσι | 94 | 52,2 |
| Σύνολο | 180 | 100 |

Εργαλείο συλλογής δεδομένων

Το ερευνητικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε ως μέσο συλλογής των δεδομένων ήταν ένα ερωτηματολόγιο με 18 δηλώσεις σε μία τετραβάθμια κλίμακα (1=Διαφωνώ απόλυτα, 2=Διαφωνώ, 3=Συμφωνώ, 4=Συμφωνώ απόλυτα). Οι δηλώσεις 1 έως 8 αξιοποιήθηκαν από το αντίστοιχο εργαλείο μέτρησης στάσεων μαθητών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης (της Τουρκίας) απέναντι στο πείραμα των Kaya & Bøyük (2011) με κάποιες μικρές τροποποιήσεις και οι υπόλοιπες από την ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας και την προσωπική μας εμπειρία.

Σύνολο του δείγματος

Στους Πίνακες 3.α και 3.β φαίνονται οι δηλώσεις και οι απαντήσεις (σχετικές συχνότητες) των μαθητών για το πείραμα.

Το 54,7% των μαθητών του συνόλου του δείγματος συμφωνούν στο ότι τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. είναι συναρπαστικά. Το 49,2% των μαθητών του συνόλου δείγματος συμφωνούν στο ότι τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. τους αρέσουν επειδή δεν ξέρουν τι θα συμβεί. Το 49,7% των μαθητών του συνόλου του δείγματος συμφωνούν στο ότι τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. είναι χρήσιμα επειδή μπορούν να συνεργάζονται με τους συμμαθητές τους. Το 45,9% των μαθητών του συνόλου του δείγματος διαφωνούν στο ότι τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. τους αρέσουν γιατί μπορούν να αποφασίσουν τι να κάνουν μόνοι τους. Οι μαθητές του δείγματος συμφωνούν απόλυτα (58,5%) με το ότι θα ήθελαν να κάνουν περισσότερα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. και με το ότι μαθαίνουν καλύτερα τις Φ.Ε. όταν κάνουν πειράματα (49,2%). Το 45,6% των μαθητών του συνόλου του δείγματος ανυπομονούν να κάνουν πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε.. Το 11,8% των μαθητών του συνόλου του δείγματος βρίσκουν τα πειράματα των Φ.Ε. βαρετά. Το 52,4% των μαθητών του δείγματος συμφωνεί απόλυτα με το ότι είναι προτιμότερο να γίνονται τα πειράματα των Φ.Ε. στον χώρο του εργαστηρίου.

Πίνακας 3.α. Οι δηλώσεις και οι απαντήσεις των μαθητών για το πείραμα

| Παρακαλώ κυκλώστε τον αριθμό που αντιστοιχεί στο βαθμό που συμφωνείτε ή διαφωνείτε σε κάθε μία από τις παρακάτω δηλώσεις: | Διαφωνώ 1 (%) | Διαφωνώ 2 (%) | Συμφωνώ 3 (%) | Συμφωνώ 4 (%) |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Δήλ. 1: Τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. είναι συναρπαστικά. | 3,1 | 14,1 | 54,7 | 28,1 |
| Δήλ. 2: Τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. μου αρέσουν επειδή δεν ξέρω τι θα συμβεί. | 3,1 | 29,2 | 49,2 | 18,5 |
| Δήλ. 3: Τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. είναι χρήσιμα επειδή μπορώ και συνεργάζομαι με τους συμμαθητές μου. | 5,7 | 22,2 | 49,7 | 24,2 |
| Δήλ. 4: Τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. μου αρέσουν γιατί μπορώ να αποφασίσω τι να κάνω μόνος μου. | 20,1 | 45,9 | 26,8 | 7,2 |
| Δήλ. 5: Θα ήθελα να κάνω περισσότερα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε.. | 3,6 | 6,7 | 31,1 | 58,5 |
| Δήλ. 6: Μαθαίνουμε τις Φ.Ε. καλύτερα όταν κάνουμε πειράματα. | 2,1 | 8,3 | 40,4 | 49,2 |
| Δήλ. 7: Ανυπομονώ να κάνω πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε.. | 4,1 | 14,4 | 45,6 | 35,9 |
| Δήλ. 8: Τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. είναι βαρετά. | 54,8 | 33,5 | 5,9 | 5,9 |
| Δήλ. 9: Τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. μου αρέσουν περισσότερο όταν γίνονται στον χώρο του εργαστηρίου. | 3,1 | 8,4 | 36,1 | 52,4 |

Το 41,5% των μαθητών του δείγματος δεν βρίσκει επικίνδυνα τα πειράματα. Το 39,7% των μαθητών του δείγματος διαφωνεί με το να εκτελεί ο καθηγητής τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. και εκείνοι να παρατηρούν παρά να συμμετέχουν στην εκτέλεσή τους. Το 39,4% διαφωνούν με το να γίνονται τα πειράματα των Φ.Ε. με απλά καθημερινά υλικά. Το 54,6% των μαθητών του δείγματος δεν ασχολούνται με τα πειράματα και μετά το σχολείο. Το 19,2% των μαθητών του δείγματος θέλουν να συμμετέχουν όταν πραγματοποιούνται τα πειράματα των Φ.Ε., αλλά φοβούνται. Το 54,2% των μαθητών του δείγματος συμφωνούν να βοηθήσουν στην προετοιμασία των πειραμάτων για τη διδασκαλία των μαθημάτων των Φ.Ε. Το 48,2% των μαθητών του δείγματος συμφωνεί ότι τα πειράματα είναι ευχάριστα ακόμα κι αν δυσκολεύονται να τα κατανοήσουν. Το 50,8% των μαθητών εκφράζει απόλυτα την άποψη ότι τα μαθήματα των Φ.Ε. τους αρέσουν περισσότερο όταν συνοδεύονται από πειράματα. Το 39% διαφωνούν απόλυτα με την άποψη ότι είναι καλύτερα να εκτελούν τα πειράματα μόνοι παρά σε ομάδα.

Πίνακας 3.β. Οι δηλώσεις και οι απαντήσεις των μαθητών για το πείραμα

| Παρακαλώ κυκλώστε τον αριθμό που αντιστοιχεί στο βαθμό που συμφωνείτε ή διαφωνείτε σε κάθε μία από τις παρακάτω δηλώσεις: | Διαφωνώ 1 (απόλυτα) (%) | Διαφωνώ 2 (%) | Συμφωνώ 3 (%) | Συμφωνώ 4 (απόλυτα) (%) |
|--|-------------------------|---------------|---------------|-------------------------|
| Δήλ. 10: Τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. είναι επικίνδυνα. | 30,3 | 41,5 | 22,9 | 5,3 |
| Δήλ. 11: Προτιμώ τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. να τα εκτελεί ο καθηγητής κι εγώ να παρατηρώ παρά να συμμετέχω στην εκτέλεσή τους. | 30,9 | 39,7 | 20,1 | 9,3 |
| Δήλ. 12: Είναι καλύτερα τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. να γίνονται με απλά καθημερινά υλικά. | 9,3 | 39,4 | 38,3 | 13,0 |
| Δήλ. 13: Μου αρέσει να ασχολούμαι με τα πειράματα και μετά το σχολείο (π.χ. ψάχνω στο διαδίκτυο, τα δείχνω στους φίλους μου κ.λπ.). | 14,4 | 40,2 | 38,1 | 7,2 |
| Δήλ. 14: Όταν πραγματοποιούνται πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. θέλω να συμμετέχω αλλά φοβάμαι. | 42,5 | 38,3 | 16,1 | 3,1 |
| Δήλ. 15: Είμαι πρόθυμος/η να βοηθήσω στην προετοιμασία των πειραμάτων για τη διδασκαλία των μαθημάτων των Φ.Ε.. | 6,8 | 11,5 | 54,2 | 27,6 |
| Δήλ. 16: Τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. είναι ευχάριστα ακόμα κι όταν δυσκολεύομαι να τα κατανοήσω. | 5,7 | 19,7 | 48,2 | 26,4 |
| Δήλ. 17: Τα μαθήματα των Φ.Ε. μου αρέσουν περισσότερο όταν συνοδεύονται από πειράματα. | 4,6 | 10,3 | 34,4 | 50,8 |
| Δήλ. 18: Είναι καλύτερα να εκτελώ τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. μόνος μου παρά σε ομάδα. | 39,0 | 38,5 | 14,4 | 8,2 |

Επιπλέον, οι τέσσερις κατηγορίες της κλίμακας Likert συγχωνεύτηκαν σε δύο. Έτσι προέκυψαν δύο κατηγορίες, «Αρνητική στάση» (Διαφωνώ – Διαφωνώ απόλυτα) και «Θετική στάση» (Συμφωνώ – Συμφωνώ απόλυτα).

Πίνακας 4. Κατανομή (απόλυτες και διττές σχετικές συχνότητες) των μαθητών του δείγματος ως προς το φύλο και τη στάση απέναντι στη δήλωση «Τα μαθήματα των Φ.Ε. μου αρέσουν περισσότερο όταν συνοδεύονται από πειράματα»

| Στάση | Φύλο | | | | | |
|----------|-------|-----------|---------|-----------|--------|------|
| | Αγόρι | | Κορίτσι | | Σύνολο | |
| | f | % | f | % | f | % |
| Αρνητική | 17 | 19,8/68,0 | 8 | 8,5/32,0 | 25 | 13,9 |
| Θετική | 69 | 80,2/44,5 | 86 | 91,5/55,5 | 155 | 86,1 |
| Σύνολο | 86 | 47,8/100 | 94 | 52,2/100 | 180 | 100 |

Από τους μαθητές του δείγματος που είχαν θετική στάση απέναντι στη δήλωση «Τα μαθήματα των Φ.Ε. μου αρέσουν περισσότερο όταν συνοδεύονται από πειράματα» ένα στατιστικώς σημαντικά υψηλότερο ποσοστό είναι κορίτσια (91,5% έναντι 80,2% που είναι αγόρια) ($\chi^2(1)=4,76$ $p<0,05$).

Πίνακας 5. Κατανομή (απόλυτες και διττές σχετικές συχνότητες) των μαθητών του δείγματος ως προς την τάξη φοίτησης και τη στάση απέναντι στη δήλωση «Τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. είναι συναρπαστικά»

| Στάση | Τάξη φοίτησης | | | | | |
|----------|---------------|-----------|--------|-----------|--------|------|
| | Γυμνάσιο | | Λύκειο | | Σύνολο | |
| | f | % | f | % | f | % |
| Αρνητική | 19 | 14,2/61,3 | 12 | 27,3/38,7 | 31 | 17,4 |

| | | | | | | |
|--------|-----|-----------|----|-----------|-----|------|
| Θετική | 115 | 85,8/78,2 | 32 | 72,7/21,8 | 147 | 82,6 |
| Σύνολο | 134 | 75,3/100 | 44 | 24,7/100 | 178 | 100 |

Από τους μαθητές του δείγματος που είχαν θετική στάση απέναντι στη δήλωση «Τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. είναι συναρπαστικά» ένα στατιστικώς σημαντικά υψηλότερο ποσοστό είναι μαθητές που φοιτούν στο Γυμνάσιο σε σύγκριση με τους μαθητές που φοιτούν στο Λύκειο (85,8% έναντι 72,7%) ($X^2(1)=3,95$ $p<0,05$).

Πίνακας 6. Κατανομή (απόλυτες και διττές σχετικές συχνότητες) των μαθητών του δείγματος ως προς την τάξη φοίτησης και τη στάση απέναντι στη δήλωση «Τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. μου αρέσουν επειδή δεν ξέρω τι θα συμβεί»

| Στάση | Τάξη φοίτησης | | | | | |
|----------|---------------|-----------|--------|-----------|--------|------|
| | Γυμνάσιο | | Λύκειο | | Σύνολο | |
| | f | % | f | % | f | % |
| Αρνητική | 50 | 37,0/84,7 | 9 | 20,0/15,3 | 59 | 32,8 |
| Θετική | 85 | 63,0/70,2 | 36 | 80,0/29,8 | 121 | 67,2 |
| Σύνολο | 135 | 75,0/100 | 45 | 25,0/100 | 180 | 100 |

Από τους μαθητές του δείγματος που είχαν θετική στάση απέναντι στη δήλωση «Τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. μου αρέσουν επειδή δεν ξέρω τι θα συμβεί» ένα στατιστικώς σημαντικά υψηλότερο ποσοστό είναι μαθητές που φοιτούν στο Λύκειο σε σύγκριση με τους μαθητές που φοιτούν στο Γυμνάσιο (80,0% έναντι 63,0%) ($X^2(1)=4,45$ $p<0,05$).

Πίνακας 7. Κατανομή (απόλυτες και διττές σχετικές συχνότητες) των μαθητών του δείγματος ως προς την τάξη φοίτησης και τη στάση απέναντι στη δήλωση «Τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. είναι επικίνδυνα»

| Στάση | Τάξη φοίτησης | | | | | |
|----------|---------------|-----------|--------|-----------|--------|------|
| | Γυμνάσιο | | Λύκειο | | Σύνολο | |
| | f | % | f | % | f | % |
| Αρνητική | 88 | 68,8/69,8 | 38 | 84,4/30,2 | 126 | 72,8 |
| Θετική | 40 | 31,2/85,1 | 7 | 15,6/14,9 | 47 | 27,2 |
| Σύνολο | 128 | 74,0/100 | 45 | 26,0/100 | 173 | 100 |

Από τους μαθητές του δείγματος που είχαν θετική στάση απέναντι στη δήλωση «Τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. είναι επικίνδυνα» ένα στατιστικώς σημαντικά υψηλότερο ποσοστό είναι μαθητές που φοιτούν στο Γυμνάσιο σε σύγκριση με τους μαθητές που φοιτούν στο Λύκειο (31,2% έναντι 15,6%) ($X^2(1)=4,14$ $p<0,05$).

Πίνακας 8. Μέσοι όροι, τυπικές αποκλίσεις, t τιμές και επίπεδα στατιστικής σημαντικότητας της ηλικίας του συνόλου του δείγματος σε σχέση με την αρνητική ή θετική στάση στη δήλωση «Ανυπομονώ να κάνω πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε.»

| Μέτρηση | Θετική στάση | | Αρνητική στάση | | t κριτήριο | df | p |
|---------|--------------|------|----------------|------|------------|-----|-------|
| | M | SD | M | SD | | | |
| Ηλικία | 14,39 | 0,84 | 14,79 | 1,10 | 2,20 | 176 | <0,05 |

Η διαφορά που παρατηρείται στην ηλικία των μαθητών που έχουν θετική και των μαθητών που έχουν αρνητική στάση στη δήλωση «Ανυπομονώ να κάνω πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε.», είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο 5%.

Μαθητές Γυμνασίου

Πίνακας 9. Μέσοι όροι, τυπικές αποκλίσεις, t τιμές και επίπεδα στατιστικής σημαντικότητας της ηλικίας του συνόλου του δείγματος σε σχέση με την αρνητική ή θετική στάση στη δήλωση «Είναι καλύτερα να εκτελώ τα πειράματα μόνος μου παρά σε ομάδα»

| Μέτρηση | Θετική στάση | | Αρνητική στάση | | t κριτήριο | df | p |
|---------|--------------|------|----------------|------|---------------|-----|-------|
| | M | SD | M | SD | | | |
| Ηλικία | 14,34 | 0,83 | 14,04 | 0,62 | -2,23 | 176 | <0,05 |

Η διαφορά που παρατηρείται στην ηλικία των μαθητών που έχουν θετική και των μαθητών που έχουν αρνητική στάση στη δήλωση «Είναι καλύτερα να εκτελώ τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. μόνος μου παρά σε ομάδα», είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο 5%.

Μαθητές Λυκείου

Πίνακας 10. Μέσοι όροι, τυπικές αποκλίσεις, t τιμές και επίπεδα στατιστικής σημαντικότητας της ηλικίας του συνόλου του δείγματος σε σχέση με την αρνητική ή θετική στάση στη δήλωση «Μαθαίνουμε τις Φ.Ε. καλύτερα όταν κάνουμε πειράματα»

| Μέτρηση | Θετική στάση | | Αρνητική στάση | | t κριτήριο | df | p |
|---------|--------------|------|----------------|------|---------------|----|-------|
| | M | SD | M | SD | | | |
| Ηλικία | 15,38 | 0,62 | 16,33 | 0,58 | 2,57 | 43 | <0,05 |

Η διαφορά που παρατηρείται στην ηλικία των μαθητών που έχουν θετική και των μαθητών που έχουν αρνητική στάση στη δήλωση «Μαθαίνουμε τις Φ.Ε. καλύτερα όταν κάνουμε πειράματα», είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο 5%.

Συμπεράσματα

Επιχειρώντας μια συνοπτική αποτίμηση των αποτελεσμάτων της έρευνάς μας συμπεραίνουμε ότι η πλειοψηφία των μαθητών του συνόλου του δείγματος - 82,8% - θεωρεί τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. συναρπαστικά, από τους οποίους ένα στατιστικώς σημαντικά υψηλότερο ποσοστό είναι μαθητές που φοιτούν στο Γυμνάσιο σε σύγκριση με τους μαθητές που φοιτούν στο Λύκειο. Επιπλέον στο 67,7% των μαθητών του συνόλου του δείγματος αρέσουν τα πειράματα επειδή δεν ξέρουν τι θα συμβεί, εκ των οποίων ένα στατιστικώς σημαντικά υψηλότερο ποσοστό είναι μαθητές που φοιτούν στο Λύκειο σε σύγκριση με τους μαθητές που φοιτούν στο Γυμνάσιο.

Επίσης, οι περισσότεροι μαθητές θεωρούν τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. χρήσιμα επειδή μπορούν και συνεργάζονται με τους συμμαθητές τους. Αντιθέτως, δεν τους αρέσει όταν μπορούν να αποφασίζουν τι να κάνουν μόνοι τους και δηλώνουν πως είναι καλύτερα να εκτελούν τα πειράματα σε ομάδα παρά μόνοι τους.

Οι πλειοψηφία των μαθητών του συνόλου του δείγματος δηλώνουν ότι θα ήθελαν να κάνουν περισσότερα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. και μόνο το 11,8% των μαθητών του συνόλου του δείγματος βρίσκουν τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. βαρετά. Επίσης, οι περισσότεροι μαθητές θεωρούν ότι μαθαίνουν τις Φ.Ε. καλύτερα όταν κάνουν πειράματα κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας τους και ανυπομονούν να κάνουν πειράματα.

Το 88,5% των μαθητών του συνόλου του δείγματος προτιμούν να γίνονται τα πειράματα σε εργαστηριακό χώρο. Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζονται και σε μία ερευνητική εργασία που πραγματοποιήθηκε σε μαθητές Δημοτικού για τη μέτρηση των στάσεών τους προς το πείραμα κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας των Φ.Ε. (Κώτσης, 2011).

Μόνο το 28,2% των μαθητών του συνόλου του δείγματος θεωρούν τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. επικίνδυνα, από τους οποίους ένα στατιστικώς σημαντικά υψηλότερο ποσοστό είναι μαθητές που φοιτούν στο Γυμνάσιο σε σύγκριση με τους μαθητές που φοιτούν στο Λύκειο. Οι περισσότεροι μαθητές εκφράζουν αρνητική στάση στη δήλωση «Όταν πραγματοποιούνται πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. θέλω να συμμετέχω αλλά φοβάμαι». Προτιμούν να συμμετέχουν στην εκτέλεση των πειραμάτων ενεργά παρά να τα εκτελεί ο καθηγητής και αυτοί απλά να παρατηρούν. Ανάλογα αποτελέσματα έχουν δημοσιευθεί το 2011 για μαθητές Δημοτικού (Κώτσης, 2011). Επιπλέον περισσότεροι από τους μισούς μαθητές του συνόλου του δείγματος - 51,3% - θεωρούν πως είναι καλύτερα τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. να γίνονται με απλά καθημερινά υλικά.

Όπως έχει καταγραφεί και σε άλλες έρευνες που αφορούν μαθητές Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης (Braund & Driver, 2005; Κώτσης, 2011), οι περισσότεροι μαθητές του συνόλου του δείγματος δηλώνουν ότι τα μαθήματα των Φ.Ε. τους αρέσουν περισσότερο όταν

συνοδεύονται από πειράματα. Επιπλέον να αναφερθεί ότι από τους μαθητές του δείγματος που είχαν θετική στάση απέναντι στη δήλωση «Τα μαθήματα των Φ.Ε. μου αρέσουν περισσότερο όταν συνοδεύονται από πειράματα» ένα στατιστικώς σημαντικά υψηλότερο ποσοστό είναι κορίτσια. Η πλειοψηφία των μαθητών του συνόλου του δείγματος, επιπλέον, βρίσκουν τα πειράματα ευχάριστα ακόμα κι όταν δυσκολεύονται να τα κατανοήσουν.

Επίσης το 80,9% των μαθητών του συνόλου του δείγματος είναι πρόθυμοι να βοηθήσουν στην προετοιμασία των πειραμάτων για τη διδασκαλία των μαθημάτων των Φ.Ε. Ανάλογα αποτελέσματα έχουν δημοσιευθεί για μαθητές Δημοτικού (Κώτσης, 2011). Ωστόσο, περισσότεροι από τους μισούς μαθητές του συνόλου του δείγματος - 54,6% - δηλώνουν ότι δεν τους αρέσει να ασχολούνται με τα πειράματα και μετά το σχολείο (π.χ. ψάχνουν στο διαδίκτυο, τα δείχνουν στους φίλους τους κ.λπ.). Παρόμοια αποτελέσματα έχουν δημοσιευθεί το 2011 για μαθητές Δημοτικού (Κώτσης, 2011).

Η διαφορά που παρατηρείται στην ηλικία των μαθητών που έχουν θετική και των μαθητών που έχουν αρνητική στάση στη δήλωση «Ανυπομονώ να κάνω πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε.» είναι στατιστικά σημαντική, με τους μαθητές μικρότερης ηλικίας να εκφράζουν θετική στάση και τους μαθητές μεγαλύτερης ηλικίας να εκφράζουν αρνητική στάση. Όσον αφορά αποκλειστικά τους μαθητές Γυμνασίου, η διαφορά που παρατηρείται στην ηλικία των μαθητών που έχουν θετική και των μαθητών που έχουν αρνητική στάση στη δήλωση «Είναι καλύτερα να εκτελώ τα πειράματα στα μαθήματα των Φ.Ε. μόνος μου παρά σε ομάδα» είναι στατιστικά σημαντική, με τους μαθητές μεγαλύτερης ηλικίας να εκφράζουν θετική στάση και τους μαθητές μικρότερης ηλικίας να εκφράζουν αρνητική στάση. Επιπλέον όσον αφορά αποκλειστικά τους μαθητές Λυκείου, η διαφορά που παρατηρείται στην ηλικία των μαθητών που έχουν θετική και των μαθητών που έχουν αρνητική στάση στη δήλωση «Μαθαίνουμε τις Φ.Ε. καλύτερα όταν κάνουμε πειράματα» είναι στατιστικά σημαντική, με τους μαθητές μικρότερης ηλικίας να εκφράζουν θετική στάση και τους μαθητές μεγαλύτερης ηλικίας να εκφράζουν αρνητική στάση.

Σύμφωνα με τις παραπάνω διαπιστώσεις και λαμβάνοντας υπόψη τη σχετική βιβλιογραφία γίνεται φανερό πόσο σημαντικός είναι ο ρόλος του πειράματος κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας των Φ.Ε.. Ένα χαρακτηριστικό που θα μπορούσαν να έχουν τα πειράματα και γενικότερα οι δραστηριότητες των μαθημάτων των Φ.Ε., ώστε να απευθύνονται στην πλειοψηφία των μαθητών και να προσελκύουν το ενδιαφέρον τους είναι να είναι σχεδιασμένα με τέτοιο τρόπο, ώστε η εκτέλεσή τους να γίνεται ομαδικά από τους μαθητές και ταυτόχρονα να απαιτείται η συνεργασία και αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό που θα μπορούσε να αφορά τις δραστηριότητες των Φ.Ε τόσο στη Δευτεροβάθμια όσο και στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση είναι να γίνονται πειράματα με απλά υλικά, καθημερινής χρήσης, τα οποία είναι εύκολο κανείς να τα προμηθευτεί, χωρίς ιδιαίτερο οικονομικό κόστος, αλλά ταυτόχρονα αποτελούν και αφορμή για ανάληψη ευθυνών από τους μαθητές, καθώς θα είναι εύκολο γι' αυτούς με αυτόν τον τρόπο να συμβάλλουν στην προετοιμασία των πειραμάτων. Επιπλέον, τα πειράματα με απλά, καθημερινά υλικά θα προκαλούσαν το ενδιαφέρον των μαθητών, καθώς θα μπορούσαν να τα επαναλάβουν στο σπίτι με τους φίλους τους, να παρατηρήσουν περεταίρω και να καταλήξουν σε συμπεράσματα. Επίσης με αυτόν τον τρόπο οι μαθητές θα είναι σε θέση να επιλύουν ευκολότερα προβλήματα της καθημερινής τους ζωής.

Προτείνουμε οι δραστηριότητες των μαθημάτων των Φ.Ε. να εκτελούνται κατά κύριο λόγο, όπου φυσικά είναι δυνατόν, σε εργαστηριακό χώρο, ο οποίος όμως θα είναι εξοπλισμένος με απλά υλικά, καθημερινής χρήσης, ώστε να αποτελεί χώρο όπου ο μαθητής θα μπορεί ασφαλώς να συμμετέχει ενεργά στις πειραματικές δραστηριότητες, χωρίς να αισθάνεται τον φόβο ατυχήματος. Ταυτόχρονα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν προσομοιώσεις και video, για να κεντριστεί περισσότερο το ενδιαφέρον των μαθητών.

Περεταίρω προτείνουμε την οργάνωση επιμορφωτικών συναντήσεων με τη βοήθεια των Ε.Κ.Φ.Ε. της χώρας, οι οποίες να συνοδεύονται από χρήση και παραγωγή υποστηρικτικού υλικού που θα εξυπηρετεί την πειραματική διδασκαλία των Φ.Ε. και θα παρέχει στους εκπαιδευτικούς προτάσεις που θα μπορούν να εφαρμοστούν ακόμα κι όταν δεν είναι δυνατή η πρόσβαση σε εξοπλισμένα εργαστήρια. Το εκπαιδευτικό αυτό υλικό μπορεί να καταχωρηθεί σε ειδικό γι' αυτόν τον σκοπό «ηλεκτρονικό κατάλογο» ανά διδακτική ενότητα για κάθε γνωστικό αντικείμενο, ώστε να μπορεί να αξιοποιηθεί εύκολα από τους εκπαιδευτικούς.

Η παρούσα εργασία θα μπορούσε να αποτελέσει έναυσμα για πιθανή μελλοντική έρευνα σχετικά με το ποιες είναι οι στάσεις των μαθητών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης απέναντι στο πείραμα στη διδασκαλία των Φ.Ε. άλλων νομών της Ελλάδας σε σχέση με τις στάσεις των μαθητών της παρούσας έρευνας.

Αναφορές

- Anwar, N. P. & Bhutta, S. M. (2014). Students' attitude towards science in lower secondary classes: Comparison across regions. *Journal of Educational Research*, 17(1), 77-90.
- Braund, M. & Driver, M. (2005). Pupils' perceptions of practical science in primary and secondary school: implications for improving progression and continuity of learning. *Educational Research*, 47:1, 77-91.
- Farhana, W. Z. & Zainun, M. A. (2012). Urban Students' Attitude towards Learning Chemistry. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 68, 295 – 304.
- Kaya, H. & Böyük U. (2011). Attitude towards physics lessons and physical experiments of the high school students. *European J of Physics Education*, 2(1), 38-49.
- Γιασεμής, Η. (2011). *Μελέτη γνώσεων και στάσεων μαθητών λυκείου έναντι θεμάτων βιοτεχνολογίας και γενετικής*. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών, Σχολή Ανθρωπιστικών και Κοινωνικών Επιστημών, Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και της Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία.
- Ευαγγέλου, Φ. (2007). Το πείραμα στα σχολικά εγχειρίδια του δημοτικού σχολείου: «Ερευνώ τον φυσικό κόσμο», «Φυσικές επιστήμες» και «Ερευνώ και ανακαλύπτω». Μελέτη των εννοιών του ηλεκτρισμού, της τριβής, της τήξης και της πήξης. *Πρακτικά 2^{ου} Εκπαιδευτικού Συνεδρίου Γλώσσα, Σκέψη και Πράξη στην Εκπαίδευση*. Ιωάννινα.
- Κόκκοτας, Π. (2010). *Διδακτική των φυσικών επιστημών (μέρος δεύτερο). Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη.
- Κώτσης, Κ. (2011). Στάσεις των μαθητών δημοτικού σχολείου ως προς το πείραμα κατά την διάρκεια της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών. *Πρακτικά 7^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες*. Αλεξανδρούπολη.
- Πατσαδάκης, Μ. (2014). Πειραματική διδασκαλία-μάθηση των φυσικών επιστημών και τεχνολογίες πληροφορίας & επικοινωνίας. *Εκπαιδευτική Επικαιρότητα, τόμος Α, τεύχος 6*, 26-35.
- Σάλτα, Κ. & Τζουγκράκη, Χ. (2002). Οι στάσεις των μαθητών της β' τάξης του ενιαίου λυκείου απέναντι στο μάθημα της χημείας. *Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*. Ρέθυμνο.
- Σιώκη, Ε. (2011). *Στάσεις μαθητών/ μαθητριών απέναντι στο περιβάλλον και τα περιβαλλοντικά προβλήματα μέσα από τη συμμετοχή τους σε προγράμματα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης στο σχολείο*. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Σχολή Ανθρωπιστικών Σπουδών, Τμήμα Επιστημών της Προσχολικής Αγωγής και του Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού.
- Στύλος, Γ. & Κώτσης, Κ. (2013). Στάσεις εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για το μάθημα και τη διδασκαλία της φυσικής στο δημοτικό σχολείο. *Πρακτικά 8^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*. Βόλος.
- Στύλος, Γ., Κώτσης, Κ., Εμβαλωτής, Α. (2014). Πρακτικές εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στη διδασκαλία της φυσικής (α' μέρος). *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση, τεύχος 5*, 7-15.
- Τσουμάνης, Γ. & Σακελλαρίου Μ. (2007). Η εργαστηριακή διδασκαλία και η αξία του πειράματος στο μάθημα των φυσικών επιστημών. Πειραματικές δραστηριότητες στην ε και στ τάξη του δημοτικού σχολείου. *Πρακτικά 2^{ου} Εκπαιδευτικού Συνεδρίου Γλώσσα, Σκέψη και Πράξη στην Εκπαίδευση*. Ιωάννινα.

Οι προσδοκίες των εκπαιδευτικών από τα Ε.Κ.Φ.Ε., αξιολόγηση του ρόλου τους και αντιμετώπιση της εργαστηριακής διδασκαλίας

Δημήτριος Κούζας

Γεωλόγος - Πληροφορικός (MSc), 1ο Γυμνάσιο Παλαμά Καρδίτσας
dkouzas@sch.gr

Σεραφείμ Μπίτσιος

Φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. ν. Καρδίτσας
serbitsios@sch.gr

Περίληψη

Τα Ε.Κ.Φ.Ε. στο πλαίσιο των αρμοδιοτήτων τους προσπαθούν να ενισχύσουν με τον αποτελεσματικότερο δυνατό τρόπο τη διάδοση του πειράματος στην καθημερινή διδακτική πρακτική, παρέχοντας συνεχείς επιμορφώσεις εκπαιδευτικών, τροφοδοσία των Σχολικών Εργαστηρίων ΦΕ με υποστηρικτικό διδακτικό υλικό, προσφέροντας βοήθεια κατά την προετοιμασία ή την εκτέλεση των πειραμάτων, με την υποδοχή μαθητών για την πραγματοποίηση εργαστηριακών ασκήσεων, βοηθώντας στη συντήρηση - λειτουργία οργάνων και συσκευών, καθώς και την οργάνωση του χώρου και της λειτουργίας του Σχολικού Εργαστηρίου ΦΕ. Στην παρούσα εργασία διερευνώνται οι απόψεις και προσδοκίες των εκπαιδευτικών ΠΕ04 από το Ε.Κ.Φ.Ε., όπως αυτές καταγράφηκαν κατά την εφαρμογή ερωτηματολογίου το Δεκέμβριο του 2015 και συγκρίνονται με αντίστοιχη έρευνα του 2006, για να επισημανθούν πιθανές μεταβολές 10 χρόνια μετά. Τέλος διερευνώνται οι απόψεις των εκπαιδευτικών για το ρόλο του Ε.Κ.Φ.Ε. και την εργαστηριακή διδασκαλία και ελέγχονται πιθανές διαφοροποιήσεις όσον αφορά την ειδικότητα, τα έτη υπηρεσίας και το φύλο.

Λέξεις κλειδιά: Ε.Κ.Φ.Ε., εργαστήριο, εκπαίδευση, προσδοκίες

Εισαγωγή

Αναμφίβολα τα πειράματα αποτελούν ένα αναπόσπαστο και αναντικατάστατο μέρος στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Η Εργαστηριακή Διδασκαλία (ΕΔ) αποτελεί άλλωστε ένα εκπαιδευτικό εργαλείο τόσο πιο ισχυρό όσο καλύτερα καταρτισμένος είναι ο εκπαιδευτικός που θα το χρησιμοποιήσει (Arons, 1991; Χαλκιά, 2000). Η υποστήριξη της ΕΔ γίνεται από τα Εργαστηριακά Κέντρα Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Φ.Ε.) των οποίων ο ρόλος περιγράφεται ως «...κέντρα έρευνας, τεχνικής και παιδαγωγικής υποστήριξης της εργαστηριακής διδασκαλίας των Φυσικών Μαθημάτων και σύμβουλος για την οργάνωση των σχολικών εργαστηρίων...». (Υ.Α. Γ2/1111/22-2-1996, 1996; Υ.Α. Γ2/5542/7-10-1993, 1993). Στα σύγχρονα προγράμματα σπουδών (ΠΣ) άλλωστε περιλαμβάνονται υποχρεωτικές εργαστηριακές ασκήσεις σε όλους τους τύπους σχολείων (ΥΠΕΠΘ - ΠΙ, 1999). Για την αποτελεσματικότερη επίτευξη των στόχων που τίθενται από τα ΑΠ τα Ε.Κ.Φ.Ε. πρέπει να βρίσκονται σε διαρκή επαφή και συνεργασία με τους εκπαιδευτικούς και η γνώση των προσδοκιών και κατ' επέκταση των αναγκών των εκπαιδευτικών, βοηθά στη βελτίωση της λειτουργίας του και κατά συνέπεια στην προώθηση των σχετικών εκπαιδευτικών στόχων (Aikenhead, 2003). Είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών σε κάθε περαιτέρω σχεδιασμό ή διαμόρφωση πρακτικών για την ανάπτυξη της ΕΔ (Millar & Osborne, 1998). Στην Ελλάδα η ΕΔ εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την πρωτοβουλία του εκπαιδευτικού. Συνήθως όμως η ΕΔ σπάνια λαμβάνει την προσοχή που της αξίζει και οι κυριότεροι λόγοι συνήθως είναι η έλλειψη εξοπλισμού, η έλλειψη εργαστηρίων και το υπερφορτωμένο αναλυτικό πρόγραμμα (Séré et al, 1996, σελ. 28). Η βοήθεια στην πειραματική πρακτική πρέπει να παρέχεται με πολλαπλούς τρόπους και να ενισχυθεί ώστε οι εκπαιδευτικοί να ξεφύγουν από την πραγματοποίηση απλώς πειραμάτων επίδειξης, κάτι το οποίο είναι κοινή τακτική και όχι μόνο στην Ελλάδα (Séré et al, 1996, σελ. 18). Το γεγονός αυτό οφείλεται πιθανόν στην λεγόμενη 'εκπαιδευτική αδράνεια' δηλαδή στην αντίσταση του εκπαιδευτικού σε κάθε αλλαγή, άρα και στη μετάβαση στην εργαστηριακή διδασκαλία (Αθανασούλα-Ρέππα & Χαραμής, 1998).

Ερευνητικά ερωτήματα

Στόχοι της παρούσας εργασίας ήταν: α) Να ιεραρχηθούν οι προσδοκίες των εκπαιδευτικών ΠΕ04 των σχολείων του Ν. Καρδίτσας από το Ε.Κ.Φ.Ε. και να συγκριθούν ποιοτικά τα ευρήματα αυτά με τα αποτελέσματα της αντίστοιχης έρευνας που είχε πραγματοποιηθεί τον Ιανουάριο του 2006 από το Ε.Κ.Φ.Ε. Καρδίτσας, β) Να καταγραφούν οι απόψεις των ίδιων εκπαιδευτικών για το ρόλο που διαδραματίζει το Ε.Κ.Φ.Ε. και να ανιχνευθούν οι στάσεις και αντιλήψεις τους για την ΕΔ. Εκτός από την ανίχνευση αυτών των στάσεων και απόψεων τέθηκε και το εξής ερευνητικό ερώτημα: *εάν υπάρχουν διαφορές στις απόψεις και τις στάσεις αυτές μεταξύ των εκπαιδευτικών που να εξαρτώνται από το φύλο, την ειδικότητα, τα χρόνια υπηρεσίας και τον τύπο σχολείου απασχόλησης.*

Μεθοδολογία

Η έρευνα έγινε με τη χρήση ερωτηματολογίου ως ερευνητικό εργαλείο, καθώς έτσι δίνεται η ευκαιρία να συλλεχθεί μια μεγάλη ποσότητα των δεδομένων και μια ποικιλία πληροφοριών σε σύντομο χρονικό διάστημα (Murray Thomas, 2003). Το ερωτηματολόγιο διανεμήθηκε από το Ε.Κ.Φ.Ε. Καρδίτσας στους εκπαιδευτικούς ΠΕ04 το Δεκέμβριο του 2015, μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και οι απαντήσεις επιστράφηκαν είτε ηλεκτρονικά είτε έντυπα.

Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από δύο μέρη. Το πρώτο μέρος ήταν όμοιο με την έρευνα του Ε.Κ.Φ.Ε. Καρδίτσας που πραγματοποιήθηκε τον Ιανουάριο του 2006 (Μπίτσιος κ.ά, 2006) και έχει χρησιμοποιηθεί και πριν σε παρόμοια έρευνα των Ε.Κ.Φ.Ε. Αργολίδας και Κορίνθου (Μουτζούρη, Τσήρος, & Γκολέμης, 2004). Η χρήση του ίδιου ερωτηματολογίου έγινε ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση των αποτελεσμάτων. Το δεύτερο μέρος σχεδιάστηκε με σκοπό να διερευνήσει τις στάσεις και τις απόψεις των εκπαιδευτικών και περιγράφεται λεπτομερώς στη συνέχεια.

Το εργαλείο της έρευνας

Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε για το σκοπό της έρευνας αποτελούνταν από δύο μέρη.

Το πρώτο μέρος κατέγραφε τις βασικές δραστηριότητες (προσδοκίες) με τα εξής πεδία:

Α. Βοήθεια στην πειραματική πρακτική,

Β. Τεχνική υποστήριξη των σχολικών εργαστηρίων φυσικών επιστημών,

Γ. Παροχή χώρου, χρόνου και μέσων για προσωπική άσκηση (ή για διδακτικούς σκοπούς) στο χώρο του Ε.Κ.Φ.Ε..

Τέσσερις επιμέρους κατηγορίες ανάλυσης για κάθε μια από τις τρεις δραστηριότητες (πεδία Α, Β και Γ, με τέσσερις κατηγορίες ανάλυσης για το καθένα).

Το δεύτερο μέρος διερευνούσε δύο διαφορετικές στάσεις-απόψεις. (α) πως αξιολογούν οι εκπαιδευτικοί τον ρόλο των Ε.Κ.Φ.Ε. και (β) πως αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί την ΕΔ.

Για τη διερεύνηση αυτών των στάσεων - απόψεων σχεδιάστηκαν 12 δηλώσεις-προτάσεις όπου οι εκπαιδευτικοί καλούνταν να δηλώσουν το βαθμό διαφωνίας ή συμφωνίας τους μέσω μιας 5-βάθμιας κλίμακας Likert. Οι 6 από αυτές αφορούσαν την αξιολόγηση του ρόλου των Ε.Κ.Φ.Ε. (ερωτήσεις α) και οι υπόλοιπες 6 την αντιμετώπιση της ΕΔ (ερωτήσεις β) (Πίνακας 1 Πίνακας).

Για κάθε μια δήλωση κατασκευάστηκε και μία ακόμη που αφορούσε την ίδια έννοια και ήταν 'ανεστραμμένη', σε αρνητική διατύπωση δηλαδή, ώστε να είναι δυνατός ο έλεγχος της αξιοπιστίας των απαντήσεων, συγκρίνοντας την αντίστοιχη απάντηση στην 'ορθή' θετική διατύπωση της ερώτησης. Η βαθμολογία στην αρνητική διατύπωση αντιστράφηκε κατάλληλα και προστέθηκε στην αντίστοιχη 'θετική' ώστε να δημιουργηθεί ένα συνολικό σκορ για κάθε μια από τις έννοιες με εύρος από 2 (διαφωνώ απόλυτα) έως 10 (συμφωνώ πλήρως).

Πίνακας 1. Στοιχεία περιγραφικής στατιστικής των δηλώσεων - προτάσεων του δεύτερου μέρους. Δηλώσεις: (α) αξιολόγησης του ρόλου του Ε.Κ.Φ.Ε., (β) αντιμετώπισης της ΕΔ.

| Δήλωση - πρόταση | N | Mean | Std. Err | Std. Dev. | Variance |
|---|----|-------------|----------|-----------|----------|
| α1 Τα Ε.Κ.Φ.Ε. υποστηρίζουν επαρκώς και σε πολλαπλά επίπεδα την ΕΔ | 66 | 8,71 | 0,161 | 1,310 | 1,716 |
| α2 Θα έπρεπε να αναβαθμιστεί ο ρόλος των Ε.Κ.Φ.Ε. ώστε να υποστηρίζουν καλύτερα την ΕΔ | 46 | 7,07 | 0,280 | 1,902 | 3,618 |
| α3 Ο αριθμός των επιμορφωτικών συναντήσεων κατ' έτος που γίνονται στο Ε.Κ.Φ.Ε. κρίνεται ικανοποιητικός | 62 | 8,16 | 0,230 | 1,812 | 3,285 |

| Δήλωση - πρόταση | N | Mean | Std. Err | Std. Dev. | Variance |
|--|----|-------------|----------|-----------|----------|
| α4 Η ενημέρωση που λαμβάνω από το Ε.Κ.Φ.Ε. πάνω σε θέματα οργάνωσης, προγραμματισμού, τεχνικής υποστήριξης και λειτουργίας του σχολικού εργαστηρίου είναι επαρκής | 37 | 7,59 | 0,304 | 1,848 | 3,414 |
| α5 Θεωρώ πως πρέπει να ενισχυθεί η δυνατότητα ενεργής βοήθειας - παρουσίας του υπευθύνου Ε.Κ.Φ.Ε.- κατά την ΕΔ των μαθητών μου | 55 | 6,49 | 0,347 | 2,574 | 6,625 |
| α6 Η τεχνική υποστήριξη που παρέχεται από το Ε.Κ.Φ.Ε. είναι επαρκής | 31 | 7,35 | 0,378 | 2,106 | 4,437 |
| β1 Η ΕΔ απαιτεί χρονοβόρα και επίπονη προετοιμασία | 47 | 9,00 | 0,161 | 1,103 | 1,217 |
| β2 Η ΕΔ γίνεται απρόσκοπτα καθώς τα σχολικά εργαστήρια είναι πλήρως εξοπλισμένα | 58 | 5,59 | 0,334 | 2,541 | 6,457 |
| β3 Μέσα σε μια διδακτική ώρα η ΕΔ μπορεί να υλοποιείται ικανοποιητικά | 67 | 4,22 | 0,199 | 1,631 | 2,661 |
| β4 Ο αριθμός των μαθητών ανά τμήμα δεν δημιουργεί πρόβλημα στην ΕΔ | 60 | 3,07 | 0,202 | 1,561 | 2,436 |
| β5 Συνήθως καθοδηγώ τις ομάδες των μαθητών να εκτελέσουν τις εργαστηριακές ασκήσεις και να εξάγουν τα συμπεράσματά τους | 48 | 7,08 | 0,256 | 1,773 | 3,142 |
| β6 Δίνω ιδιαίτερη βαρύτητα στην ΕΔ, ακόμη και εις βάρος της διδακτέας ύλης, καθώς αποτελεί σημαντικό κομμάτι των ΦΕ | 45 | 7,42 | 0,330 | 2,210 | 4,886 |

Έτσι εξαιρώντας από τους περαιτέρω υπολογισμούς τις απαντήσεις όπου υπήρχε μεγάλη απόκλιση μεταξύ 'θετικής' και 'αρνητικής' διατύπωσης οι 12 συνολικά δηλώσεις - έννοιες παρουσίασαν υψηλούς συντελεστές αξιοπιστίας, δεδομένου ότι τιμές του συντελεστή α του Cronbach μεγαλύτερες από 0.7 (Muijs, 2004, σελ. 73; Nunnally, 1978) θεωρούνται αξιόπιστες.

Πίνακας 2. Οι συντελεστές αξιοπιστίας των ερωτημάτων του δεύτερου μέρους

| Πρόταση-Δήλωση | α_2 | α_3 | α_4 | α_5 | α_6 | β_1 | β_2 | β_3 | β_4 | β_5 | β_6 |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| N | 46 | 62 | 37 | 55 | 31 | 47 | 58 | 67 | 60 | 48 | 45 |
| Cronbach's α | .919 | .906 | .893 | .936 | .919 | .675 | .952 | .838 | .889 | .847 | .913 |

Αποτελέσματα της έρευνας

Για το πρώτο μέρος έγινε μια ποιοτική συγκριτική μελέτη μεταξύ των αποτελεσμάτων της έρευνας του 2006 και της παρούσας. Για το δεύτερο μέρος οι βαθμολογίες σε κάθε δήλωση πρόταση εξετάστηκαν έναντι των επιμέρους ειδικοτήτων των εκπαιδευτικών, του φύλου, και του χρόνου υπηρεσίας. Για τη σύγκριση χρησιμοποιήθηκε το t-test ανεξαρτήτων δειγμάτων (όπου η σύγκριση αφορούσε δύο ομάδες) (Field, 2009, σελ. 316–346) ή η απλή ανάλυση διασποράς (one way ANOVA) (όπου η σύγκριση αφορούσε παραπάνω από δύο ομάδες) (Schreiber & Asner-Self, 2011, σελ. 256–258) ώστε να εντοπιστούν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Σε όλες τις συγκρίσεις το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ήταν 5% και χρειάστηκε περαιτέρω ανάλυση χρησιμοποιήθηκε ο post-hoc έλεγχος Bonferroni καθώς θεωρείται ο πλέον συντηρητικός (Field, 2009, σελ. 374–375). Σε κάθε έλεγχο η μηδενική υπόθεση ήταν η H_0 : ΔΕΝ υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των συγκρινόμενων ομάδων και η εναλλακτική υπόθεση ήταν η H_1 : υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των συγκρινόμενων ομάδων.

Το δείγμα

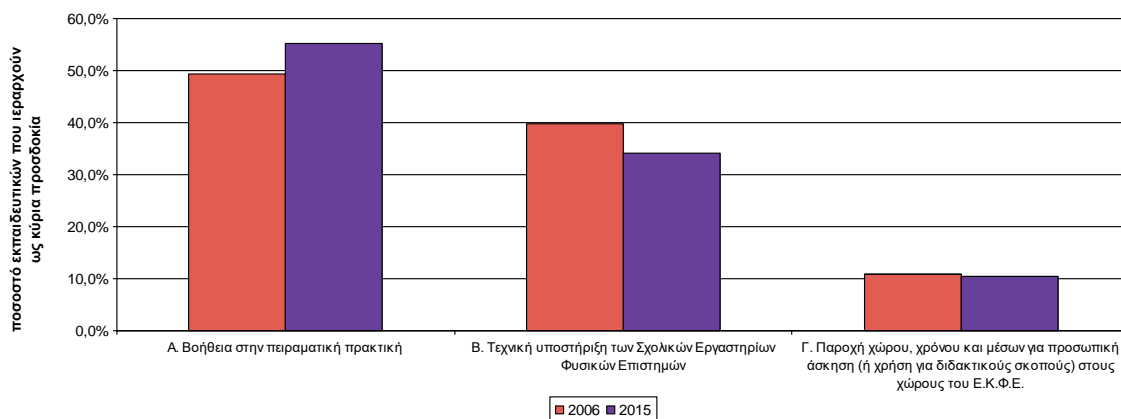
Η κατανομή του δείγματος της έρευνας ήταν ανά ειδικότητα (στις παρενθέσεις τα αντίστοιχα ποσοστά του δείγματος της έρευνας του 2006): 52.0% (39.3) Φυσικοί, 24.0% (28.6) Χημικοί, 9.3% (13.1) Βιολόγοι, 13.3% (11.9) Γεωλόγοι και 1.3% (7.1) άλλη ειδικότητα (Φυσιογνώστες, Φυσ. Ραδιοηλεκτρολόγοι). Με βάση τα χρόνια υπηρεσίας δείχνει ότι το 12.0% (42.9) του δείγματος είναι νέοι συναδέλφοι (έως 10 έτη), το 62.7% (22.6) αποτελούν συναδέλφοι που βρίσκονται στη δεύτερη δεκαετία υπηρεσίας και τέλος το 25.3% (34.5) είναι συναδέλφοι με πάνω από 20 έτη υπηρεσίας. Ανάλογα με το φύλο τρεις στους πέντε συναδέλφους είναι άντρες (έναντι δύο στους πέντε στην έρευνα του 2006). Τέλος με βάση το σχολείο που υπηρετούν δείχνει ότι το 45.3% (55.4) των εκπαιδευτικών υπηρετούν σε Γυμνάσιο, το 44.0% (30.1) σε Λύκειο και το 10.7% σε ΕΠΑΛ (14.5 ΤΕΕ).

Η συγκριτική μελέτη

Ακολουθώς αναλύονται οι επιλογές στην ιεράρχηση των προσδοκιών από το Ε.Κ.Φ.Ε.. Στις παρενθέσεις αναφέρονται τα αντίστοιχα ποσοστά από την έρευνα του 2006.

Κύρια προσδοκία από το Ε.Κ.Φ.Ε.

Η κύρια προσδοκία των εκπαιδευτικών από το Ε.Κ.Φ.Ε. παραμένει η ανάγκη για βοήθεια στην πειραματική πρακτική με 55.3% (49.4). Τεχνική υποστήριξη επιλέγει το 34.2% (39.8), ενώ παραμένει το μικρό ποσοστό 10.5% (10.8%) που ιεραρχεί ως πρώτη προσδοκία την προσωπική άσκηση.



Σχήμα 1. Σύγκριση ποσοστών ιεράρχησης της κύριας προσδοκίας των ερευνών 2006 - 2015

Από την κύρια προσδοκία των εκπαιδευτικών με βάση την επιμέρους ειδικότητα συνάγεται ότι το 51.3% (48.5) των Φυσικών έχει ως πρώτη επιλογή τη βοήθεια στην πειραματική πρακτική, το 35.9% (36.4) την τεχνική υποστήριξη των σχολικών εργαστηρίων και μόλις το 12.8% (15.2) επιλέγουν την προσωπική άσκηση. Οι υπόλοιπες ειδικότητες παρουσιάζουν παρόμοια εικόνα με τους εκπαιδευτικούς να ιεραρχούν ως πρώτη την πειραματική πρακτική, δεύτερη την τεχνική υποστήριξη και μόνο ένας στους δέκα επιλέγουν την προσωπική άσκηση.

Η αρχαιότητα δε φαίνεται να διαφοροποιεί ιδιαίτερα την πρώτη επιλογή, όπου ανεξάρτητα από τα έτη υπηρεσίας, ως πρώτη επιλογή ιεραρχείται η βοήθεια στην πειραματική πρακτική 50% (52.8) για λιγότερο από 10 έτη, 60.9% (38.9) για τους εκπαιδευτικούς με 10 ως 20 έτη υπηρεσίας. Στην κατηγορία με περισσότερα από 20 έτη, υπάρχει ισοπαλία μεταξύ της βοήθειας στην πειραματική πρακτική 45% (51.7) και την τεχνική υποστήριξη 45% (41.4).

Ως προς το φύλο οι γυναίκες ιεραρχούν πρώτη με μεγάλη διαφορά τη βοήθεια στην πειραματική πρακτική με 63.6% (43.8) έναντι 48.8% (52.9) των αντρών.

Ανάλογα με το σχολείο απασχόλησης στο Γυμνάσιο η ιεράρχηση διχάζεται μεταξύ της βοήθειας στην πειραματική πρακτική 47.1% (44.4) και της τεχνικής υποστήριξης 41.2% (46.7). Στα Λύκεια όμως σαφώς επικρατεί η βοήθεια στην πειραματική πρακτική 67.6% (52.0) έναντι της τεχνικής υποστήριξης 29.4% (36.0). Η εικόνα αυτή διαφοροποιείται στα ΕΠΑΛ όπου οι απαντήσεις είναι μοιρασμένες μεταξύ των τριών πεδίων A: 37.5% (58.3), B: 25% (25) και Γ:37.5% (16.7), ο μικρός όμως αριθμός των εκπαιδευτικών που απασχολούνται σε ΕΠΑΛ δεν μας επιτρέπει να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα.

Πειραματική πρακτική (πεδίο A)

Η μεγάλη πλειονότητα των εκπαιδευτικών 59.5% (63.1) επιθυμεί η βοήθεια στην πειραματική πρακτική να γίνεται μέσω παρουσίασης πειραμάτων στο εργαστήριο του Ε.Κ.Φ.Ε.. Ένας στους τέσσερις περίπου 24.3% (19.0) δέχεται τη συνδρομή του Ε.Κ.Φ.Ε. στην προετοιμασία των πειραμάτων στο σχολείο. Η συμβολή του Ε.Κ.Φ.Ε. στην τάξη ή στο εργαστήριο κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας έχει πάρα πολύ χαμηλά ποσοστά επιλογής 10.8% (11.9) και 5.4% (6) αντίστοιχα.

Όσον αφορά την ιεράρχηση του είδους της βοήθειας που επιζητούν οι εκπαιδευτικοί ανάλογα με τα έτη υπηρεσίας τους, στους εκπαιδευτικούς με λιγότερο από 10 έτη υπάρχει μια μετακίνηση, σε σχέση με την προηγούμενη έρευνα, από την συμβολή του Ε.Κ.Φ.Ε. κατά τη διάρκεια εκτέλεσης της εργαστηριακής άσκησης όπου δε το επιλέγει πλέον κανένας συνάδελφος 0% (11.1) προς τις άλλες τρεις επιλογές. Το αντίστροφο συμβαίνει στους εκπαιδευτικούς με 10 ως 20 έτη υπηρεσίας.

Επιθυμούν μεν την παρουσίαση πειραμάτων στο Ε.Κ.Φ.Ε. 54.3% (68.4) αλλά η επιλογή αυτή εμφανίζεται ελαφρώς να χάνει έδαφος σε σχέση με την έρευνα του 2006 και να το κερδίζουν οι επιλογές βοήθειας από τους συνεργάτες του Ε.Κ.Φ.Ε. στο χώρο του σχολείου τους. Το αντίστροφο συμβαίνει με τους εκπαιδευτικούς με πάνω από 20 έτη όπου η επιλογή παρουσίασης πειραμάτων στο Ε.Κ.Φ.Ε. φαίνεται κερδισμένη 68.4% (58.6) έναντι των υπολοίπων. Οι γυναίκες και οι άνδρες ιεραρχούν πρώτη την παρουσίαση πειραμάτων με όμοια ποσοστά 59.4% (62.5) οι γυναίκες και 59.5% (63.5) οι άντρες.

Τεχνική υποστήριξη (πεδίο Β)

Μεταξύ των τεσσάρων επιλογών του πεδίου Β, ως προς το είδος της τεχνικής υποστήριξης που επιθυμούν οι εκπαιδευτικοί υπάρχει μια σαφής διαφοροποίηση. Έτσι πρώτη επιλογή πλέον αποτελεί η διάθεση υποστηρικτικού υλικού με 33.3% (33.3), ακολουθεί η διάθεση αντιδραστηρίων και άλλων απαραίτητων υλικών με 27.8% (46.43), η συντήρηση οργάνων επιλέγεται με ποσοστό 20% (5.95) και η ενημέρωση για τη χρήση των οργάνων με 18.89% (14.29).

Ανάλογα με τις επιμέρους ειδικότητες, πρώτη επιλογή για τους φυσικούς 42.9% (42.4) αποτελεί η παραγωγή και διάθεση υποστηρικτικού υλικού ενώ στις άλλες ειδικότητες κυριαρχεί η παρασκευή και διάθεση υλικών. Οι εκπαιδευτικοί με κάτω από 20 έτη υπηρεσίας ιεραρχούν πρώτη την παραγωγή και διάθεση υποστηρικτικού υλικού σε αντίθεση με αυτούς με πάνω από 20 έτη όπου επιλέγουν τη διάθεση υλικών με 38.5% (37.9) κάτι που φαίνεται να μη διαφοροποιείται ανάμεσα στις δύο έρευνες. Στα Γυμνάσια επιλέγεται πρώτη η παρασκευή και διάθεση υλικών με 40% (47.8) σε αντίθεση με τα Λύκεια που πλέον επιλέγεται η παραγωγή και διάθεση υποστηρικτικού υλικού με 40% (28) έναντι της παρασκευής υλικών με 17.1% (48). Οι γυναίκες επιλέγουν πρώτη την παραγωγή και διάθεση υποστηρικτικού υλικού με 36.5% (25) έναντι των αντρών που επιλέγουν πρώτη την παρασκευή και διάθεση υλικών με 31.6% (40.4).

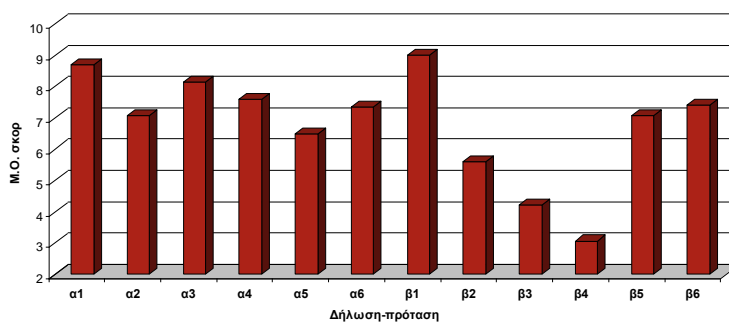
Προσωπική άσκηση (πεδίο Γ)

Η κατανομή των προτιμήσεων στο πεδίο της προσωπικής άσκησης δείχνει ότι οι εκπαιδευτικοί εξακολουθούν να προτιμούν την προσωπική άσκηση στο Ε.Κ.Φ.Ε. το πρωί στο πλαίσιο του ωραρίου 37.8% (38.46). Η προσωπική άσκηση το απόγευμα είναι η τελευταία επιλογή με 8.2% (8.97). Οι υπόλοιπες δυο επιλογές για πραγματοποίηση διδασκαλίας στο Ε.Κ.Φ.Ε. είτε από το προσωπικό του 27.87% (24.36), είτε από τους ίδιους 26.23% (28.21) μοιράζονται με παρόμοια ποσοστά.

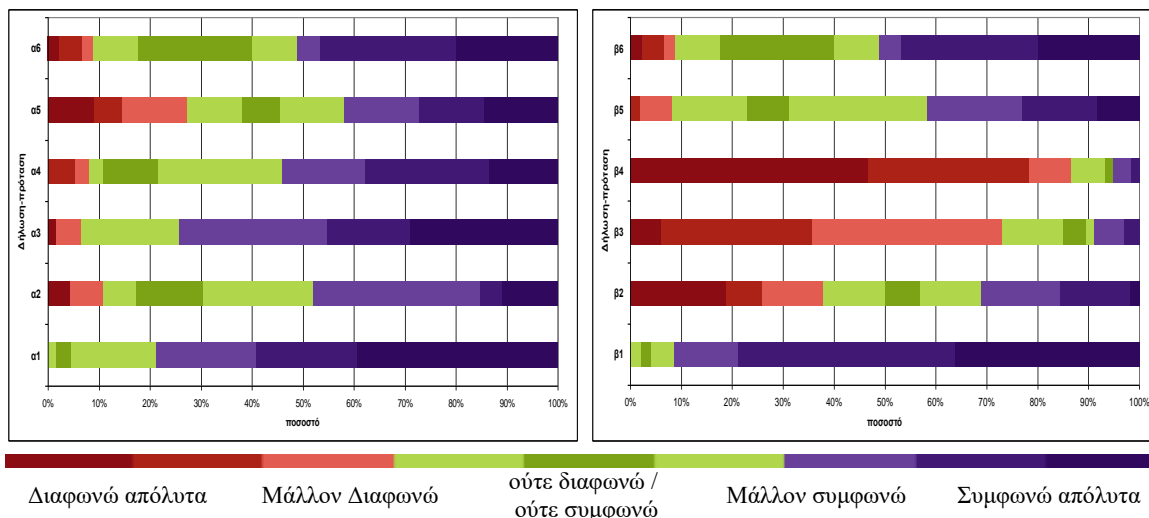
Για τους φυσικούς πρώτη επιλογή αποτελούν η χρήση των χώρων για προσωπική άσκηση το πρωί 37.1% (43.3) και η πραγματοποίηση διδασκαλίας στους χώρους του Ε.Κ.Φ.Ε. από τους ίδιους με 37.1% (26.7) δείχνοντας έτσι και μια σαφή μετατόπιση της πρώτης επιλογής προς αυτή την επιλογή. Η προσωπική άσκηση για τις υπόλοιπες ειδικότητες επιλέγεται με το ίδιο περίπου ποσοστό με τους χημικούς 37.5% (43.5), τους βιολόγους και τους γεωλόγους 33.3% (40 και 11.1 αντίστοιχα). Η επιλογή όμως του χώρου του Ε.Κ.Φ.Ε. για διδασκαλία από το προσωπικό του Ε.Κ.Φ.Ε. κυριαρχεί σε αυτές τις ειδικότητες με τους χημικούς στο 43.8% (26.1), τους βιολόγους στο 66.7% (40) και τους γεωλόγους με 33.3% (33.3). Στους εκπαιδευτικούς με κάτω από 10 έτη υπηρεσίας κυριαρχεί επίσης πλέον αυτή η επιλογή με 50% (20.6) σε αντίθεση με τους υπόλοιπους όπου επιλέγεται ως πρώτη η προσωπική άσκηση το πρωί. Στα Λύκεια όμως η επιλογή χρήσης του χώρου του Ε.Κ.Φ.Ε. για διδασκαλία από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς είναι αυτή που επικρατεί με 32.1% (29.2) και ακολουθεί η διδασκαλία από το προσωπικό του Ε.Κ.Φ.Ε. και η προσωπική άσκηση το πρωί με 28.6% (12.5 και 50 αντίστοιχα). Οι άνδρες ιεραρχούν με την ίδια βαρύτητα την προσωπική άσκηση το πρωί 33.3% (42), και τη διδασκαλία στο Ε.Κ.Φ.Ε. από τους ίδιους 33.3% (28) ή από το προσωπικό του Ε.Κ.Φ.Ε. με 30.3% (22), ενώ οι γυναίκες σαφώς ιεραρχούν πρώτη την προσωπική άσκηση το πρωί 44.0% (30.2).

Η διερεύνηση στάσεων - απόψεων για το ρόλο των Ε.Κ.Φ.Ε. και την ΕΔ

Οι μέσοι όροι, η τυπική απόκλιση και άλλα στοιχεία περιγραφικής στατιστικής για κάθε μία δήλωση - πρόταση παρουσιάζονται στον αντίστοιχο πίνακα (Πίνακας 1 Πίνακας) και γραφικά οι μέσοι όροι (mean) στο σχήμα που ακολουθεί. Ειδικότερα η κατανομή των απαντήσεων παρουσιάζεται στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 3).



Σχήμα 2. Οι μέσοι όροι των σκορ στις δηλώσεις του δεύτερου μέρους



Σχήμα 3. Οι μέσοι όροι των σκορ στις δηλώσεις του δεύτερου μέρους

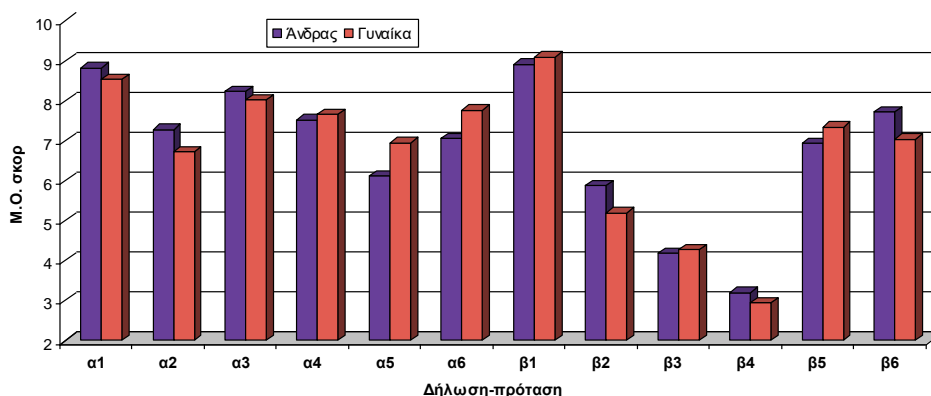
Σύγκριση κατά φύλο

Τα στοιχεία περιγραφικής στατιστικής ανά φύλο φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα και γραφικά οι μέσοι όροι συγκρίνονται στο Σχήμα 4.

Πίνακας 3. Στοιχεία περιγραφικής στατιστικής ανά φύλο

| Φύλο | Descriptive | α1 | α2 | α3 | α4 | α5 | α6 | β1 | β2 | β3 | β4 | β5 | β6 |
|---------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ανδρας | Mean | 8,84 | 7,29 | 8,25 | 7,53 | 6,13 | 7,06 | 8,93 | 5,88 | 4,18 | 3,20 | 6,94 | 7,72 |
| | Std. Error | ,211 | ,329 | ,299 | ,467 | ,447 | ,527 | ,224 | ,452 | ,266 | ,293 | ,297 | ,414 |
| | Std. | 1,280 | 1,740 | 1,795 | 2,038 | 2,487 | 2,235 | 1,184 | 2,595 | 1,642 | 1,606 | 1,652 | 2,072 |
| Γυναίκα | Mean | 8,55 | 6,72 | 8,04 | 7,67 | 6,96 | 7,77 | 9,11 | 5,20 | 4,28 | 2,93 | 7,35 | 7,05 |
| | Std. Error | ,251 | ,504 | ,366 | ,396 | ,543 | ,533 | ,228 | ,493 | ,306 | ,279 | ,485 | ,531 |
| | Std. | 1,352 | 2,137 | 1,865 | 1,680 | 2,662 | 1,922 | ,994 | 2,466 | 1,645 | 1,530 | 1,998 | 2,373 |

Κατά το στατιστικό έλεγχο t-test ανεξαρτήτων δειγμάτων σύγκρισης των μέσων όρων σε κάθε πρόταση-δήλωση μεταξύ των δύο φύλων δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 5% για καμία από τις 12 ερωτήσεις.



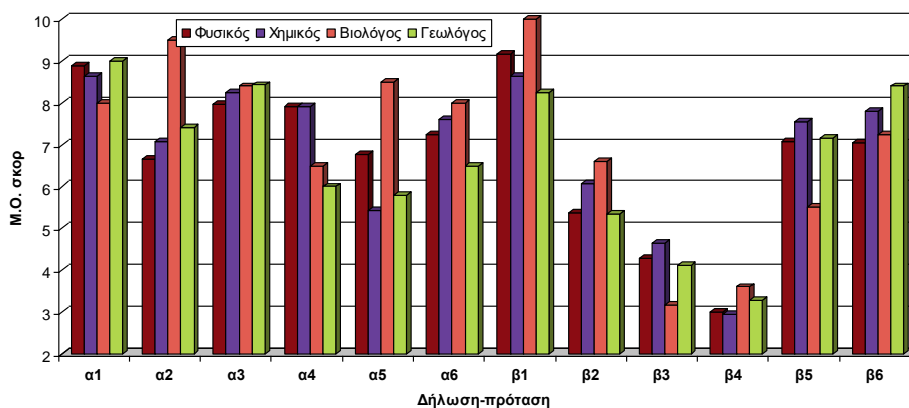
Σχήμα 4. Οι μέσοι όροι ανά φύλο

Σύγκριση κατά ειδικότητα

Συγκρίνοντας τους μέσους όρους σε κάθε πρόταση - δήλωση χρησιμοποιώντας ανάλυση διασποράς με έναν παράγοντα (one way ANOVA) μεταξύ των τεσσάρων ειδικοτήτων δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, για καμία από τις ερωτήσεις.

Πίνακας 4. Οι μέσοι όροι των σκορ ανά ειδικότητα

| Descripti | α1 | α2 | α3 | α4 | α5 | α6 | β1 | β2 | β3 | β4 | β5 | β6 | |
|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Φυσικός | N | 36 | 24 | 32 | 20 | 33 | 17 | 25 | 29 | 34 | 32 | 28 | 25 |
| | Mean | 8,89 | 6,67 | 7,97 | 7,90 | 6,76 | 7,24 | 9,16 | 5,38 | 4,29 | 3,00 | 7,07 | 7,04 |
| | Std. Dev. | 1,16 | 2,07 | 2,00 | 1,65 | 2,67 | 2,48 | ,987 | 2,33 | 1,67 | 1,45 | 1,94 | 2,37 |
| | Std. Error | ,194 | ,424 | ,355 | ,369 | ,465 | ,603 | ,197 | ,434 | ,288 | ,258 | ,367 | ,474 |
| Χημικός | N | 17 | 14 | 17 | 10 | 12 | 10 | 14 | 14 | 17 | 16 | 9 | 10 |
| | Mean | 8,65 | 7,07 | 8,24 | 7,90 | 5,42 | 7,60 | 8,64 | 6,07 | 4,65 | 2,94 | 7,56 | 7,80 |
| | Std. Dev. | 1,22 | 1,20 | 1,30 | 1,52 | 2,27 | 1,35 | ,842 | 2,26 | 1,90 | 1,61 | 1,01 | 1,61 |
| | Std. Error | ,296 | ,322 | ,315 | ,482 | ,657 | ,427 | ,225 | ,606 | ,461 | ,403 | ,338 | ,512 |
| Βιολόγο | N | 6 | 2 | 5 | 4 | 4 | 2 | 4 | 5 | 6 | 5 | 4 | 4 |
| | Mean | 8,00 | 9,50 | 8,40 | 6,50 | 8,50 | 8,00 | 10,0 | 6,60 | 3,17 | 3,60 | 5,50 | 7,25 |
| | Std. Dev. | 2,00 | ,707 | 2,51 | 2,38 | 1,73 | 1,41 | 0,00 | 3,78 | ,753 | 2,60 | 1,73 | 3,20 |
| | Std. Error | ,816 | ,500 | 1,12 | 1,19 | ,866 | 1,00 | 0,00 | 1,69 | ,307 | 1,16 | ,866 | 1,60 |
| Γεωλόγο | N | 6 | 5 | 7 | 3 | 5 | 2 | 4 | 9 | 9 | 7 | 6 | 5 |
| | Mean | 9,00 | 7,40 | 8,43 | 6,00 | 5,80 | 6,50 | 8,25 | 5,33 | 4,11 | 3,29 | 7,17 | 8,40 |
| | Std. Dev. | 1,26 | 2,19 | 1,71 | 3,00 | 2,68 | 3,53 | 2,21 | 2,91 | ,928 | 1,25 | 1,60 | 1,81 |
| | Std. Error | ,516 | ,980 | ,649 | 1,73 | 1,20 | 2,50 | 1,10 | ,972 | ,309 | ,474 | ,654 | ,812 |



Σχήμα 5. Σύγκριση των μέσων όρων ανά ειδικότητα

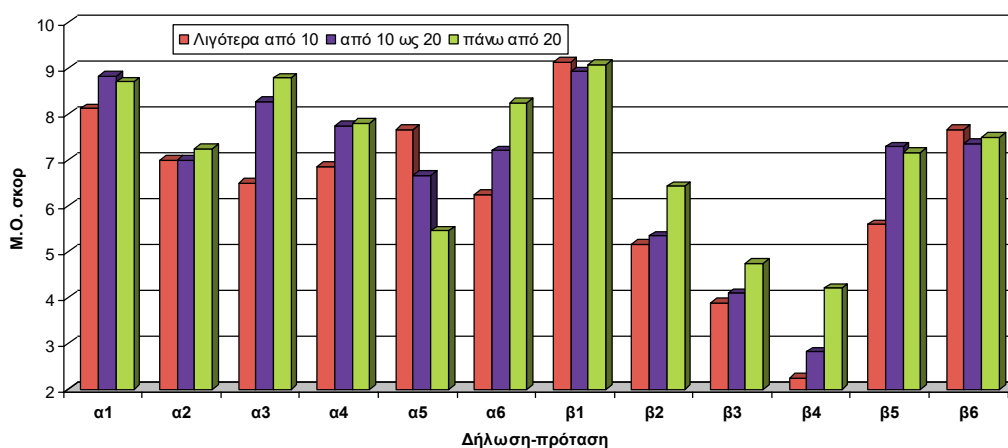
Τα στοιχεία περιγραφικής στατιστικής ανά ειδικότητα φαίνονται στον προηγούμενο πίνακα (Πίνακας 4) και γραφικά οι μέσοι όροι συγκρίνονται στο Σχήμα 5.

Σύγκριση κατά έτη υπηρεσίας

Τα στοιχεία περιγραφικής στατιστικής ανά ειδικότητα φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα και γραφικά οι μέσοι όροι συγκρίνονται στο Σχήμα 6 Σχήμα.

Πίνακας 5. Οι μέσοι όροι των σκορ ανά έτη υπηρεσίας

| Έτη | Descriptive | α1 | α2 | α3 | α4 | α5 | α6 | β1 | β2 | β3 | β4 | β5 | β6 |
|-----------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Λιγότερα από 10 | N | 8 | 6 | 8 | 7 | 6 | 4 | 7 | 6 | 9 | 8 | 5 | 3 |
| | Mean | 8,13 | 7,00 | 6,50 | 6,86 | 7,67 | 6,25 | 9,14 | 5,17 | 3,89 | 2,25 | 5,60 | 7,67 |
| | Std. Dev. | 1,727 | 1,265 | 2,878 | 1,345 | 1,506 | 2,986 | 1,069 | 2,401 | 0,782 | 0,463 | 1,949 | 3,215 |
| | Std. Error | ,611 | ,516 | 1,018 | ,508 | ,615 | 1,493 | ,404 | ,980 | ,261 | ,164 | ,872 | 1,856 |
| από 10 ως 20 | N | 41 | 28 | 40 | 20 | 36 | 19 | 28 | 38 | 42 | 38 | 31 | 30 |
| | Mean | 8,83 | 7,00 | 8,28 | 7,75 | 6,67 | 7,21 | 8,93 | 5,34 | 4,10 | 2,82 | 7,29 | 7,37 |
| | Std. Dev. | 1,321 | 2,018 | 1,601 | 2,099 | 2,630 | 2,200 | 1,184 | 2,453 | 1,574 | 0,982 | 1,811 | 2,312 |
| | Std. Error | ,206 | ,381 | ,253 | ,469 | ,438 | ,505 | ,224 | ,398 | ,243 | ,159 | ,325 | ,422 |
| πάνω από 20 | N | 17 | 12 | 14 | 10 | 13 | 8 | 12 | 14 | 16 | 14 | 12 | 12 |
| | Mean | 8,71 | 7,25 | 8,79 | 7,80 | 5,46 | 8,25 | 9,08 | 6,43 | 4,75 | 4,21 | 7,17 | 7,50 |
| | Std. Dev. | 1,047 | 2,006 | 1,051 | 1,619 | 2,602 | 1,035 | 0,996 | 2,821 | 2,049 | 2,486 | 1,403 | 1,883 |
| | Std. Error | ,254 | ,579 | 0,281 | 0,512 | ,722 | 0,366 | 0,288 | 0,754 | ,512 | 0,664 | ,405 | 0,544 |



Σχήμα 6. Γραφική σύγκριση των μέσων όρων ανά έτη υπηρεσίας

Συγκρίνοντας τους μέσους όρους των σκορ ανά χρόνια υπηρεσίας (one way ANOVA) προέκυψαν σε δύο δηλώσεις - προτάσεις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων.

Στην ερώτηση α3, $F(2,61)=4.802$, $p=.012<.05$, $\omega=.33$, όπου η post hoc ανάλυση Bonferroni υπέδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο 5% μεταξύ της ομάδας με λιγότερα από 10 χρόνια υπηρεσίας ($m=6.50$) και της ομάδας με 10 έως 20 έτη υπηρεσίας ($m=8.28$) με $p=.028<.05$, και τη διαφορά μεταξύ της ομάδας με λιγότερα από 10 χρόνια υπηρεσίας ($m=6.50$) και της ομάδας με πάνω από 20 έτη υπηρεσίας ($m=8.79$) με $p=.011<.05$.

Στην ερώτηση β4, $F(2,59)=6.343$, $p=.003<.05$, $\omega=.39$, όπου η post hoc ανάλυση Bonferroni υπέδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο 5% τη διαφορά μεταξύ της ομάδας με πάνω από 20 έτη υπηρεσίας ($m=4.21$) και της ομάδας με λιγότερα από 10 χρόνια υπηρεσίας ($m=2.25$) με $p=.009<.05$, και τη διαφορά μεταξύ της ομάδας με πάνω από 20 έτη υπηρεσίας ($m=4.21$) και της ομάδας με 10 έως 20 έτη υπηρεσίας ($m=2.82$) με $p=.011<.05$.

Καμία άλλη διαφορά μεταξύ των βαθμολογιών των ομάδων σε καμία ερώτηση δεν κρίθηκε στατιστικά σημαντική.

Συμπεράσματα

Όσον αφορά την κύρια προσδοκία από το Ε.Κ.Φ.Ε., συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με τα αντίστοιχα της μελέτης του 2006, είναι η ελαφριά μετακίνηση από την τεχνική υποστήριξη στην επιλογή της βοήθειας στην πειραματική πρακτική η οποία ιεραρχείται πρώτη με μεγάλη πλέον διαφορά. Επίσης ξεκάθαρο είναι ότι ελάχιστοι είχαν επιλέξει και επιλέγουν την προσωπική άσκηση

ακόμη και νέοι εκπαιδευτικοί παρόλο που συνήθως μέχρι το διορισμό πέρασε ένα μεγάλο χρονικό διάστημα αποχής από εργαστηριακές δραστηριότητες (Δημητρόπουλος, 2001).

Η βοήθεια στην πειραματική πρακτική αποτελεί πρώτη επιλογή ανεξαρτήτως ειδικότητας και φύλου, με τις γυναίκες όμως πλέον να τη θεωρούν πιο σημαντική από τους άντρες. Η πειραματική πρακτική σαφώς επικρατεί σαν πρώτη επιλογή στα Λύκεια έναντι της τεχνικής υποστήριξης, η οποία όμως αποτελεί ζητούμενο στα Γυμνάσια αφού εκεί ιεραρχείται ως πιο σημαντική από ότι στα Λύκεια, μη ξεπερνώντας όμως και πάλι τη βοήθεια στην πειραματική πρακτική. Εξειδικεύοντας τη βοήθεια στην πειραματική πρακτική η παρουσίαση πειραμάτων στο χώρο του Ε.Κ.Φ.Ε. αποτελεί πρώτη επιλογή των εκπαιδευτικών ανεξαρτήτου φύλου, ειδικότητας, ετών υπηρεσίας και σχολείου απασχόλησης.

Εξετάζοντας το είδος της τεχνικής υποστήριξης, μεταξύ των δύο ερευνών υπάρχει μια σαφής μετατόπιση από τη διάθεση αντιδραστηρίων και άλλων απαραίτητων υλικών, (που ερχόταν πρώτη ως επιλογή στην έρευνα του 2006) προς την ανάγκη για τεχνική υποστήριξη και συντήρηση οργάνων (τελευταία επιλογή το 2006), αφήνοντας πλέον πρώτη επιλογή την παραγωγή και διάθεση υποστηρικτικού υλικού. Οι φυσικοί, οι εκπαιδευτικοί με λιγότερα από 20 έτη υπηρεσίας, οι εκπαιδευτικοί που εργάζονται σε Λύκεια, και οι γυναίκες επιλέγουν την παραγωγή και διάθεση υποστηρικτικού υλικού ενώ οι υπόλοιπες ειδικότητες, οι εκπαιδευτικοί με πάνω από 20 έτη υπηρεσίας, όσοι εργάζονται σε Γυμνάσια και οι άντρες επιλέγουν την παρασκευή και διάθεση υλικών.

Όσον αφορά το είδος της προσωπικής άσκησης σαφώς συνεχίζει να επικρατεί η προσωπική άσκηση στο πλαίσιο του ωραρίου έναντι της πραγματοποίησης διδασκαλίας στο Ε.Κ.Φ.Ε. είτε από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς είτε από συνεργάτες του Ε.Κ.Φ.Ε.. Σαφώς μικρό εξακολουθεί να είναι και το ποσοστό των εκπαιδευτικών που προτίθενται να ασκηθούν το απόγευμα εκτός ωραρίου. Οι φυσικοί πλέον δείχνουν μια προτίμηση στην πραγματοποίηση διδασκαλίας στους χώρους του Ε.Κ.Φ.Ε. από τους ίδιους σε αντίθεση με τις υπόλοιπες ειδικότητες όπου ζητούμενο είναι η διδασκαλία από το προσωπικό του Ε.Κ.Φ.Ε.. Αυτή η επιλογή κυριαρχεί και στους εκπαιδευτικούς με λιγότερα από 10 έτη σε σχέση με τους υπόλοιπους όπου πρώτη επιλέγεται η προσωπική άσκηση.

Όσον αφορά το δεύτερο μέρος της έρευνας και την 'αξιολόγηση' του ρόλου των Ε.Κ.Φ.Ε. οι εκπαιδευτικοί συμφωνούν σε μεγάλο βαθμό με τη δήλωση (α1) ότι τα Ε.Κ.Φ.Ε. υποστηρίζουν επαρκώς την ΕΔ και επίσης (α3) κρίνει επαρκή τον αριθμό των επιμορφωτικών συναντήσεων που πραγματοποιούνται κατ' έτος. Εδώ εντοπίστηκε μια σημαντικά στατιστική διαφορά μεταξύ των εκπαιδευτικών με λιγότερα από 10 έτη υπηρεσίας οι οποίοι φαίνεται να επιθυμούν περισσότερες επιμορφωτικές συναντήσεις, σε σχέση με όλους τους υπολοίπους. Οι εκπαιδευτικοί επίσης θεωρούν επαρκή (α4) την ενημέρωση που λαμβάνουν και (α6) την τεχνική υποστήριξη που παρέχεται. Αρκετοί επίσης συμφωνούν (α2) με την αναβάθμιση του θεσμού ώστε να υποστηρίζεται καλύτερα η ΕΔ. Τη μικρότερη βαθμολογία στο τμήμα αυτό συγκεντρώνει η πρόταση (α5) που αφορά την παρουσία του υπευθύνου του Ε.Κ.Φ.Ε. κατά την ΕΔ των μαθητών, κάτι που φαίνεται να μην είναι κρίσιμο ζητούμενο από τους εκπαιδευτικούς.

Για το πως οι εκπαιδευτικοί αντιμετωπίζουν την ΕΔ καταρχήν φαίνεται όλοι να συμφωνούν σε πολύ μεγάλο βαθμό ότι (β1) η ΕΔ απαιτεί χρονοβόρα και επίπονη προετοιμασία. Επίσης οι περισσότεροι συμφωνούν σε μεγάλο βαθμό (β6) με την άποψη ότι η ΕΔ αποτελεί σημαντικό κομμάτι της διδασκαλίας των ΦΕ και δίνουν ιδιαίτερο βάρος σε αυτή ακόμη και εις βάρος της διδακτέας ύλης. Στην πρακτική εφαρμογή της ΕΔ (β5) οι απόψεις δίστανται μεταξύ της καθοδήγησης των ομάδων των μαθητών να εκτελέσουν τις εργαστηριακές ασκήσεις και να εξάγουν τα συμπεράσματά τους και της εκτέλεσης πειραμάτων επίδειξης καθώς αυτή η προσέγγιση τους είναι πιο οικεία καθώς μοιάζει πιο πολύ με τη διάλεξη. Όσον αφορά (β2) τον εξοπλισμό των σχολικών εργαστηρίων επικρατεί μια μέση κατάσταση καθώς φαίνεται οι εκπαιδευτικοί που εργάζονται σε γυμνάσια ($m=5.58$) να είναι περισσότερο δυσαρεστημένοι από τον εξοπλισμό των εργαστηρίων σε σχέση με αυτούς που εργάζονται σε λύκεια ($m=5.83$) χωρίς όμως αυτή η διαφορά να είναι στατιστικά σημαντική. Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί θεωρούν ότι (β3) η ΕΔ δεν μπορεί να υλοποιηθεί ικανοποιητικά μέσα σε μία διδακτική ώρα και αυτός είναι λόγος να θεωρούν την ΕΔ δύσκολη υπόθεση. Τέλος (β4) η συντριπτική πλειοψηφία των εκπαιδευτικών θεωρούν ότι ο αριθμός των μαθητών ανά τμήμα δημιουργεί σοβαρά προβλήματα στην ΕΔ και ότι αυτή γίνεται με δυσκολία και αμφίβολα μαθησιακά αποτελέσματα. Σε αυτό το ερώτημα από τη στατιστική ανάλυση προέκυψε μια σημαντικά στατιστική διαφορά μεταξύ των απαντήσεων σε σχέση με τα έτη υπηρεσίας των εκπαιδευτικών. Οι εκπαιδευτικοί με περισσότερα από 20 έτη θεωρούν το πρόβλημα του αριθμού των μαθητών ανά τμήμα λιγότερο σημαντικό από ότι οι εκπαιδευτικοί με λιγότερο από 10 έτη που το θεωρούν περισσότερο σημαντικό

και μάλιστα φαίνεται πως το πρόβλημα να είναι σημαντικότερο όσο μειώνονται τα έτη υπηρεσίας του εκπαιδευτικού.

Αναφορές

- Aikenhead, G. S. (2003). Review of research on humanistic perspectives in science curricula. Στο *4th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA), Research and the Quality of Science Education. Noordwijkerhout*. The Netherlands.
- Arons, A. (1991). *Οδηγός διδασκαλίας της Φυσικής*. Αθήνα: Τροχαλία.
- Field, A. P. (2009). *Discovering statistics using SPSS: (and sex, drugs and rock "n" roll)* (3η εκδ.). Los Angeles: SAGE Publications.
- Millar, R., & Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: Science Education for the Future, The report of a seminar series funded by the Nuffield Foundation*. London: King's College London, School of Education.
- Muijs, D. (2004). *Doing quantitative research in education with SPSS*. London; Thousand Oaks: Sage Publications.
- Murray Thomas, R. (2003). *Blending qualitative and quantitative research methods in theses and dissertations*. California: Corwin Press.
- Nunnally, J. (1978). *Psychometric theory*. New York: McGraw-Hill.
- Schreiber, J., & Asner-Self, K. (2011). *Educational research: the interrelationship of questions, sampling, design, and analysis*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Séré, M.-G., Leach, J., Niedderer, H., Psillos, D., Tiberghien, A., & Vicentini, M. (1996). *Improving Science Education: issues and research on innovative empirical and computer-based approaches to labwork in Europe* (No. PL 95 - 2005). EUROPEAN COMMISSION Targeted Socio - Economic Research Programme.
- Αθανασούλα-Ρέππα, Α., & Χαραμής, Π. (1998). *Ενιαίο Λύκειο – Εμπειρίες και Προοπτικές*. Αθήνα: ACCESS.
- Δημητρόπουλος, Ε. (2001). *Εισαγωγή στη μεθοδολογία της επιστημονικής έρευνας. Ένα συστηματικό δυναμικό μοντέλο* (3η εκδ.). Αθήνα: Έλλην.
- Μουτζούρη, Ε., Τσήρος, Δ., & Γκολέμης, Κ. (2004). Ο ρόλος του Ε.Κ.Φ.Ε.: Απόψεις, προσδοκίες των εκπαιδευτικών Αργολίδας-Κορινθίας. In *Εξελίξεις, τάσεις, επιτεύγματα και διδακτική της Φυσικής*. Λουτράκι: ΕΕΦ.
- Μπίτσιος, Σ., Λίτσιος, Γ., & Παπανούσκας, Μ. (2006). Εργαστηριακή Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στα Σχολεία Δ/Θμιας Εκπ/σης του Ν. Καρδίτσας. In *πρακτικά Συνεδρίου*. Λάρισα. Ανακτήθηκε από: <http://ekfe.kar.sch.gr/index.php/drastiriotes/diafores-drastiriotes/diafores-drastiriotes-2005-2006/371-110-synedrio>
- Υ.Α. Γ2/1111/22-2-1996. (1996). Συγκρότηση και οργάνωση Εργαστηριακών Κέντρων Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Φ.Ε.).
- Υ.Α. Γ2/5542/7-10-1993. (1993). Ίδρυση και λειτουργία Εργαστηριακών Κέντρων Φυσικών Επιστημών.
- ΥΠΕΠΘ - ΠΙ. (1999). *Προγράμματα Σπουδών Π/θμιας και Δ/θμιας Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες*. Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.
- Χαλκιά, Κ. (2000). Το πείραμα στο μάθημα της Φυσικής: Σχολιασμός και Επισημάνσεις για το ρόλο και τη σημασία του. *Εκπαιδευτικές προσεγγίσεις για τις Φυσικές Επιστήμες*, (6), 12–18.

Πόσο «πειραματική» ήταν η διδασκαλία Φυσικής-Χημείας στα σχολεία Μέσης Εκπαίδευσης κατά την περίοδο 1836-1936

Αβραάμ Μαυρόπουλος
Σχολικός Σύμβουλος Δ.Ε.
makmav72@gmail.com

Περίληψη

Στην εργασία αυτή γίνεται διερεύνηση ως προς τη δυνατότητα διδασκαλίας της Φυσικής-Χημείας με πειράματα στα σχολεία Μέσης Εκπαίδευσης, κατά τα πρώτα 100 χρόνια του νεοελληνικού κράτους, από το 1836 που ιδρύθηκε η Μέση Εκπαίδευση στο νεοελληνικό κράτος, μέχρι το 1936. Οι λόγοι που οδήγησαν στην πραγματοποίηση της έρευνας αυτής ήταν, αφενός η μελέτη της εξέλιξης της πειραματικής διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών στα σχολεία Μ.Ε. στην Ελλάδα και αφετέρου η μελέτη της σταθερότητας και της συνέπειας, στο ελληνικό κράτος, ως προς την επιβράδυνση και την ασυνέπεια υλοποίησης διάφορων αναγκαιών ή/και πρωτοποριακών, για κάθε εποχή, προτάσεων για βελτίωση της παρεχόμενης εκπαίδευσης στα σχολεία και όχι μόνο.

Λέξεις κλειδιά: Εργαστηριακός εξοπλισμός, πείραμα, εργαστήριο επισκευής διδακτικών οργάνων, Ε.Κ.Φ.Ε.

Εισαγωγή

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να δοθούν απαντήσεις στα εξής ερωτήματα, κατά την εξεταζόμενη περίοδο (1836-1936): α) Κατά πόσο διδάχτηκε πειραματικά η Φυσική και η Χημεία στα σχολεία Μέσης Εκπαίδευσης (Μ.Ε.), β) Κατά πόσο ήταν εξοπλισμένα τα σχολεία Μ.Ε. με όργανα και υλικά φυσικής και χημείας, γ) Κατά πόσο διδάσκονταν, όταν διδάσκονταν, η Φυσική και η Χημεία στη Μ.Ε. από ειδικούς-φυσικούς, δ) Κατά πόσο υπήρχε αντιστοιχία μεταξύ των σκοπών και των περιεχομένων των Αναλυτικών Προγραμμάτων για τα μαθήματα Φυσικής-Χημείας. Ακόμη, στην εργασία αυτή παρουσιάζονται οι πρωτοποριακές απόψεις τόσο ορισμένων παιδαγωγών, όσο και του καθηγητή Φυσικής Γ. Κουτσοποδιώτη, ο οποίος πρότεινε πριν από 70 χρόνια, όχι μόνο την ίδρυση των Ε.Κ.Φ.Ε., αλλά και τον ρόλο του, τους κανόνες λειτουργίας του και τον εξοπλισμό του.

Οι λόγοι που οδήγησαν στην πραγματοποίηση της έρευνας αυτής ήταν, αφενός η μελέτη της εξέλιξης της πειραματικής διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών στα σχολεία Μ.Ε. στην Ελλάδα και αφετέρου η μελέτη της σταθερότητας και της συνέπειας, στο ελληνικό κράτος, ως προς την επιβράδυνση και την ασυνέπεια υλοποίησης διάφορων αναγκαιών ή/και πρωτοποριακών, για κάθε εποχή, προτάσεων για βελτίωση της παρεχόμενης εκπαίδευσης στα σχολεία και όχι μόνο. Τα ευρήματα της έρευνας αυτής, θεωρώ ότι είναι χρήσιμα για τους εκπαιδευτικούς, τους συντάκτες προγραμμάτων σπουδών αλλά και την πολιτεία-υπουργείο Παιδείας, για την έγκαιρη και συνεπή υλοποίηση αναγκαιών ή/και καινοτόμων προτάσεων και δράσεων προς όφελος των μαθητών.

1η περίοδος: 1836-1886

Κατά την περίοδο του νεοελληνικού διαφωτισμού, όπως γνωρίζουμε από διάφορες δημοσιεύσεις αυτής της περιόδου, γίνονται πολλές αναφορές και προτροπές, στα βιβλία Φυσικής-Χημείας, για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) με πειράματα. Μάλιστα, κάποια ελληνικά σχολεία (π.χ. Φιλολογικό Γυμνάσιο Σμύρνης, Γυμνάσιο Χίου, Σχολή Κυδωνιών) διέθεταν διάφορα όργανα (συσκευή θέρμανσης, ζυγό-σταθμά, αποστακτικό κέρας, βολτάμετρο, στήλη του Volta, βαρόμετρο, θερμομετρο, δοκιμαστικούς σωλήνες, ποτήρια ζέσεως, κ.ά.) καθώς και χημικά αντιδραστήρια (π.χ. οξέα-θειικό, νιτρικό, υδροχλωρικό, κάλια, άλατα, οινόπνευμα) για την εκτέλεση των πειραμάτων. (Μαυρόπουλος, 2011).

Από το 1836 μέχρι τη δεκαετία του 1880 δεν διδάχτηκε η Χημεία και η Φυσική στα σχολεία της Μέσης Εκπαίδευσης, εκτός ελαχίστων εξαιρέσεων, είτε λόγω έλλειψης βιβλίων είτε λόγω έλλειψης ειδικών δασκάλων, όπως αναφέρεται σε διάφορες εγκυκλίους του υπουργείου Παιδείας (π.χ. ο υπουργός Παιδείας, το 1862, αναφέρει: «τινά των μάλλον αναγκαιών μαθημάτων της γυμνασιακής σπουδής παρημελήθησαν, οίον η Χημεία, η Φυσική και η ρητορική»). Να αναφέρουμε ότι το πρώτο

σχολικό βιβλίο *Φυσικής* που εγκρίθηκε για το Ελληνικό Σχολείο ήταν το 1874 (Μαθήματα φυσικής πειραματικής, Α. Δαμασκηνού), ενώ για πρώτη φορά εγκρίθηκαν βιβλία Φυσικών Επιστημών για το Γυμνάσιο, το 1884: Πειραματική Φυσική (Β. Λάκωνος), Ζωολογία (*Περ.Ψαρά*) και Χημεία (*Αν. Χρηστομάνου*).

Ακόμη, από τη μελέτη των Αναλυτικών Προγραμμάτων (Α.Π.), προκύπτει ότι μέχρι το 1920, δεν υπάρχει καμία αναφορά για *πειράματα* στα περιεχόμενα (διδασκτέα ύλη) των μαθημάτων Φυσικής-Χημείας που περιγράφονται στα Αναλυτικά Προγράμματα.

Επιπλέον, τα σχολεία Μέσης Εκπαίδευσης στην Ελλάδα, κατά την εξεταζόμενη περίοδο, δεν είχαν εργαστηριακό εξοπλισμό για πραγματοποίηση πειραμάτων, εκτός ελάχιστων εξαιρέσεων. Αυτό προκύπτει, κατ' αρχήν, από την έκθεση του υπουργού Παιδείας Χ. Χριστόπουλου προς το βασιλιά το 1856 («*Περί της καταστάσεως της Δημόσιας εκπαίδευσως εν Ελλάδι κατά το λήξαν σχολικόν έτος 1855-1856*»), απ' όπου φαίνεται ότι έχει παραγγελθεί εργαστηριακός εξοπλισμός για τα δύο γυμνάσια της Αθήνας, για να γίνονται τα αναγκαία πειράματα στο μάθημα της Φυσικής, ώστε να είναι καταληπτό το μάθημα:

«*Εν τοις των Γυμνασίων μαθήμασιν υπάρχει και η της Πειραματικής Φυσικής διδασκαλία, πλην η παράδοσις του μαθήματος τούτου απαιτεί, καθά και το όνομα αυτού δηλοί, πειράματα, ων άνευ ουδόλως γίνεται καταληπτόν*».

2η περίοδος: 1886-1936

Το 1896 (εγκύκλιος 16780/ «*Οδηγία περί τρόπου διδασκαλίας των μαθημάτων*») δίνονται, για πρώτη φορά στο Νεοελληνικό κράτος, οδηγίες για τη διδασκαλία διαφόρων μαθημάτων, όπου αναφέρονται και τα εξής για τη διδασκαλία της Φυσικής και Χημείας:

«... *Εν τη διδασκαλία της φυσικής και χημείας ακολουθήσωμεν τον εποπτικόν και πειραματικόν τρόπον. Εκ του πειράματος και των φαινομένων οδηγούμενος ο μαθητής υπό του διδασκάλου πρέπει να συνηθίση να ευρίσκη μόνος πρώτον τους νόμους, καθ' ους ανελίσσεται το φαινόμενον, κατόπιν τας αρχικάς αιτίας των νόμων τούτων*».

Στο πρόγραμμα που δημοσιεύεται το 1897 (Β.Διάταγμα/11Σεπτεμβρίου) για τα ελληνικά σχολεία και γυμνάσια, σε κάθε μάθημα προτάσσεται ο σκοπός της διδασκαλίας του. Για το μάθημα της Φυσικής αναφέρονται στο πρόγραμμα τα εξής:

Σκοπός της φυσικής στο ελληνικό σχολείο: «*Δια των πειραμάτων γνώσις των απλουστάτων φυσικών φαινομένων*».

Σκοπός της φυσικής στο γυμνάσιο: «*Κατανόησις των σπουδαιοτάτων φυσικών φαινομένων δια παρατηρήσεων και πειραμάτων, αλλά και δια στοιχειωδών μαθηματικών αποδείξεων, εφ' όσον προς τούτο αρκούσιν αι μαθηματικά των μαθητών γνώσεις*».

Όμως, η διδασκαλία της Φυσικής και της Χημείας δε γίνεται από ειδικούς (φυσικούς), αλλά από φιλόλογους, θεολόγους, κ.ά. Έτσι, το 1905 σε «*Υπόμνημα του εν Αθήναις Συλλόγου των Φυσικών Επιστημών*» επισημαίνονται μεταξύ άλλων και οι επιπτώσεις από τη διδασκαλία της Φυσικής και της Χημείας, από μη ειδικούς:

«... αυτοί διδάσκουσιν [τα φυσικά μαθήματα] ξηρώς και κατ' ανάγκην αφηρημένως, άνευ δείξεως και εποπτείας τινός των πραγμάτων και άνευ οιουδήποτε πειράματος, αλλά δια μηχανικής μόνον απομνημονεύσεως εκ κειμένου και δια ταύτα και εις τους μαθητάς αυτών κατ' ανάγκην εμποιούσι την προς τα μαθήματα ταύτα αδιαφορίαν, πολλάκις δε και αυτήν την αποστροφήν».

Αυτή η κατάσταση της διδασκαλίας των μαθημάτων των Φυσικών Επιστημών από άλλες ειδικότητες – μη σχετικές με τις φυσικές επιστήμες και χωρίς πειράματα, συνεχίστηκε για πολλά χρόνια, γεγονός το οποίο επισημαίνει και ο Δ. Γληνός το 1925, γράφοντας για την ελλιπή διδασκαλία των μαθημάτων αυτών στα σχολεία:

«*Στο σχολείον το σημερινόν ο κύκλος των Φυσικών μαθημάτων, δεν υστερεί μόνον κατά τον αριθμόν των ωρών αι οποίαι διατίθενται δι' αυτά, δεν υστερεί μόνον δια την έλλειψιν οργάνων διδασκαλίας από όλα τα σχολεία της Μέσης Εκπαίδευσης, πλην ελαχίστων εξαιρέσεων, αλλά υστερεί και κατά το ποιόν των διδασκόντων, οι οποίοι αντί ειδικών επιστημόνων είναι δια τα οκτώ δέκατα των τε Ελληνικών Σχολείων και των Γυμνασίων ή φιλόλογοι μεταβάλλοντες την ώραν της παραδόσεως της Φυτολογίας εις ώραν τεχνολογίας (π.χ. περί των ανωμαλιών του πληθυντικού της λέξεως δένδρον) ή θεολόγοι ή μαθηματικοί*».

Το πρόβλημα αυτό, της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών από άσχετες με τη Φυσική και τη Χημεία ειδικότητες, φαίνεται να έχει λυθεί μερικώς, όπως γράφει ο καθηγητής Φυσικής του Πανεπιστημίου Αθηνών Γ. Αθανασιάδης, στο «Δελτίο Φυσικών Επιστημών», το 1934: «Μολονότι παρήλθον δεκαετηρίδες, εισήχθη εις τα σχολεία κατόπιν μακρών αγώνων η υπό των ειδικών επιστημόνων διδασκαλία των Φυσικών, ...».

Το 1920 με το νόμο 2442 (Εφ.Κ. 181, «Περί ιδρύσεως ταμείων εκπαιδευτικής πρόνοιας προς κατασκευήν διδακτηρίων και προμήθεια σχολικών επίπλων και διδακτικών οργάνων») καθορίστηκαν τα εξής:

Άρθρον 39: Επιτρέπεται εις τον Υπουργόν των Εκκλησιαστικών και Δημοσίας Εκπαιδεύσεως να προμηθεύηται κατά ποσότητα, όργανα φυσικής και χημείας δια δημοπρασίας είτε δι' απ' ευθείας συμβάσεως ...

Άρθρον 40: 1. Ιδρύεται εν Αθήναις εργαστήριον επισκευής διδακτικών οργάνων.

2. Σκοπός του εργαστηρίου είναι η επισκευή των διδακτικών οργάνων των σχολείων και η συναρμολόγησις ή κατασκευή των απλουστέρων εξ αυτών.
3. Κινητά συνεργεία του εργαστηρίου δύνανται να μεταβαίνωσιν εις επαρχιακούς πόλεις προς εκτέλεσιν απλουστέρων επισκευών και άσκησιν του διδακτικού προσωπικού εις την συντήρησιν και τας στοιχειωδεστέρας επιδιορθώσεις των εν χρήσει διδακτικών οργάνων.

Την περίοδο αυτή νομοθετείται και ο θεσμός του Υπεύθυνου Σχολικού Εργαστηρίου Φυσικών (Ν.Δ. 24 Αυγούστου 1923: «Υποχρεώσεις και αποδοχαί του διδακτικού προσωπικού»), σύμφωνα με τον οποίο οι καθηγητές Φυσικών μαθημάτων που θα προετοιμάζαν τις εργαστηριακές ασκήσεις και θα βοηθούσαν τους μαθητές στο εργαστήριο, θα είχαν και οικονομικό επίδομα:

«Εν οίς διδασκαλείοις, πρακτικοίς Λυκείοις και Γυμνασίοις υπάρχουν εργαστήρια Φυσικής & Χημείας μετά συλλογών οργάνων προς πραγματοποίησιν πειραμάτων, εάν οι εν αυτοίς διδάσκοντες καθηγηταί των Φυσικών μαθημάτων έχωσιν συμπληρωμένας 16 ώρας διδασκαλίας καθ' εβδομάδα λαμβάνουσιν επίδομα δραχμών πενήκοντα μηνιαίως*, υποχρεούμενοι να παραμένωσιν επί μίαν τουλάχιστον ώραν καθ' ημέραν πλέον των ωρών διδασκαλίας των, ίνα επιμελώνται των εν τοίς εργαστηρίοις οργάνων, καθοδηγώσι τους μαθητάς εις τον χειρισμόν αυτών και παρασκευάζωσι τα κατά την διδασκαλίαν εκτελεστέα πειράματα».

*Σημ. Ο μέσος μηνιαίος μισθός καθηγητή Μέσης Εκπαίδευσης, είναι περίπου 300 δραχμές.

Αυτός ο πρωτοποριακός θεσμός, ενεργοποιήθηκε σχετικά πρόσφατα (το 2004), με το θεσμό του Υπεύθυνου Σχολικών Εργαστηρίων Φυσικών Επιστημών (ΥΣΕΦΕ), ο οποίος έχει μειωμένο ωράριο κατά τρεις ώρες την εβδομάδα, αλλά όχι και οικονομικό επίδομα!

Ο καθηγητής Φυσικών Γ. Κουτσοποδιώτης (1929), σχολιάζει την επικρατούσα ελλιπή πειραματική διδακτική διαδικασία στα σχολεία και τις επιπτώσεις της (Μαυρόπουλος, 2014):

«Αν εξαιρέσωμεν ελάχιστά τινά σχολεία, εις τα οποία γίνεται πειραματική διδασκαλία της Φυσικής και της Χημείας, εις τα λοιπά οι μαθηταί διδάσκονται τα μαθήματα ταύτα όλως αφηρημένως. Μανθάνουν οι μαθηταί εις τα πλείστα των σχολείων τα μαθήματα της Φυσικής και της Χημείας από του βιβλίου χάριν των διαγωνισμών και των εξετάσεων, βασανίζοντες εαυτούς και αναθεματίζοντες τους ερευνητάς και εισηγητάς των ωραιωτάτων και διδακτικωτάτων αυτών αρχών, χωρίς εις ουδεμίαν να έρχονται μετά των πραγμάτων επαφήν».

Θεωρεί ο Κουτσοποδιώτης ως αίτια αυτής της κατάστασης, την ελλιπή πρακτική διδακτική κατάρτιση των διδασκόντων και την απουσία εργαστηριακών οδηγιών:

«Υπάρχουν εις κάποια σχολεία της Μέσης Εκπαιδεύσεως όργανα Φυσικής και Χημείας. Ταύτα όμως συνήθως φυλάττονται εις τα διάφορα χρονοντούλαπα των σχολείων. Τούτο αποδοτέον, εις το ότι δεν εφαρμόζεται ενιαίον σύστημα πειραματικής μετά πρακτικών ασκήσεων διδασκαλίας, ουδέ υπάρχουν τα ειδικά προς ταύτην βιβλία ...».

Για την πρακτική άσκηση των διδασκόντων προτείνει να ιδρυθεί αυτοτελές κεντρικό εργαστήριο Φυσικής-Χημείας σε πρότυπο πρακτικό σχολείο, στο οποίο θα ασκούνται οι εκπαιδευτικοί στο χειρισμό οργάνων, στη σύνθεση συσκευών για πειράματα Φυσικής και Χημείας, στη χρήση των χημικών ουσιών, κ.ά. Προτείνει επίσης, την παρακολούθηση των πρακτικών ασκήσεων των μαθητών του πρότυπου πρακτικού σχολείου από τους εκπαιδευτικούς, ώστε να μπορούν να τις εφαρμόσουν με επιτυχία, όταν αυτοί γυρίσουν στα σχολεία τους:

«[Απαιτείται] κατάλληλος πρακτική εξάσκησης των καθηγητών, η οποία δύναται να επιτευχθή δια της ιδρύσεως εν Αθήναις προτύπου πρακτικού σχολείου, εις το οποίον να εδρεύη κεντρικόν εργαστήριον της Μ.Ε.. Το τμήμα αυτό πρέπει να είναι αυτοτελές, υπό ιδίαν διεύθυνσιν. Εις το ανωτέρω εργαστήριον, προσερχόμενοι οι εις τα διδασκαλεία της Μέσης Εκπαιδεύσεως φοιτώντες

καθηγηταί των Φυσικών, θέλουσιν εργάζεσθαι εις τακτάς ημέρας και ώρας προς *πρακτικήν εξάσκησιν*. Κατ' αυτάς, η εργασία τούτων θα είναι κυρίως ο *χειρισμός των διαφόρων οργάνων*, η *σύνθεσις στοιχειωδών συσκευών*, σχετικών με την εκτέλεσιν πειραμάτων Φυσικής και Χημείας, η *άσκησις της συντηρήσεως και της λειτουργίας των οργάνων και συσκευών*, η *χρήσις των χημικών ουσιών*, κλπ. Επίσης, ούτοι θέλουσιν υποχρεούσθαι να *παρακολουθώσιν ανελλιπώς τας πρακτικάς ασκήσεις των μαθητών των διαφόρων τάξεων του πρακτικού σχολείου*, ώστε μεταβαίνοντες εις τα σχολεία των, να δύνανται να *τας εφαρμόζωσιν επιτυχώς*».

Τέλος, προτείνει για το «κεντρικό εργαστήριο» Φυσικής-Χημείας τα εξής:
«το εργαστήριο αυτό, δια να επιτύχη του σκοπού του πρέπει:

- 1) να *διατηρή βιβλιοθήκην* περιλαμβάνουσαν βιβλία αναγόμενα εις τα διάφορα ζητήματα της πρακτικής διδασκαλίας,
- 2) να *μελετά τους διαφόρους τρόπους της επί το διδακτικότερον εκτελέσεως των πειραμάτων και των ασκήσεων της Φυσικής και της Χημείας και να υποδεικνύη τούτους καταλλήλως εις τους διδάσκοντας*,
- 3) να *εκδίδη ειδικόν δελτίον πειραμάτων και πρακτικών ασκήσεων*.
- 4) να *καταρτίξη τας διαφόρους συλλογάς φυσικών και χημικών οργάνων και ουσιών*, τας οποίας θέλει αποστέλλει εις τα διάφορα σχολεία του κράτους, επί προσωπική ευθύνη του εις αυτά διδάσκοντος τα φυσικά μαθήματα, και να παρακολουθή την σκόπιμον χρήσιν και κατανάλωσιν αυτών».

Όμως, δε φαίνεται να υπήρξε κάποια βελτίωση στην πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, διότι το 1934, στο «*Δελτίο Φυσικών Επιστημών*» (τχ. 4-5), δημοσιεύεται άρθρο του καθηγητή Φυσικής στο Πανεπιστήμιο Αθηνών Γ. Αθανασιάδη, με τα ίδια ζητούμενα (εμπλουτισμό των σχολικών εργαστηρίων με όργανα φυσικής-χημείας και ίδρυση εργοστασίου για την επισκευή και συντήρηση των οργάνων):

«... Η διδασκαλία των Φυσικών δεν εχώρησε μετά της επιθυμητής αποδόσεως. Είς των κυριωτέρων λόγων είναι βεβαίως ότι *τα πλείστα των σχολείων στερούνται των απαιτουμένων συλλογών οργάνων Φυσικής, Χημείας, κλπ.* Προ παντός οφείλει η πολιτεία να *πλουτίση τα σχολεία δι' οργάνων*. Αλλά συγχρόνως οφείλει να λάβη επειγόντως πρόνοιαν περί *ιδρύσεως αρτίου εργοστασίου προς διόρθωσιν και συντήρησιν των οργάνων...*».

Όπως βλέπουμε, η ίδρυση «*εργαστηρίου επισκευής διδακτικών οργάνων*» που είχε νομοθετηθεί το 1920, είναι ακόμη ζητούμενο το 1934 (θα ιδρυθεί τελικά μετά από 28 χρόνια, το 1948, επονομαζόμενο «*εργοστάσιο*»).

Ως προς τις προτάσεις του Κουτσοποδιώτη για το «*κεντρικό εργαστήριο*», να επισημάνουμε ότι υλοποιήθηκαν τελικά μετά από 67 χρόνια, με την υπουργική απόφαση Γ2/1111/22-2-1996:

«*Συγκρότηση και οργάνωση Εργαστηριακών Κέντρων Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Φ.Ε.)*», τα οποία, όπως γράφει η απόφαση: «*αποτελούν κέντρα έρευνας, τεχνικής και οργανωτικής υποστήριξης της εργαστηριακής διδασκαλίας των Φυσικών μαθημάτων, παροχής συμβουλών για την οργάνωση των σχολικών εργαστηρίων στις σχολικές μονάδες, τη λειτουργία των οποίων εποπτεύουν*».

Ο επιθεωρητής Τζουμελέας επισημαίνει (1931), επίσης, την έλλειψη οργάνων και την ανικανότητα των μαθητών να εφαρμόσουν τη γνώση σε απλά προβλήματα της καθημερινής ζωής:

«*Οι μαθηταί edιδάσκοντο την Φυσικήν επί του πίνακος, δια την έλλειψιν οργάνων Φυσικής, και ηγνόουν να παράσχωσι την εξήγησιν και του συνηθηστέρου φυσικού φαινομένου*».

Τέλος, παρουσιάζουν ενδιαφέρον οι προτάσεις του παιδαγωγού Μ. Παπαμαύρου (1932) για τη διδασκαλία της Φυσικής-Χημείας με πειράματα ερευνητικού τύπου καθώς και με πειράματα που γίνονται με απλά καθημερινά υλικά:

«*Ο μαθητής, στο μάθημα των Φυσικών θα εργαστή όπως εργάζεται ο επιστήμονας Φυσικός, με την παρατήρηση και το πείραμα. Ο μαθητής πρέπει να ασκηθεί στα πειράματα*».

Ακόμη, ο Παπαμαύρος προτείνει την πραγματοποίηση πειραμάτων με καθημερινά υλικά: *Κάθε σχολείο πρέπει να έχει ένα μικρό εργαστήριο Φυσικής και Χημείας. Με τα όργανα των εργαστηρίων αυτών μπορούν να γίνουν πειράματα φυσικής και χημείας. Μα και αν λείπουν τα όργανα αυτά, μπορούν τα πειράματα να γίνουν με πιο πρόχειρα πράγματα: Με κομμάτια τζάμι, με σωληνάρια, με καλάμια, με αυγά κούφια, με κεριά, κλπ. Καλύτερο μάλιστα σχολείο εργασίας είναι εκείνο, που εργάζεται κυρίως με τέτοια πρόχειρα πράγματα, παρά με αγοραστά όργανα*».

Συμπεράσματα

Κατά την εξεταζόμενη περίοδο:

α) Ως προς την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής και της Χημείας (προφανώς με πειράματα επίδειξης), αυτή δε γίνεται στα περισσότερα σχολεία είτε λόγω έλλειψης κατάλληλων οργάνων και ουσιών, είτε λόγω διδασκαλίας των μαθημάτων αυτών από μη φυσικούς, είτε λόγω έλλειψης εργαστηριακών οδηγιών.

β) Ως προς τον εργαστηριακό εξοπλισμό των σχολείων με τα απαραίτητα όργανα και υλικά φυσικής-χημείας, αυτός ήταν ελλιπέστατος κατά την εξεταζόμενη περίοδο, και το πρόβλημα παρέμεινε για πολλά ακόμη χρόνια (σχεδόν μέχρι το τέλος του 20ου αιώνα για τα Λύκεια, ενώ για τα Γυμνάσια συνεχίζεται μέχρι σήμερα).

γ) Ως προς τη διδασκαλία της Φυσικής και Χημείας από ειδικούς-Φυσικούς, κατά το μεγαλύτερο μέρος της εξεταζόμενης περιόδου, τα μαθήματα αυτά διδάσκονταν, όταν διδάσκονταν, κυρίως από φιλόλογους και θεολόγους. Το πρόβλημα λύθηκε μερικώς μετά το 1934, αλλά παρέμεινε και για αρκετά χρόνια αργότερα.

δ) Ακόμη, παρατηρήθηκε αναντιστοιχία των περιεχομένων των Αναλυτικών Προγραμμάτων Φυσικής-Χημείας, όπου δε γίνεται καμία αναφορά για πειράματα, με τους σκοπούς του μαθήματος, όπου γίνονται αναφορές για πειράματα, καθώς και με τα εγκεκριμένα σχολικά εγχειρίδια Φυσικής-Χημείας της εξεταζόμενης περιόδου, στα οποία περιγράφεται σχετικά μεγάλος αριθμός πειραμάτων.

ε) Ως προς την επιβράδυνση και την ασυνέπεια υλοποίησης διάφορων αναγκαίων ή/και πρωτοποριακών, για κάθε εποχή, προτάσεων για βελτίωση της παρεχόμενης εκπαίδευσης στα σχολεία έχουμε να παρατηρήσουμε ότι: ι) ενώ το 1920, με νόμο, αποφασίζεται η ίδρυση εργαστηρίου επισκευής διδακτικών οργάνων των σχολείων, αυτό ιδρύεται το 1948 (28 χρόνια αργότερα), ιι) ενώ το 1923 νομοθετείται ο θεσμός του Υπεύθυνου Σχολικού Εργαστηρίου Φυσικών, αυτός ενεργοποιείται το 2004 (41 χρόνια μετά), ιιι) ενώ προτείνεται η ίδρυση Εργαστηριακών Κέντρων Φυσικών Επιστημών (1928), αυτή πραγματοποιείται το 1996 (67 χρόνια μετά).

Τέλος, αν προσπαθήσουμε να κάνουμε μια σύγκριση της κατάστασης που επικρατούσε κατά την εξεταζόμενη περίοδο (1836-1936) με την σημερινή (τα τελευταία 30 περίπου χρόνια) θα δούμε τα εξής: α) Ως προς τα σχολικά εργαστήρια των Λυκείων, αυτά είναι σήμερα σε άριστη κατάσταση και μάλιστα με εξοπλισμό περίεργα υπερβολικό! (σε τέτοιο βαθμό που «φυλάσσεται» στις αποθήκες των σχολείων), ενώ θα μπορούσαν με τα χρήματα αυτά του ελληνικού λαού να εξοπλισθούν και τα γυμνάσια, που η πλειονότητα τους έχει ελλιπέστατο εργαστηριακό εξοπλισμό, β) Ως προς την πραγματοποίηση σχολικών πειραμάτων, η κατάσταση έχει βελτιωθεί, χωρίς όμως να έχουμε φτάσει σε σημείο που θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι Φυσικές Επιστήμες διδάσκονται όπως πρέπει, δηλαδή ως πειραματικές επιστήμες, με πειράματα που να γίνονται από τους μαθητές (να επισημάνουμε ότι σήμερα υπάρχουν εργαστηριακοί οδηγοί για κάθε τάξη), γ) Ως προς τα Ε.Κ.Φ.Ε., θεωρώ ότι θα πρέπει να γίνει κάποιος εξορθολογισμός της λειτουργίας τους (όχι κατάργησή τους), δ) Ως προς τη διδασκαλία της Φυσικής, της Χημείας και της Βιολογίας από ειδικούς, αυτή γίνεται σε μεγάλο βαθμό στα Λύκεια. Στα Γυμνάσια θεωρώ ότι το μάθημα θα πρέπει να διδάσκεται ενοποιημένο από όλες τις ειδικότητες ΠΕ04, ως Φυσικές Επιστήμες, όπως γίνεται στα περισσότερα κράτη της Ευρώπης και όχι μόνο, όπου θα περιλαμβάνονται τα μαθήματα Φυσική-Χημεία-Βιολογία-Γεωλογία (διδασκαλία 4 ώρες την εβδομάδα σε όλες τις τάξεις του Γυμνασίου), με ένα βιβλίο ανά τάξη για το μαθητή.

Αναφορές

Αθανασιάδης Γ. (1934). «Αι κατευθύνσεις του Δελτίου των Φυσικών Επιστημών», «Δελτίο Φυσικών Επιστημών» (τχ. 4-5, 1934).

Γληνός Δ. (1925). Ένας άταφος νεκρός.

Εφ.Κ. 181, 1920, νόμος 2442 «Περί ιδρύσεως ταμείων εκπαιδευτικής πρόνοιας προς κατασκευήν διδακτηρίων καθ' άπαν το κράτος και προμήθεια σχολικών επίπλων και διδακτικών οργάνων».

Κουτσοποδιώτης Γ. (1929). Η Διδασκαλία της Φυσικής και της Χημείας εις τα Σχολεία της Μέσης Εκπαιδεύσεως

Μαυρόπουλος Α. (2011). Το πείραμα στη διδασκαλία της Χημείας, στα ελληνικά σχολεία, κατά την προεπαναστατική περίοδο (21ο Πανελλήνιο Συνέδριο Χημείας, ΕΕΧ, Παν/μιο Θεσ/νίκης).

Μαυρόπουλος Α. (2014). Το πείραμα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην ελληνική Μ.Ε. κατά τις αρχές του 20^{ου} αιώνα (8ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ιστορίας, Φιλοσοφίας και Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, Παν/μιο Πατρών).

Ν.Δ. 24 Αυγούστου 1923: «Υποχρεώσεις και αποδοχαί του διδακτικού προσωπικού».

Παπαμαύρου Μ. (1932). «*Η Διδακτική του Σχολείου Εργασίας*». Ενότητα «*Φυσικά Μαθήματα*».

Τζουμελέας Σ. (1931). *Η δήθεν αγραμματοσύνη*. Δελτίον Ομοσπονδίας Λειτουργών Μέσης Εκπαίδευσης, αρ.φυλ.59.

Υπουργική απόφαση Γ2/1111/22-2-1996.

Νοηματοδοτώντας και σταθμίζοντας μία εργαστηριακή αναφορά στο πλαίσιο της προώθησης “επιστημονικών πρακτικών”

Γεώργιος Παυλικάκης
Σχολικός Σύμβουλος Δ.Ε.
pavlikak@gmail.com

Γεώργιος Πολυζώης
Φυσικός (PhD), Ζάννειο Πειραματικό ΓΕΛ Πειραιά
gpolyzois@edc.uoc.gr

Παναγιώτης Χαρατζόπουλος
Φυσικός (MSc, MEd), Ζάννειο Πειραματικό ΓΕΛ Πειραιά
panharatz@yahoo.gr

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία αρχικά, η πειραματική διαδικασία εντάσσεται και υλοποιείται στο θεωρητικό πλαίσιο “επιστημονικών πρακτικών”. Επιπροσθέτως γίνεται μια συστηματική προσπάθεια αξιολόγησης μίας πειραματικής διαδικασίας. Η καινοτομία που προτείνει η εργασία είναι η ομαδική και ατομική αξιολόγηση της πειραματικής δραστηριότητας με τη συγγραφή της πειραματικής αναφοράς και η αξιολόγησή της με τη χρήση κλιμάκων διαβαθμισμένων κριτηρίων αξιολόγησης. Ο στόχος, σε αυτήν την αρχική προσπάθεια, είναι περισσότερο η διερεύνηση της δράσης της ερευνητικής ομάδας των συγγραφέων και λιγότερο η αξιολόγηση της απόδοσης των μαθητών.

Λέξεις κλειδιά: επιστημονικές πρακτικές, πείραμα, πρακτική εργασία, εργαστηριακή αναφορά, αξιολόγηση

Εισαγωγή

Η πρακτική εργασία σε πολλές χώρες διαδραματίζει βασικό ρόλο στην εκπαίδευση της επιστήμης. Στην παρούσα εργασία με το όρο “πρακτική άσκηση” εννοείται η πειραματική διαδικασία, η οποία μπορεί να λαμβάνει χώρα είτε σε τάξη (με μεταφορά του κατάλληλου εξοπλισμού) είτε στο σχολικό εργαστήριο. Η μορφή της πειραματικής διαδικασίας μπορεί να περιλαμβάνει πείραμα επίδειξης ή μετωπική εκτέλεση πειραμάτων από μαθητές σε ομάδες. Ο ρόλος της πρακτικής εργασίας και η ένταξή της στη διδασκαλία της επιστήμης, επηρεάζεται από αλλά ταυτόχρονα και αντανακλά πολιτισμικές και φιλοσοφικές / επιστημολογικές παραδοχές (Karonen & Mantyla, 2006).

Η επιστημολογική επιλογή της μάθησης με διερώτηση (inquiry based learning – IBL), στην παρούσα εργασία, αναγνωρίζει στην πρακτική εργασία διπλό ρόλο (Nivalainen et al, 2010). Πρώτον τη θεωρεί ως “εργαλείο” που βοηθά τους μαθητές στην κατανόηση και εκμάθηση του επιστημονικού περιεχομένου και δεύτερον ως διεργασία που αποσκοπεί στο να οικειοποιηθούν οι μαθητές στοιχεία από τη φύση της επιστήμης (NOS - Nature of Science) (Schwartz, & Crawford, 2004). Η βιβλιογραφία η σχετική με την αξιοποίηση του πλαισίου της διερώτησης έχει καταγράψει τα οφέλη της διερώτησης για τους μαθητές. Ως προς τον πρώτο ρόλο της ειδικότερα, έχει καταγραφεί βελτίωση δεξιοτήτων των μαθητών (Skamp, 2011). Επίσης, ως συμπληρωματικό όφελος της οικειοποίησης της φύσης της επιστήμης (NOS), έχει καταγραφεί η αποτελεσματικότερη μύηση των μαθητών στον επιστημονικό αλφαριθμητισμό (Harwood et al, 2006), ώστε να καταστούν πολίτες που θα συμμετέχουν πλήρως στην κοινωνία της γνώσης και των πληροφοριών (Λευκή Βίβλος για τη διδασκαλία και τη μάθηση, European Commission, 1996).

Η διερώτηση (inquiry) και οι επιστημονικές πρακτικές

Όμως, ο όρος “διερώτηση” (inquiry) παρουσιάζει “πολυσημία” ως προς τα ποια είναι τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του. Οι Asay and Orgill (2010) σε μια επισκόπηση των άρθρων του περιοδικού “The Science Teacher” από το 1998 έως το 2007 αναφέρουν διαφορετικές εννοιολογήσεις του όρου. Συγκεκριμένα περιγράφουν τον όρο ως: ανακαλυπτική μάθηση (discovery learning) χειροπιαστές

δραστηριότητες (hands on activities) προσανατολισμό σε αυθεντικά προβλήματα, διαλόγου/αντιλογίες (classroomdebate). Στα Next Generation Science Standards (NGSS, 2013), καθώς και στον οδηγό εκπαιδευτικού του The College Board (AP Physics 1 and 2 Inquiry-Based Lab Investigations, 2015), όρος “inquiry”. όπως και συναφείς όροι “επιστημονική μέθοδος”, “πρακτική εργασία” αντικαθίστανται από τον όρο “επιστημονική πρακτική ή επιστημονικές πρακτικές”. Ο προτεινόμενος όρος “επιστημονικές πρακτικές” σχετίζεται με: (1) τις ερωτήσεις, (2) την εξέλιξη και αξιοποίηση μοντέλων, (3) τον σχεδιασμό και την πραγματοποίηση πειραμάτων, (4) την ανάλυση και την ερμηνεία δεδομένων, (5) τη χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, (6) την κατασκευή (οικοδόμηση) εξηγήσεων, (7) την άσκηση σε επιχειρήματα που πηγάζουν από στοιχεία. Το τι σημαίνει να δρα και να διαλέγεται ο μαθητής ως επιστήμονας είναι μία πρόκληση για το σχολικό εκπαιδευτικό σύστημα. Οι πεποιθήσεις και οι απόψεις των εκπαιδευτικών για το ρόλο της πρακτικής εργασίας είναι καθοριστικές για την προώθηση ενσωμάτωση τέτοιων πρακτικών στα μαθήματά τους και έχουν μελετηθεί από διάφορες πλευρές (Staer et. al, 1998. Tsai, 2003). Ειδικότερα τα πιστεύω (οι πεποιθήσεις) των εκπαιδευτικών για το εύρος της διερώτησης δεν ταυτίζονται με το εύρος που δίνεται στον όρο από την παραπάνω εξειδικευμένη βιβλιογραφία (Ireland, et, al., 2014). Αντίθετα, η βιβλιογραφία αυτή επιδιώκει να οικειοποιηθούν οι εκπαιδευτικοί, ανάλογα με την κατάσταση, όψεις της διερώτησης άρα κάποιες από τις επιστημονικές πρακτικές που είναι προτιμητέες ή/και ευκολότερο να πραγματοποιηθούν. Το πείραμα, όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή της εργασίας, στον πρώτο του ρόλο, είναι δυνατόν να μην είναι ξεκομμένο από το αντίστοιχο περιεχόμενο του μαθήματος (θεωρία) αντίθετα είναι δυνατόν να ενισχύει την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών και να τη συνδέει με (πειραματικές) αποδείξεις ώστε να επιτυγχάνεται βαθιά κατανόηση που είναι απαραίτητη για τη μεταφορά γνώσης από τη μία περιοχή σε μία άλλη (Pellegrino & Hilton, 2012). Σχετικά με το δεύτερο ρόλο του πειράματος, που αναφέρεται στην εισαγωγή, η σύνδεσή του με τον πραγματικό κόσμο συνεισφέρει στην κατανόηση της φύσης της επιστήμης (NOS). Συμπληρωματικά με τους δύο ρόλους του πειράματος, η ένταξή του, στο πλαίσιο της διερώτησης συνεισφέρει στην ανάπτυξη δεξιοτήτων που σχετίζονται (AP Physics 1 and 2 Inquiry-Based Lab Investigations, 2015): (α) με το ρόλο των αριθμών, την ποσοτική δηλαδή πραγμάτευση των δεδομένων και ειδικότερα στην αξιοποίησή τους στις μετρήσεις και τους υπολογισμούς, (β) με κατασκευή πινάκων και γραφικών παραστάσεων, (γ) με ανάλυση αποτελεσμάτων, ερμηνεία δεδομένων, αξιολόγηση της ακρίβειας, (δ) με προφορική, εικονική και γραπτή επικοινωνία, (ε) με το επιστημονικό επιχείρημα (ισχυρισμός, σκεπτικό, αποδείξεις – claim, rationale, evidence) (Sampson, Grooms and Walker, 2009).

Οι επιστημονικές πρακτικές πρέπει να εμπλέκουν τους μαθητές κατά τέτοιον τρόπο ώστε να ενισχύουν τη μάθηση με διερώτηση, καθώς και να εξελίσσουν την κριτική τους σκέψη αλλά και τις ικανότητές τους για την επίλυση προβλημάτων. Στη βιβλιογραφία καταγράφονται μοντέλα που κρίνουν τα διάφορα επίπεδα διερώτησης που επιτυγχάνονται με τις πειραματικές δραστηριότητες (Rezba, Auldrige & Rhea, 1998, όπως αναφέρεται στο Bell et.al 2005). Συνήθως προτείνονται 4 ή 5 επίπεδα διερώτησης αρχίζοντας από το επίπεδο 1, της απλής επικύρωσης (όπου συσκευές, διαδικασία, πρόβλημα και απάντηση είναι δοσμένα στους μαθητές) μέχρι το επίπεδο 4 της ανοικτής και πλήρους διερώτησης (όπου συσκευές, διαδικασία, πρόβλημα και απάντηση είναι ανοικτή επιλογή των μαθητών) (Staer, Goodrum & Hacking, 1998.Κουμαράς, 2015). Ορίζοντας το επίπεδο διερώτησης καθορίζονται και ποίες από τις (1) έως (7) όψεις των επιστημονικών πρακτικών που αναφέρθηκαν θα επιλεγούν να πραγματοποιηθούν.

Αξιολόγηση των επιστημονικών πρακτικών

Η αξιολόγηση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και των αποτελεσμάτων τους αποτελεί πολύπλοκο ζήτημα. Για την εκπαίδευση είναι μία από τις πλέον δυναμικές παραμέτρους που καθορίζουν τη σχολική μάθηση. Στην περίπτωση ομαδικών εργασιών, όπως η πρακτική εργασία (εργαστηριακή δραστηριότητα), αλλά και καινοτομιών όπως οι Ερευνητικές Εργασίες στο Λύκειο ή οι Βιομαθητικές Δράσεις στο Γυμνάσιο, η αποδοχή εκ μέρους των μαθητών, αλλά και των εκπαιδευτικών, του τρόπου αξιολόγησης αποτελεί, έναν επιπλέον, όρο αποδοχής της πρακτικής ή της καινοτομίας (ΥΠΑΠΘ, 2013). Για την πλήρη αξιολόγηση των επιστημονικών πρακτικών απαιτείται μία ευρύτερη αξιολόγηση της διερώτησης (Hostein & Lunetta, 2002). Το έργο είναι σύνθετο και περιλαμβάνει καταγραφή των πεποιθήσεων των μαθητών για την μάθηση με διερώτηση και το ρόλο των επιστημονικών πρακτικών. Σχετίζεται με την καταγραφή των πεποιθήσεων των μαθητών για τη φύση της επιστήμης. (Tsai, 2003). Η συνήθης αξιολόγηση των πειραματικών πρακτικών είναι ειδικότερη

και περιλαμβάνει ποιες διασυνδέσεις, ισχυρισμούς, γνώσεις και δεξιότητες είναι ικανοί να πραγματοποιούν οι μαθητές στηριγμένοι στις αποδείξεις που τους παρέχουν τα δεδομένα (AP Physics 1 and 2 Inquiry-Based Lab Investigations, 2015). Τέλος, για την αξιολόγηση μίας πειραματικής πρακτικής πρέπει να επιλυθεί το πρόβλημα της αξιολόγησης της ομάδας που εκτελεί τη δραστηριότητα αλλά ταυτόχρονα και να αποτιμηθεί η προσφορά του κάθε μέλους (ατομική αξιολόγηση). Στη βιβλιογραφία καταγράφονται εμπειρικά μοντέλα αξιολόγησης (Μπομπέτσης & Στεφανή, 2003). Τα μοντέλα αυτά τείνουν να αντικατασταθούν από αναλυτικές διαβαθμισμένες κλίμακες (ρουμπρίκες), οι οποίες έχουν σχεδιαστεί μετά από έρευνα και περιλαμβάνουν τη λεπτομερή ανάλυση της εμφανιζόμενης εικόνας του κάθε μαθητή αλλά και της ομάδας κατά τη διάρκεια του εργαστηρίου (International Baccalaureate Organization, 2006) Ένας εναλλακτικός τρόπος αξιολόγησης είναι η πειραματική αναφορά. Η πειραματική αναφορά γενικότερα επιδιώκει οι μαθητές να βελτιώσουν τη μάθησή τους, μέσω της γραφής. (Uchida, 2014). Η γραφή στην επιστήμη είναι ένα ουσιαστικό μέρος της πρακτικής της. Με τη γραφή, οι μαθητές χειρίζονται και οργανώνουν τις ιδέες τους. Καθώς προσπαθούν να εξηγήσουν γραπτά τις έννοιες που μαθαίνουν, μπορούν να ανακαλύψουν κενά στις γνώσεις τους. Όταν αξιοποιούν αναλογίες, για να περιγράψουν πώς κάτι νέο συνδέεται με κάτι που ήδη γνωρίζουν, συνδέουν τη νέα γνώση με προηγούμενη γνώση. Οι μαθητές πρέπει να βοηθούνται ώστε με όρους της καθημερινής γλώσσας να εκφράσουν την επιστημονική ορολογία και να αποσαφηνίζουν τις επιστημονικές τους ιδέες τους. Υπάρχουν πολλά είδη της γραφής που μπορούν να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι. Οι μαθητές μπορεί να εργαστούν και να γράψουν για την οργάνωση ενός μεγάλου εύρους της γνώσης ή να αποκτήσουν μια σε βάθος άποψη για ένα μικρότερο γνωστικό αντικείμενο. Εργασίες που βοηθούν τους μαθητές να κάνουν νέες συνδέσεις, να αναδιατυπώσουν ένα κείμενο, να “μεταφράσουν” μια ιδέα σε ένα άλλο τρόπο γραφής, να επεξεργαστούν προβλήματα και να κάνουν συγκρίσεις συνεισφέρουν στη μάθηση. (ΦΕΚ, 2015)

Από τους πιο καινοτομικούς τρόπους αξιοποίησης της επιστημονικής γραφής θεωρείται οι μαθητές να αναπαράγουν εκθέσεις παρόμοιες με αυτές των επιστημονικών περιοδικών. Μαθαίνοντας να γράψουν τέτοιες εκθέσεις εισάγονται στη δομή της “επίσημης” επιστήμης. Για να δημιουργηθούν οι εκθέσεις αυτές, οι μαθητές χρειάζονται σαφείς οδηγίες σχετικά με το τι αναμένεται και πόσο επαρκές να είναι το επίπεδο της παρουσίασης τους. Μια ειδική μορφή αυτών των εκθέσεων αποτελούν οι πειραματικές αναφορές (τα εργαστηριακά report). Ωστόσο πρέπει να ληφθεί πρόνοια και να συζητηθεί με τους μαθητές: α) ότι η πραγματική πρακτική της επιστήμης περιλαμβάνει πολλά είδη της γραφής, συμπεριλαμβανομένων των e-mails, των σημειωματάριων του εργαστηρίου, τις σημειώσεις παρουσιάσεων ή ενός σεμιναρίου, και τέλος την προσωπική γραφή που βοηθά τους επιστήμονες να κατανοήσουν τη δική τους έρευνα και β) το τυπικό της γραφής επίσημων εκθέσεων ή εργαστηριακών αναφορών δεν πρέπει να συσκοτίζει την υποκειμενική σκέψη των μαθητών στην ανάπτυξη των επιστημονικών ιδεών τους. (ΦΕΚ, 2015). Σύμφωνα με την κειμενοκεντρική προσέγγιση (Χατζή, 2010) η πειραματική αναφορά, είναι από τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα κειμενικά είδη που συνάδει στη δομή και στη λειτουργία του με τις ερευνητικές / επιστημονικές εργασίες, αφού διατηρεί μια συγκεκριμένη λειτουργία και δομή: «Στόχος-Μέθοδος-Αποτελέσματα-Συμπέρασμα». Τις πειραματικές περιγραφές/αναφορές μπορούμε να τις χωρίσουμε σε δύο υποκατηγορίες: α) σε εκείνες που περιγράφεται η διαδικασία εκτέλεσης ενός πειράματος (με τι υλικά και πώς) και β) σε εκείνες που γίνεται ένας απολογισμός των πειραμάτων που έχουν γίνει. Στην πρώτη περίπτωση το βασικό γλωσσικό χαρακτηριστικό είναι η χρήση της προστακτικής, ενώ στη δεύτερη η προστακτική αντικαθίσταται με ρήματα παρελθοντικού χρόνου και οι συμμετέχοντες γίνονται συγκεκριμένοι, π.χ. θερμάνουμε το νερό, μετρήσαμε με θερμομέτρο τη θερμοκρασία του νερού κ.ά. Σε αυτή την περίπτωση ενδείκνυται η συστηματική άσκηση των μαθητών στη χρήση της παθητικής φωνής, έτσι που να προσεγγίζουν τον επιστημονικό λόγο σταδιακά και να εκφράζονται με προτάσεις του τύπου: το νερό θερμάνθηκε, ο πάγος θρυμματίστηκε κ.ά. Με αυτόν τον τρόπο οι μαθητές θα συνειδητοποιήσουν ότι αυτό που προβάλλεται και ενδιαφέρει την Επιστήμη είναι το αντικείμενο του πειραματισμού (υγρό, θέρμανση, θερμοκρασία) και όχι ποιος ή ποια το έκανε. (Χατζή, 2010)

Μεθοδολογική προσέγγιση

Πραγματοποιήσαμε μία εργαστηριακή δραστηριότητα συμπληρωματική με το μάθημα (σύμφωνα με τον πρώτο ρόλο που αποδίδεται στο πλαίσιο της διερώτησης). Η πειραματική δραστηριότητα είχε τίτλο “Μελέτη της οριζόντιας βολής και πειραματικός προσδιορισμός της επιτάχυνσης βαρύτητας (g)”

και σκοπός της ήταν ο υπολογισμός της επιτάχυνσης της βαρύτητας (g) μέσα από την πραγματοποίηση πειράματος οριζόντιας βολής. Οι διδακτικοί στόχοι του πειράματος ήταν:

- Η μελέτη της οριζόντιας βολής σώματος ως σύνθετης κίνησης αποτελούμενης από δύο απλές κινήσεις, μια οριζόντια (ευθύγραμμη ομαλή κίνηση) και μια κατακόρυφη (ελεύθερη πτώση).
- Ο υπολογισμός της επιτάχυνσης της βαρύτητας συνδυάζοντας τις εξισώσεις των παραπάνω κινήσεων.
- Η ενασχόληση των μαθητών με θέματα που αφορούν σε επιπλέον πειραματικές πρακτικές όπως, σφάλματα κατά τις μετρήσεις, πιθανές αιτίες σφαλμάτων, ερμηνεία αποτελεσμάτων μετρήσεων, μελέτη διαγραμμάτων.

Η εργαστηριακή αυτή πρακτική είναι γνωστή στην ελληνική (Τίκας, 2013) και ξενόγλωσση βιβλιογραφία (Prescott, & Mitchelmore, 2005). Στη δική μας προσέγγιση επιμείναμε στο γεγονός ότι η μέτρηση του g είναι σπουδαία για την επιστήμη αν και πρόκειται για μία σταθερά. Αναπτύχθηκε με τον τρόπο αυτό συζήτηση για τον ρόλο των φυσικών σταθερών καθώς και οι πιθανές εξαρτήσεις τους, ώστε οι μαθητές να έλθουν σε επαφή και να συζητήσουν σημεία από τη φύση της επιστήμης (NOS).

Πειραματική διαδικασία

Η εργαστηριακή δραστηριότητα πραγματοποιήθηκε σε τμήμα 20 μαθητών της Β' τάξης του Λυκείου Ομάδας Προσανατολισμού Θετικών Σπουδών στο Ζάννειο Πειραματικό Λύκειο Πειραιά. Οι μαθητές εργάστηκαν σε ομάδες των 5 ατόμων. Σχηματίστηκαν έτσι 4 ομάδες. Η πειραματική δραστηριότητα που πραγματοποιήσαμε έχει επίπεδο διερώτησης 1 σύμφωνα με τα γραφόμενα στο θεωρητικό μέρος της εργασίας. Το επίπεδο 1 της διερώτησης είναι αποδεκτό από τη βιβλιογραφία αρκεί ο πειραματισμός να μην περιορίζεται σε αυτό το επίπεδο. Σε κάθε ομάδα μαθητών δόθηκε φύλλο εργασίας με οδηγίες εκτέλεσης του πειράματος και πίνακα μετρήσεων. Η κάθε ομάδα, για την οικονομία του χρόνου πήρε 3 μετρήσεις συμπληρώνοντας μόνο την μία σειρά του Πίνακα 1 των μετρήσεων.

Πίνακας 1. Πίνακας μετρήσεων

| Διάμετρος σφαίρας: $\delta = \dots\dots\dots m$ | | | | | Ύψος βολής από το έδαφος: $h = \dots\dots\dots m$ | | | | |
|--|-------|-------|-----------|--------------------------------|---|-------|-------|-----------|---|
| t_1 | t_2 | t_3 | \bar{t} | $v_0 = \frac{\delta}{\bar{t}}$ | S_1 | S_2 | S_3 | \bar{S} | $g_{\pi} = \frac{v_0^2 \cdot h}{\bar{S}^2}$ |
| s | s | s | s | | m | m | m | m | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Μέση τιμή της επιτάχυνσης βαρύτητας $\bar{g}_{\pi\epsilon\pi} = \dots\dots\dots$ | | | | | | | | | |

Με βάση τις παραπάνω μετρήσεις υπολόγισε την τιμή της επιτάχυνσης βαρύτητας. Με την διαδικασία αυτή προέκυψαν οι τιμές της επιτάχυνσης βαρύτητας: 9,62 m/s², 9,74 m/s², 9,65 m/s², 10,61 m/s². Από τις παραπάνω μετρήσεις προκύπτει η μέση τιμή για την επιτάχυνση της βαρύτητας: $g = 9,91 \text{ m/s}^2$. Για τη δραστηριότητα αυτή ζητήθηκε από την κάθε ομάδα να γράψει μία πειραματική αναφορά, η μορφή της και οι απαιτήσεις της αναλύθηκαν στους μαθητές και η συμπλήρωσή της έγινε σε ειδική φόρμα, που είχε κατασκευαστεί για τις ανάγκες του Προγράμματος Σπουδών που περιγράφεται στο ΦΕΚ 2015.

Για την αξιολόγηση της πρακτικής εργασίας των μαθητών αξιοποιήθηκαν παραδείγματα Κλιμάκων Διαβαθμισμένων Κριτηρίων Αξιολόγησης (ρούμπρικες) από τη διεθνή βιβλιογραφία (International Baccalaureate 2006, Uchida 2014) και δημιουργήθηκαν ανάλογες κλίμακες για την αξιολόγηση της εργαστηριακής αναφοράς, οι οποίες παρουσιάζονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.

Με την αξιοποίηση των Κλιμάκων των Διαβαθμισμένων Κριτηρίων Αξιολόγησης βαθμολογείται κατ' αρχήν η ομάδα. Με βάση την ομαδική βαθμολογία και, αξιοποιώντας, μέσω παρατήρησης, την παρουσία του μαθητή στην τάξη και στην ομάδα, καθώς και πιθανή αυτοαξιολόγηση του βαθμολογούνται και τα μέλη της ομάδας, με ανάλογη διαφοροποίηση της ατομικής βαθμολογίας από την ομαδική.

Συζήτηση των αποτελεσμάτων

Μετά την πραγματοποίηση της πειραματικής διαδικασίας κάθε ομάδα μαθητών έπρεπε να συντάξει μία εργαστηριακή αναφορά η οποία συνοδεύονταν από τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Από τις εργαστηριακές αναφορές που υποβλήθηκαν από τις ομάδες των μαθητών και την αξιολόγησή τους από τον διδάσκοντα, προκύπτουν τα εξής:

- Η περιγραφή του στόχου, των σκοπών του πειράματος και η παρουσίαση του θεωρητικού υποβάθρου χαρακτηρίζονται μέτρια (βαθμολογία 10-13)
- Η περιγραφή της διαδικασίας επαρκής (βαθμολογία 14-17)
- Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων και η εξαγωγή των συμπερασμάτων επαρκής (βαθμολογία 14-17)

Δεδομένου, ότι η όλη διαδικασία εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στο συγκριμένο δείγμα των μαθητών, οι μαθητές δεν διέθεταν σχετική εμπειρία συγγραφής εργαστηριακής αναφοράς και συμπλήρωσης της σχετικής ρουμπρίκας αξιολόγησης. Παρά ταύτα εκτέλεσαν την όλη πειραματική διαδικασία ακολουθώντας πιστά τα προτεινόμενα βήματα (επίπεδο διερώτησης 1) σύμφωνα με το φύλλο εργασίας και πραγματοποίησαν τους σχετικούς υπολογισμούς χωρίς σημαντικά λάθη και παραλείψεις. Με βάση τα παραπάνω δεδομένα όμως, δεν κρίνουμε, ότι μπορούμε να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα για τη λειτουργικότητα της εργαστηριακής αναφοράς. Από τα γραφόμενα των μαθητών και τη συμπλήρωση των διαβαθμισμένων κλιμάκων αυτοαξιολόγησης από αυτούς, αλλά και την αξιολόγηση των αναφορών με βάση τις παραπάνω διαβαθμισμένες κλίμακες διαπιστώνουμε ότι ένα επιπλέον μειονέκτημα μπορεί να θεωρηθεί το γεγονός ότι οι μαθητές δεν είναι πεισμένοι ακόμη να αποδεχθούν αυτόν τον τρόπο αξιολόγησης, δηλαδή μέσω της εργαστηριακής αναφοράς και των ειδικά κατασκευασμένων κλιμάκων διαβαθμισμένων κριτηρίων αξιολόγησης.

Συμπεράσματα – υποδείξεις

Επιδιώξαμε να αξιοποιήσουμε το πλαίσιο της μάθησης με διερώτηση, ώστε σταδιακά να ξεφύγουμε από την εκτέλεση πειραματικών δραστηριοτήτων επιπέδου διερώτησης 1 (τύπου οδηγού μαγειρικής). Το συγκεκριμένο πλαίσιο μας δίνει τη δυνατότητα να εντάξουμε στις πειραματικές δραστηριότητες στοιχεία από τη φύση της επιστήμης (NOS), ώστε οι μαθητές να συλλαμβάνουν το επιστημονικό φαινόμενο σε ένα πραγματικό πλαίσιο. Η καινοτομία που πρότεινε η εργασία ήταν η ομαδική και ατομική αξιολόγηση της πειραματικής δραστηριότητας με τη συγγραφή της πειραματικής αναφοράς. Τα αποτελέσματά της είναι «εν τω γεννάσθαι» καθώς το δείγμα είναι ένα μικρό δείγμα “ευκαιρίας” και στοχεύει περισσότερο στο να διερευνήσει τον τρόπο που δρα η ερευνητική μας ομάδα και λιγότερο στην αξιολόγηση της απόδοσης των μαθητών μας. Οι απαντήσεις των μαθητών θα αξιοποιηθούν για την σύνταξη αναλυτικών οδηγιών και διόρθωση της φόρμας που αξιοποιήθηκε, για τον τρόπο συγγραφής και παρουσίασης ερευνητικών αναφορών. Η ευρύτερη αξία της εργασίας, κατά τη γνώμη μας, εντοπίζεται στην προσπάθεια να περιγραφεί το θεωρητικό πλαίσιο για την ένταξη των πειραματικών δραστηριοτήτων στο πλαίσιο της διερώτησης και η αξιολόγησή τους με τον εναλλακτικό τρόπο, αυτόν της πειραματικής αναφοράς.

Αναφορές

- Asay, L. D., & Orgill, M. (2010). Analysis of essential features of inquiry found in articles published in The Science Teacher, 1998–2007. *Journal of Science Teacher Education*, 21(1), 57-79.
- Bell, R. L., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying Inquiry Instruction. *The Science Teacher*, 72(7), 30-33.
- European Commission (1996) *Teaching and Learning : Towards the Learning Society*, White Paper on Education and Training, Luxembourg : Office for Official Publications of the EC.
- Harwood, W. S., Hansen, J., & Lotter, C. (2006). Measuring teacher beliefs about inquiry: The development of a blended qualitative/quantitative instrument. *Journal of Science Education and Technology*, 15(1), 69-79.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-first Century. *Science education*, 88(1), 28-54
- International Baccalaureate Organization (2006). *Internal Assessment Curriculum Review report*. Group4, Experimental Sciences.
- Koponen, I., & Mantyla, T. (2006). Generative Role of Experiments in Physics and in Teaching Physics: A Suggestion for Epistemological Reconstruction. *Science & Education*, 15, 31–54.
- National Research Council. (2013). Next Generation Science Standards.

- National Science Teachers Association. (2007). The integral role of laboratory investigations in science instruction. *Accessed February, 13, 2013*.
- Nivalainen, V., Asikainen, M. A., Sormunen, K., & Hirvonen, P. E. (2010). Preservice and inservice teachers' challenges in the planning of practical work in physics. *Journal of Science Teacher Education, 21*(4), 393-409.
- Nordberg, D. (2008). Group Projects: More Learning? Less Fair?, *Assessment and Evaluation in Higher Education*, vol. 33(5).
- Pellegrino, J. W., & Hilton, M. L. (Eds.). (2013). *Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century*. National Academies Press.
- Prescott, A., & Mitchelmore, M. (2005). Teaching projectile motion to eliminate misconceptions. *International Group for the Psychology of Mathematics Education, 97*.
- Rezba, R. J., Auldridge, T., and Rhea, L. (1998). *Teaching and Learning the Basic Science Skills*. Richmond, VA: Dept. of Education, Office of Elementary and Middle School Instructional Services, VHS.
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. (2009). Argument-driven Inquiry. *The Science Teacher, 76*(8), 42-47.
- Schwartz, R. S., & Crawford, B. A. (2004). Authentic scientific inquiry as context for teaching nature of science: Identifying critical element. In *Scientific inquiry and nature of science* (pp. 331-355). Springer Netherlands.
- Sharp, S. (2006). Deriving Individual Student Marks from a Tutor's Assessment of Group Work, *Assessment & Evaluation in Higher Education 31*, no. 3: 329-43.
- Skamp, K. (2011). *Teaching primary science constructively*. Cengage Learning.
- Staer, H., Goodrum, D., & Hackling, M. (1998). High School Laboratory Work in Western Australia: Openness to Inquiry. *Research in science education, 28*(2), 219-228.
- Teacher's Manual (2015). *AP Physics 1 and 2 Inquiry-Based Lab Investigations*. The College Board.
- Tsai, C. C. (2003). Taiwanese science students' and teachers' perceptions of the laboratory learning environments: exploring epistemological gaps. *International Journal of Science Education, 25*(7), 847-860.
- Uchida, Y. (2014). *Laboratory Repor. t Writing*. Imperial College, London
- Κουμαράς, Π. (2015). Η Φυσική δεν είναι μόνο εννοιολογικό περιεχόμενο, είναι επίσης μεθοδολογία. λύσης (καθημερινών) προβλημάτων και στάση ζωής. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση, 6*, 19-28.
- Μπομπέτσης, Σ., Α., & Στεφανή, Δ., Χ. (2003). Η Αξιολόγηση στο Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών. *Φυσικός Κόσμος, 11*(170), σελ. 63-69.
- Πολυζώης, Γ. (2010). *Πεποιθήσεις των νηπιαγωγών, δασκάλων και καθηγητών σχετικά με τη χρήση της Ιστορίας των Φυσικών Επιστημών (ΙΦΕ) στη διδασκαλία τους*. Αδημοσίευτη Διδακτορική διατριβή. 2010. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Τίκας, Β. (2013). *Μελέτη Οριζόντιας Βολής*. Ανασύρθηκε από, [srv-dide. eyv.sch.gr /documents /ΕΚΦΕ/οριζοντια%20βολη.pdf](http://srv-dide.eyv.sch.gr/documents/ΕΚΦΕ/οριζοντια%20βολη.pdf), στις 14/12/2015.
- ΥΠΑΙΘ (2013). *Οδηγίες για τη διδασκαλία της Ερευνητικής Εργασίας (project) της Α' και Β' τάξης Γενικού Λυκείου και Α' και Β' τάξης Εσπερινού Γενικού Λυκείου για το σχ.έτος 2013-2014*, έγγραφο του ΥΠΑΙΘ αρ. πρωτ 120885/Γ2/03-09-2013.
- ΦΕΚ (2015). *Πρόγραμμα Σπουδών του μαθήματος «Φυσική» της Α' και Β' τάξης Γενικού Λυκείου και της ομάδας προσανατολισμού Θετικών Σπουδών της Β' και Γ' τάξης Γενικού Λυκείου*. Αριθμ. 8570/Δ2.
- Χατζή Μ. (2010). *Γραμματισμός και Φυσικές Επιστήμες στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση*. Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή. ΕΚΠΑ.

Παράρτημα

Πίνακες διαβαθμισμένων κριτήρια αξιολόγησης της εργαστηριακής αναφοράς και της πειραματικής διαδικασίας

Πίνακας 2. Αξιολόγηση του περιεχομένου της εργαστηριακής αναφοράς (30%)

| | ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ | ΜΕΤΡΙΑ | ΕΠΑΡΚΗΣ | ΠΛΗΡΗΣ |
|--|-----------|--------|---------|--------|
| ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΚΛΙΜΑΚΑ | 1-9 | 10-13 | 14-17 | 18-20 |
| 1 Περιγραφή του σκοπού και των στόχων του πειράματος | | | | |
| 2 Θεωρητικό υπόβαθρο - υποθέσεις | | | | |
| 3 Περιγραφή της διαδικασίας | | | | |

- 4 Ερμηνεία των αποτελεσμάτων - συμπεράσματα

Κριτήρια

1. Σαφής περιγραφή του σκοπού και των στόχων της πειραματικής διαδικασίας με κειμενικό λόγο, όχι αναπαραγωγή παραγράφων βιβλίου.
2. Αναφορά στη θεωρία στην οποία στηρίζεται το πείραμα, σχετικές μαθηματικές σχέσεις και τύποι.
3. Λεπτομερής αναφορά στα χρησιμοποιούμενα όργανα, συσκευές και υλικά, διάγραμμα της πειραματικής διάταξης, πιθανό διάγραμμα ροής της διαδικασίας, λεπτομερής περιγραφή του τρόπου συλλογής δεδομένων και του τρόπου μέτρησης, παρουσίαση των αποτελεσμάτων σε μορφή πινάκων ή/ και διαγράμματα, περιγραφή της επεξεργασίας των αποτελεσμάτων, παρουσίαση των υπολογισμών, χρήση τύπων και μονάδων μέτρησης, υπολογισμός σφαλμάτων.
4. Περιγραφή των αποτελεσμάτων και σύγκρισή τους με αποδεκτές τιμές, αναφορά στις πιθανές πηγές σφαλμάτων και αβεβαιότητας, αναφορά σε τρόπους μείωσης των σφαλμάτων ή της αβεβαιότητας, συζήτηση για πιθανές εφαρμογές του πειράματος, συμπεράσματα όπου αναφέρονται η σπουδαιότητα του πειράματος και πιθανές εφαρμογές των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 3. Αξιολόγηση της πειραματικής διαδικασίας (30%)

| | ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ | ΜΕΤΡΙΑ | ΕΠΑΡΚΗΣ | ΠΛΗΡΗΣ |
|--|-----------|--------|---------|--------|
| ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΚΛΙΜΑΚΑ | 1-9 | 10-13 | 14-17 | 18-20 |
| 1 Χρήση οργάνων, συσκευών και υλικών | | | | |
| 2 Συλλογή πειραματικών δεδομένων-μετρήσεις | | | | |
| 3 Επεξεργασία αποτελεσμάτων-υπολογισμοί | | | | |
| 4 Αναπαράσταση αποτελεσμάτων | | | | |

Κριτήρια

1. Σωστή συναρμολόγηση διατάξεων, χρήση των οργάνων και συσκευών, διαχείριση υλικών.
2. Καταγραφή ποσοτικών πληροφοριών και στοιχείων σε πίνακες, ακρίβεια μετρήσεων, καταγραφή σφαλμάτων
3. Σωστοί υπολογισμοί, σωστή χρήση μονάδων μέτρησης.
4. Κατασκευή διαγραμμάτων – πινάκων.

Πίνακας 4. Αξιολόγηση γλώσσας και δομής της εργαστηριακής (20%)

| | ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ | ΜΕΤΡΙΑ | ΕΠΑΡΚΗΣ | ΠΛΗΡΗΣ |
|--------------------------------|-----------|--------|---------|--------|
| ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΚΛΙΜΑΚΑ | 1-9 | 10-13 | 14-17 | 18-20 |
| 1 Γλώσσα | | | | |
| 2 Δομή | | | | |
| 3 Η αναφορά έχει τα απαραίτητα | | | | |
| 4 Εμφάνιση αναφοράς | | | | |

Κριτήρια

1. Γλώσσα σαφής, με ροή, συνοχή λόγου, ορθογραφία, χρήση ειδικής ορολογίας.

2. Εισαγωγή, θεωρητικό υπόβαθρο περιγραφή μεθοδολογίας, παρουσίαση μετρήσεων, αποτελέσματα, συμπεράσματα, βιβλιογραφία.
3. Ποιότητα σχημάτων και διαγραμμάτων, παραγραφοποίηση, με ευδιάκριτες ενότητες, ευανάγνωστη, όχι πυκνογραμμένη.

Πίνακας 5. Αξιολόγηση της εργαστηριακής συμπεριφοράς (ομαδικής) (20%)

| | ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ | ΜΕΤΡΙΑ | ΕΠΑΡΚΗΣ | ΠΛΗΡΗΣ |
|-------------------------------|-----------|--------|---------|--------|
| ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΚΛΙΜΑΚΑ | 1-9 | 10-13 | 14-17 | 18-20 |
| 1 Συμμόρφωση με τις οδηγίες | | | | |
| 2 Χρήση υλικών και εξοπλισμού | | | | |
| 3 Συμμόρφωση με τους κανόνες | | | | |
| 4 Συνεργατικότητα | | | | |

Κριτήρια

1. Ακολουθούν τις οδηγίες επακριβώς, προσαρμόζονται σε νέες συνθήκες αν προκύψουν, ζητούν βοήθεια αν χρειάζεται.
2. Είναι μεθοδικοί και προσεκτικοί στη χρήση των οργάνων, των συσκευών και των υλικών, χρησιμοποιούν σωστά τα όργανα κατά τις μετρήσεις, ακολουθούν τα προβλεπόμενα πρωτόκολλα, προσαρμόζονται εύκολα στη χρήση ενός νέου οργάνου ή συσκευής.
3. Ακολουθούν επακριβώς τους κανόνες ασφαλείας, λαμβάνουν όλα τα μέτρα προστασίας, συμπεριφέρονται έχοντας συναίσθηση των τυχόν κινδύνων.
4. Μοιράζονται τις εργασίες και τις αρμοδιότητες, συζητούν και παίρνουν τις αποφάσεις συλλογικά, σέβονται τη γνώμη των άλλων.

Πίνακας 6. Διαβαθμισμένη κλίμακα αυτοαξιολόγησης της ομάδας για την συμμετοχή στην πειραματική διαδικασία

| Κριτήρια | Εξαιρετική | Μέτρια Επίδοση | Χαμηλή Επίδοση | ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ |
|---|--|--|--|------------|
| | 3 | 2 | 1 | |
| Τήρηση κανόνων συνεργασίας | Τα μέλη της ομάδας που συνεργάστηκαν ήταν σε ποσοστό άνω του 80% | Τα μέλη της ομάδας που συνεργάστηκαν ήταν σε ποσοστό 50%-80%)έ | Τα μέλη της ομάδας που συνεργάστηκαν ήταν σε ποσοστό λιγότερο από 50% | |
| Ολοκλήρωση εργασίας | Η ομάδα διεξήγαγε τα πειράματα που της ανατέθηκαν σε ποσοστό άνω του 80% | Η ομάδα διεξήγαγε τα πειράματα που της ανατέθηκαν σε ποσοστό 50- 80% | Η ομάδα διεξήγαγε τα πειράματα που της ανατέθηκαν σε ποσοστό κάτω από | |
| Ικανότητα εξαγωγής ορθών συμπερασμάτων | Η ομάδα κατέληξε σε ορθά συμπε-ράσματα σε ποσοστό άνω του 80% | Η ομάδα κατέληξε σε ορθά συμπεράσματα σε ποσοστό 50- 80% | Η ομάδα κατέληξε σε ορθά συμπεράσματα σε ποσοστό κάτω του 50% | |
| Υπευθυνότητα αυτονομία | Τα μέλη της ομάδας εκτέλεσαν τα καθήκοντα τους χωρίς υπενθύμιση από τον | Τα μέλη της ομάδας εκτέλεσαν τα καθήκοντα τους με 1-2 υπενθυμίσεις από τον | Τα μέλη της ομάδας εκτέλεσαν τα καθή-κοντά τους με πάνω από 2 υπενθυμίσεις | |

| | | | | |
|----------------------------|--|---|---|--|
| Χρονική συνέπεια | Τα μέλη της ομάδας πραγματοποίησαν όλες τις εργασίες χωρίς καθυστέρηση | Τα μέλη της ομάδας πραγματοποίησαν όλες τις εργασίες με μικρή καθυστέρηση | Τα μέλη της ομάδας πραγματοποίησαν όλες τις εργασίες με καθυστέρηση | |
| Παροχή Βοήθειας | Οι μαθητές βοήθησαν ο ένας τον άλλον όπου αυτό χρειάστηκε | Οι μαθητές βοήθησαν ο ένας τον άλλον σε ορισμένες περιπτώσεις | Οι μαθητές δεν βοήθησαν ο ένας τον άλλον καθόλου | |
| Επίλυση Συγκρούσεων | Οι μαθητές δε διαπληκτίστηκαν μεταξύ τους | Οι μαθητές διαπληκτίστηκαν μεταξύ τους 1-2 φορές | Οι μαθητές διαπληκτίστηκαν μεταξύ τους πάνω από 3 φορές | |
| ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ | | | | |

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Συνεδρία Δ7

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Εργαστηριακή δραστηριότητα βακτηριακού μετασχηματισμού. Μοριακή βιολογία, γενετική μηχανική και βιοτεχνολογία από μαθητές του Γυμνασίου

Δημήτριος Κελεφιώτης
Εκπαιδευτικός, 2ο Γυμνάσιο Ηρακλείου Κρήτης
dk@sch.gr

Δημήτριος Κουτσιούλης
Εκτελεστικός Διευθυντής, MINOTECH biotechnology, IMBB, ITE
dimitris_koutsoulis@imbb.forth.gr

Περίληψη

Η πρόοδος της μοριακής βιολογίας στη γενετική μηχανική και οι εφαρμογές της στη βιοτεχνολογία συνιστά μια πρόκληση απέναντι στην οποία οι σύγχρονοι πολίτες θα πρέπει να πάρουν κρίσιμες αποφάσεις. Με στόχο την προετοιμασία καλύτερα ενημερωμένων πολιτών διερευνήσαμε, πέρα από τη θεωρητική προσέγγιση, την ανάπτυξη μιας εργαστηριακής δραστηριότητας βακτηριακού μετασχηματισμού και την προσθήκη της στο ρεπερτόριο των διδακτικών επιλογών για τους μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Εστίασαμε στην απλοποίηση των εργαστηριακών χειρισμών ώστε να είναι εύκολο να υλοποιηθούν από μαθητές του Γυμνασίου ή του Λυκείου και μάλιστα χωρίς να απαιτηθεί επιβάρυνση σε επιπλέον εξοπλισμό. Δείξαμε πως μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης μπορούν να δημιουργήσουν γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς σε ένα συνηθισμένο Σχολικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών. Προτείνουμε την διερεύνηση της εργαστηριακής δραστηριότητας του βακτηριακού μετασχηματισμού σε πιλοτικό επίπεδο μέσα από μια έρευνα δράσης όπου οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί θα αξιολογήσουν τις δυνατότητες που προσφέρει συμμετέχοντας ενεργά στην αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού προγράμματος.

Λέξεις κλειδιά: βιοτεχνολογία, γυμνάσιο, εργαστήριο

Εισαγωγή

Ανάμεσα στα πολύ ενδιαφέροντα ερώτημα που απασχολούν τη σύγχρονη διδασκαλία των φυσικών επιστημών όπως αυτά προτείνονται και στην προκήρυξη του συνεδρίου "Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες" (Διδακτικές... 2015) είναι: Πώς μπορούν πειράματα και δραστηριότητες να ενταχθούν στη διδασκαλία μας ώστε να συμβάλλουν στην προετοιμασία του μελλοντικού ενεργού πολίτη;

Ξεκινώντας από αυτό το ερώτημα επιλέξαμε την ενότητα Γενετική μηχανική και βιοτεχνολογία που αναλύεται στις υποενότητες: Εφαρμογές της βιοτεχνολογίας: 6.2 Γενετική μηχανική και βιοτεχνολογία όπως αυτή προτείνεται να διδαχθεί στη Γ' Γυμνασίου το διδακτικό έτος 2015-2016 (Υ.Π.Π.Θ., 2015). Η επιλογή βασίζεται στην παρατήρηση της μεγάλης διαφοροποίησης της αποδοχής της τεχνολογίας των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών ανάμεσα στους πολίτες των τεχνολογικά προηγμένων χωρών που έχει οδηγήσει στη δημιουργία προτάσεων διδασκαλίας με υψηλό βαθμό εμπλοκής των μαθητών με βάση το δίλημμα της χρήσης γενετικά τροποποιημένων οργανισμών στην καθημερινή μας διατροφή (Engage, 2015).

Ως στοιχειώδη εισαγωγή στο γνωστικό αντικείμενο αναφέρουμε την περίληψη του κεφαλαίου όπως εμφανίζεται στο βιβλίο του μαθητή: Η βιοτεχνολογία τα τελευταία χρόνια, χάρη στην ανάπτυξη της γενετικής μηχανικής, έχει αλματώδη εξέλιξη. Έτσι, έχουμε κατασκευάσει γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς, δηλαδή οργανισμούς στους οποίους έχουμε επέμβει και έχουμε τροποποιήσει το γενετικό τους υλικό. Τα επιτεύγματα της τεχνολογίας του ανασυνδυασμένου DNA είναι πολλά. Σε αυτά περιλαμβάνονται η χαρτογράφηση του γονιδιώματος του ανθρώπου, η γονιδιακή θεραπεία, η παραγωγή φαρμάκων, εμβολίων και ορών με χαμηλό κόστος και χωρίς σημαντικές παρενέργειες για τα άτομα που τα λαμβάνουν. Βεβαίως, η τόσο μεγάλη επέμβαση του ανθρώπου σε βιολογικές διαδικασίες κάνει κάποιους σκεπτικούς και εγείρει σημαντικά ερωτηματικά για το μέλλον

της ανθρωπότητας και του πλανήτη. Ο προβληματισμός αυτός αποτελεί το αντικείμενο μελέτης της βιοηθικής. (Μαυρικάκη κ.ά., 2010α)

Η εργαστηριακή διδασκαλία της μοριακής βιολογίας στα γυμνάσια περιλαμβάνει την απομόνωση του DNA όπως αυτή παρουσιάζεται στους εργαστηριακούς οδηγούς του Γυμνασίου (Μαυρικάκη κ.ά., 2010β), και του Λυκείου, όπου υποστηρίζεται και από μία δραστηριότητα προσομοίωσης της αντιγραφής και της έκφρασης της γενετικής πληροφορίας (Αλεπόρου-Μαρίνου Β. κ.ά., 2010). Στην παρούσα εργασία προτείνουμε την ένταξη μιας ακόμη εργαστηριακής δραστηριότητας που θα επιτρέψει όχι μόνο την πληρέστερη κάλυψη των εφαρμογών της βιοτεχνολογίας, αλλά θα μπορούσε ανάλογα με την διδακτική προσέγγιση που θα επιλεγεί να προσφέρει μια ανασκόπηση σε αρκετές από τις έννοιες της βιολογίας. Συγκεκριμένα προτείνουμε μια εργαστηριακή δραστηριότητα βακτηριακού μετασχηματισμού, δηλαδή μιας δραστηριότητας μοριακής βιολογίας, γενετικής μηχανικής και βιοτεχνολογίας κατάλληλα διαμορφωμένη ώστε να μπορούν να την διαχειριστούν μαθητές του Γυμνασίου.

Η μεθοδολογία του βακτηριακού μετασχηματισμού βασίζεται στην αξιοποίηση των πλασμιδίων, τα οποία είναι σχετικά μικρά δίκλινα κυκλικά μόρια DNA και υπάρχουν σε ορισμένα βακτήρια (επιπλέον εξωχρωμοσωματικό γενετικό υλικό). Τα πλασμίδια έχουν τη δυνατότητα να μεταφέρονται από ένα βακτήριο σε άλλο μέσω της βακτηριακής σύζευξης, να λειτουργούν δηλαδή ως φορείς του γενετικού υλικού που διαδίδουν οριζόντια νέα γονίδια και προσδίδουν νέα φαινοτυπικά χαρακτηριστικά. Στην σύγχρονη Μοριακή Βιολογία η αξία τους συνίσταται στην δυνατότητα του ερευνητή να τα τροποποιεί *in vitro* με τεχνικές ανασυνδυασμένου DNA και να τα εισάγει σε ζωντανά κύτταρα με τεχνικές μεθόδους (Βούλγαρη Ε., 2012). Στη συγκεκριμένη εφαρμογή θα αξιοποιηθούν δύο πλασμίδια στα οποία έχει ενσωματωθεί η γενετική πληροφορία για τη σύνθεση δύο πρωτεϊνών που έχουν πράσινο και κόκκινο χρώμα αντίστοιχα και φθορίζουν και ταυτόχρονα προσδίδουν ανθεκτικότητα σε διαφορετικά αντιβιοτικά στα βακτήρια φορείς.

Η πρότασή μας είναι μια απόπειρα απλοποίησης αντίστοιχων δραστηριοτήτων (BIOTECH Project, 2013) που φαίνεται να υλοποιούνται με επιτυχία σε ένα περιβάλλον υψηλής τεχνολογικής υποστήριξης. Υπόθεση εργασίας: “Οι μαθητές του Γυμνασίου μπορούν να δημιουργήσουν γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς σε ένα συνηθισμένο Σχολικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών.”

Υλικά και μέθοδοι

Εκπαιδευτικό πλαίσιο

Η πιλοτική εφαρμογή της δραστηριότητας γενετικής μηχανικής και βιοτεχνολογίας έγινε σε ένα διαρκείας 30 ωρών θερινό σχολείο με γλώσσα εργασίας την Αγγλική, στην Αθήνα τον Ιούλιο του 2015 και ενέπλεξε 15 μαθητές και μαθήτριες ηλικιών από 13 ως 17 ετών για δύο περίπου ώρες εργαστηριακής προσέγγισης. Διδακτικά ακολουθήσαμε την κατευθυνόμενη διερεύνηση στο πλαίσιο της αναζήτησης των χαρακτηριστικών που προσδίδει ένα μυστηριώδες DNA.

Εργαστηριακό πλαίσιο

Οι απαιτήσεις σε εξοπλισμό είναι ελαχιστοποιημένες και περιλαμβάνουν εξοπλισμό συνήθως διαθέσιμο και σε μετρίως ανεπτυγμένα σχολικά εργαστήρια φυσικών επιστημών όπως ψυγείο με κατάψυξη -20°C και υδατόλουτρο με δυνατότητα ρύθμισης στους 42°C , λύχνος Bunsen ή κοινό γκαζάκια υγραερίου. Αντίθετα τα υλικά που απαιτούνται για τη γενετική τροποποίηση των βακτηρίων (Sambrook J. et. al, 1989) είναι αρκετά εξειδικευμένα και περιλαμβάνουν: Υγρό θρεπτικό υλικό για καλλιέργεια βακτηρίων LB (Luria broth). Τρυβλία Petri 90mm στρωμένα με στερεό θρεπτικό υλικό LB χωρίς αντιβιοτικά ή με αντιβιοτικά όπως αμπικιλίνη, καναμυκίνη και σπεκτινομυκίνη. Περίπου 10^9 βακτήρια *E.coli* ικανά για μετασχηματισμό (competent) /100μl διαλύματος μετασχηματισμού που λόγω της ευαισθησίας τους παραλαμβάνονται και διατηρούνται σε ξηρό πάγο. Δύο πλασμίδια που κωδικοποιούν τη σύνθεση μιας κόκκινης (RFP) και μιας πράσινης (GFP) φθορίζουσας πρωτεΐνης αντίστοιχα καθώς και γονίδια ανθεκτικότητας στη σπεκτινομυκίνη και την καναμυκίνη αντίστοιχα. Η παραλαβή έγινε σε αριθμημένους σωλήνες Eppendorf με περίπου 40ng DNA/20μl με κωδικοποίηση 1, 2 και 4 πλασμίδια με γονίδια για τη σύνθεση της GFP και ανθεκτικότητας στην καναμυκίνη και 3, 5 πλασμίδια με γονίδια για τη σύνθεση RFP και ανθεκτικότητας στη σπεκτινομυκίνη. Χρησιμοποιήθηκαν ακόμη γυάλινα ραβδάκια σχήματος T για το στρώσιμο των καλλιιεργειών και αποστειρωμένες πλαστικές πιπέτες Pasteur.

Διδακτική διαδικασία

Επιλέξαμε την προσέγγιση τύπου συνταγής μαγειρικής με στόχο τη διερεύνηση της υπόθεσης πως είναι δυνατόν να ολοκληρωθεί ένας επαρκής για διδακτική αξιοποίηση βακτηριακός μετασχηματισμός σε συνθήκες σχολικού εργαστηρίου φυσικών επιστημών. Η δραστηριότητα σχεδιάστηκε σε τρεις συναντήσεις των 35 λεπτών. Στην πρώτη συνάντηση τέθηκε το ερώτημα ποια είναι τα χαρακτηριστικά που προσδίδει στα υπό μετασχηματισμό βακτήρια ένα παρασκεύασμα DNA και έγινε ο βακτηριακός μετασχηματισμός και η καλλιέργεια των γενετικά τροποποιημένων βακτηρίων. Συγκεκριμένα σε αυτή τη συνάντηση οι μαθητές ενημερώνονται πως έχουν στη διάθεσή τους δυο δείγματα μυστηριώδους DNA. Κάποια από αυτά περιλαμβάνουν γονίδια που κωδικοποιούν τη σύνθεση πρωτεϊνών με κόκκινο χρώμα ενώ κάποια περιλαμβάνουν γονίδια που κωδικοποιούν τη σύνθεση πρωτεϊνών με πράσινο χρώμα. Ακόμη κάποια δείγματα DNA περιλαμβάνουν γονίδια που προσδίδουν ανθεκτικότητα σε συγκεκριμένα αντιβιοτικά. Στόχος της κάθε ομάδας είναι να διακρίνει ποια χαρακτηριστικά επάγει το συγκεκριμένο δείγμα Μυστηριώδους DNA. Στη δεύτερη συνάντηση έγινε παρατήρηση των καλλιέργειών των γενετικά τροποποιημένων βακτηρίων και καταγραφή των καλλιέργειών που αναπτύχθηκαν και επεξεργασία των δεδομένων και ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών που μεταφέρθηκαν κατά τη γενετική τροποποίηση των βακτηρίων. Στην τρίτη συνάντηση έγινε ανασκόπηση της διαδικασίας, σύνθεση παρουσιάσεων σε μορφή πόστερ από τους μαθητές και αξιολόγηση της διαδικασίας.

Εργαστηριακή διαδικασία

Στην πρώτη συνάντηση οι μαθητές παραλαμβάνουν: Ένα γυάλινο ραβδάκι σχήματος T και τέσσερα τρυβλία Petri με στερεό θρεπτικό υλικό LB από τα οποία το πρώτο χωρίς κανένα αντιβιοτικό, και τα επόμενα τρία με αμπικιλίνη, καναμυκίνη και σπεκτινομυκίνη αντίστοιχα. Ένα θερμομονωτικό ποτήρι με θραύσματα πάγου στο οποίο τοποθετούν (1) ένα σωλήνα erpendorf με υγρό θρεπτικό υλικό LB, (2) ένα αριθμημένο σωλήνα erpendorf με το μυστηριώδες πλασμιδικό DNA (Ο εκπαιδευτικός-αλλά όχι οι μαθητές- γνωρίζει πως οι σωλήνες-δείγματα 1, 2 και 4 περιέχουν το πλασμίδιο με τα γονίδια για την πράσινη φθορίζουσα πρωτεΐνη (GFP) και την ανθεκτικότητα στην καναμυκίνη και οι σωλήνες-δείγματα 3 και 5 περιέχουν το πλασμίδιο με τα γονίδια για την κόκκινη φθορίζουσα πρωτεΐνη (RFP) και την ανθεκτικότητα στην σπεκτινομυκίνη) και (3) ένα σωλήνα erpendorf με βακτήρια E.coli ικανά για μετασχηματισμό. Η διατήρηση των βακτηρίων σε πάγο είναι απαραίτητη διότι το διάλυμα μετασχηματισμού προκαλεί ρήγματα στη πλασματική τους μεμβράνη που σε υψηλότερες θερμοκρασίες θα οδηγούσαν σε θάνατο των βακτηρίων. Αφού βεβαιωθούν πως ξεπάγωσε το δείγμα των βακτηρίων μεταφέρουν τα βακτήρια στο σωλήνα με το μυστηριώδες DNA με απλή μετάγγιση κοντά σε ανοικτή φλόγα για να αποφευχθούν τυχόν μολύνσεις και τοποθετούν το διάλυμα βακτήρια + DNA πίσω στον πάγο για τουλάχιστον 5 λεπτά. Για να εισάγουν το πλασμιδικό DNA στα βακτήρια μεταφέρουν το δείγμα βακτήρια + DNA κατευθείαν στο υδατόλουτρο στους 42°C για 90 δευτερόλεπτα ακριβώς και ξανά πίσω στον πάγο για δύο λεπτά. Σε αυτό το βήμα, χωρίς να είναι ξεκάθαρος ο ακριβής μηχανισμός, τα πλασμίδια εισέρχονται σε ικανοποιητικό ποσοστό των βακτηρίων. Στη συνέχεια μεταφέρουν με απλή μετάγγιση, κάτω από στείρες συνθήκες, το υγρό θρεπτικό υλικό LB στο σωλήνα με τα μετασχηματισμένα βακτήρια και πλέον δεν απαιτείται η συντήρησή τους σε χαμηλή θερμοκρασία. Ακολούθως, κάτω από στείρες συνθήκες, μοιράζουν με απλή μετάγγιση το διάλυμα των βακτηρίων στα τέσσερα τρυβλία Petri και το απλώνουν ομοιόμορφα με το γυάλινο ραβδάκι σχήματος T. Τυλίγουν τις καλλιέργειες με μεμβράνη κουζίνας και τα επωάζουν σε θερμοκρασία δωματίου για δύο ημέρες για να πολλαπλασιαστούν τα βακτήρια και να αναπτυχθούν οι αποικίες τους. Μετά από αυτό τα γενετικά τροποποιημένα βακτήρια μπορούν να διατηρηθούν στο ψυγείο μέχρι την επόμενη συνάντηση με τους μαθητές.

Αποτελέσματα

Στη δεύτερη συνάντηση οι μαθητές προβλέπουν την έκβαση των καλλιέργειών και συμπληρώνουν το φύλο εργασίας της εικόνας 1. Παρατηρούμε πως ο συγκεκριμένος μαθητής έχει κατανοήσει την επίδραση των αντιβιοτικών, και σημειώνει στην ερώτηση Α της εικόνας 1, πως περιμένει πως τα βακτήρια που έχουν προσλάβει DNA που προσφέρει ανθεκτικότητα στην αμπικιλίνη θα αναπτυχθούν στα τρυβλία με “καθαρό” άγαρ (LB agar) και σε εκείνα που περιέχουν αμπικιλίνη (LB agar + ampicillin) και όχι σε εκείνα που περιέχουν σπεκτινομυκίνη και καναμυκίνη. (LB agar +

spectinomycin και LB agar + kanamycin αντίστοιχα). Αντίστοιχα στην ερώτηση Β της εικόνας 1, σημειώνει πως περιμένει πως τα βακτήρια χωρίς (επιπλέον) DNA (bacteria without DNA) θα αναπτυχθούν μόνο στα τρυβλία με “καθαρό” άγαρ (LB agar) και όχι στα υπόλοιπα που περιέχουν αντιβιοτικά.

Challenge for Day 2: What are antibiotics and why do you think we used it in some of the plates?

*Antibiotics are drugs that kill bacteria.

 We use them to see the bacteria's resistance to different . . .
 antibiotics.

*

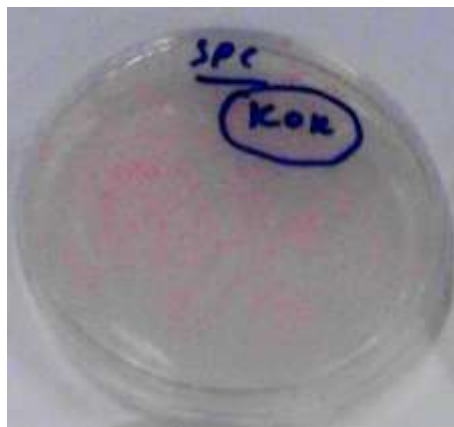
A. What do you expect to grow on each of the plates if DNA offers resistance to ampicillin?

| | LB agar | LB agar + ampicillin | LB agar + spectinomycin | LB agar + kanamycin |
|-----------------------|---------|----------------------|-------------------------|---------------------|
| bacteria + DNA | + | + | - | - |

B. What do you think would have grown on these plates if no DNA had been added to these bacteria

| | LB agar | LB agar + ampicillin | LB agar + spectinomycin | LB agar + kanamycin |
|-----------------------------|---------|----------------------|-------------------------|---------------------|
| bacteria without DNA | + | - | - | - |

Εικόνα 1. Συμπληρωμένο φύλο προβλέψεων για την έκβαση του πειράματος γενετικής τροποποίησης



Εικόνα 2. Φωτογραφία αποικιών γενετικά τροποποιημένων βακτηρίων, που επιδουκνείουν ανθεκτικότητα στη σπεκτινομυκίνη και συνθέτουν ερυθρή πρωτεΐνη που φθορίζει ((RFP)

Μετά τη συμπλήρωση και τη συζήτηση των προβλέψεων τους οι μαθητές παραλαμβάνουν τα τρυβλία και καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους για το χρώμα και τον αριθμό των αποικιών που αναπτύχθηκαν, κατά προσέγγιση. Από τις 20 καλλιέργειες (4 ομάδες μαθητών + 1 του εκπαιδευτικού από 4 τρυβλία η κάθε απόπειρα) που επιάστηκαν, καμία δεν έφερε ίχνη μόλυνσης από άλλους μικροοργανισμούς. Από το μετασχηματισμό πέντε δειγμάτων βακτηρίων *E.coli* ικανών για μετασχηματισμό (competent) με τα αντίστοιχα πλασμιδικά DNA παρατηρήθηκε η ανάπτυξη αποικιών διαφορετικού χρώματος σε διαφορετικά τρυβλία ανάλογα με το είδος του πλασμιδικού DNA, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.

Επεξεργασία

Οι μαθητές καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους και με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού προσδιορίζουν την ύπαρξη δυο διαφορετικών τύπων ανάπτυξης των μετασχηματισμένων βακτηρίων. Στο πρώτο φύλο καταγραφής, εικόνα 3 επάνω αριστερά, ο μαθητής καταγράφει τη παρουσία στρώματος (lawn) βακτηρίων στο τρυβλίο με “καθαρό” άγαρ (LB) την απουσία βακτηρίων στα επόμενα δύο (LB +amp και LB +kan) που περιέχουν αμπικιλίνη και καναμυκίνη αντίστοιχα και σημειώνει με κουκίδες τη παρουσία μεμονωμένων αποικιών στο τρυβλίο που περιέχει σπεκτινομυκίνη (LB +spec). Αντίστοιχα οι μαθητές που χρησιμοποίησαν κάποιο από το πρώτο, το δεύτερο και το τέταρτο δείγμα Μυστηριώδους DNA καταγράφουν όπως ο μαθητής της εικόνας 3 επάνω δεξιά, του οποίου οι παρατηρήσεις εμφανίζονται και στους μεταφρασμένους πίνακες της εικόνας 3, τη παρουσία στρώματος (lawn) βακτηρίων στο τρυβλίο με “καθαρό” άγαρ (LB) την απουσία βακτηρίων στο δεύτερο και το τέταρτο (LB +amp και LB +spec) που περιέχουν αμπικιλίνη και σπεκτινομυκίνη αντίστοιχα και σημειώνει τη παρουσία μεμονωμένων αποικιών (+ individual colonies) στο τρυβλίο που περιέχει καναμυκίνη (LB +kan).

Από το συνδυασμό των παρατηρήσεων όλων των ομάδων προκύπτει ο πίνακας Β της Εικόνας 3, όπου προσδιορίζονται με σαφήνεια οι ιδιότητες που προσδίδουν στα βακτήρια καθένας από τους δύο τύπους DNA. Συγκεκριμένα σημειώνουν το DNA τύπου Ι (που αντιστοιχούσε στο 1ο, 2ο και 4ο δείγμα Μυστηριώδους DNA) προσέδωσε στα γενετικά τροποποιημένα βακτήρια την ικανότητα να επιβιώνουν παρουσία καναμυκίνης και να συνθέτουν μια πράσινη χρωστική. Παρομοίως το 3ο και το 5ο δείγμα Μυστηριώδους DNA προσέδωσε στα γενετικά τροποποιημένα βακτήρια την ικανότητα να επιβιώνουν παρουσία σπεκτινομυκίνης και να συνθέτουν μια κόκκινη χρωστική. Στη συνέχεια στην ερώτηση Γ στο κάτω μέρος της Εικόνας 3 οι μαθητές αναδιατυπώνουν σε μορφή συμπεράσματος τις προηγούμενες παρατηρήσεις τους.



Εικόνα 4. Παρουσίαση της εργασίας στο βακτηριακό μετασχηματισμό από τους μαθητές των τριών από τις τέσσερις ομάδες σε μορφή πόστερ

Στη συνέχεια στο βήμα της εμβάθυνσης και με βάση τον ορισμό της αποικίας σαν σύνολο μικροοργανισμών που προέρχονται από τον πολλαπλασιασμό ενός και μόνο μικροοργανισμού οι μαθητές καταλήγουν στη σύνδεση του DNA με τα κληρονομούμενα χαρακτηριστικά. Μετά την ολοκλήρωση της δραστηριότητας οι μαθητές προετοίμασαν πόστερ όπου παρουσίασαν τη δουλειά τους, σύμφωνα με το πρότυπο των επιστημονικών παρουσιάσεων. Κατά τη σύνθεση των παρουσιάσεων, έγινε και αυτοαξιολόγηση των μαθητών. Έτσι στη Εικόνα 4 εμφανίζονται τρία μεγάλα πόστερ ενώ η τέταρτη ομάδα που δεν είχε εμπλακεί αρκετά σε αυτή τη δραστηριότητα δήλωσε τη παρουσία της με την απλή ανάρτηση των ονομάτων των μελών της σε μια μικρή σελίδα στα αριστερά από τα τρία μεγάλα πόστερ.

Συμπεράσματα - Συζήτηση

Η υπόθεση εργασίας: “Οι μαθητές του Γυμνασίου μπορούν να δημιουργήσουν γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς σε ένα συνηθισμένο Σχολικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών” επαληθεύτηκε αφού και οι τέσσερις ομάδες μαθητών που επιχείρησαν τα κατάφεραν. Όπως αποδείχθηκε στην παρούσα προσέγγιση δεν απαιτείται ακριβός επιπλέον εξοπλισμός αφού η μεταφορά των διαλυμάτων γίνεται με απλή μετάγχιση και έτσι δεν είναι αναγκαία η χρήση αυτομάτων πιπετών. Αντίθετα τα υλικά που απαιτούνται είναι αρκετά εξειδικευμένα και προέρχονται από τα αναλώσιμα που χρησιμοποιούνται για την πραγματοποίηση βακτηριακού μετασχηματισμού στις εγκαταστάσεις της MINOTECH biotechnology (παραγωγική μονάδα του Ινστιτούτου Μοριακής Βιολογίας και Βιοτεχνολογίας του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας). Επομένως η αξιολόγηση της όλης διαδικασίας σε εθνικό επίπεδο μπορεί να γίνει μόνο μετά από τη σύνθεση μιας συσκευασίας (kit) με το σύνολο των υλικών που απαιτούνται και την οικονομικότερη δυνατή τιμολόγηση τους. Ο τρίτος παράγοντας για την υλοποίηση μιας δραστηριότητας βακτηριακού μετασχηματισμού είναι οι εργαστηριακές δεξιότητες του εκπαιδευτικού και συγκεκριμένα η δεξιότητες της αποστείρωσης και των χειρισμών σε στείρες συνθήκες. Είναι προφανές πως οι απόφοιτοι τμημάτων βιολογίας ή σχετικών με τη ζωή επιστημών, ακόμη και αυτοί που ολοκλήρωσαν τις σπουδές τους χωρίς να διδαχθούν γενετική μηχανική, είναι επαρκείς. Παράλληλα είναι εύκολα ελέγξιμη η υπόθεση πως και οι υπόλοιποι εκπαιδευτικοί του κλάδου των φυσικών επιστημών μπορούν να αποκτήσουν τις σχετικές δεξιότητες με ελάχιστη εκπαίδευση. Τις παραπάνω απόψεις ενισχύει η κυκλοφορία στο εμπόριο kit για διδακτικές δραστηριότητες βακτηριακού μετασχηματισμού. Η ευκολία αυτή οδήγησε στη διερεύνηση της αξιοποίησης του βακτηριακού μετασχηματισμού από μαθητές και καθηγητές που μάλιστα συνοδεύονται από προτάσεις εφαρμογής του ως δραστηριότητα διερευνητικής μάθησης (Λέλλος Β. 2015).

Ολοκληρώνοντας τη δραστηριότητα του βακτηριακού μετασχηματισμού οι μαθητές θα εξασκήσουν μια σειρά δεξιότητες όπως παρατήρηση και αξιοποίηση δεδομένων, επιστημονική προσέγγιση (υπόθεση – πείραμα – εξήγηση), δημιουργία παρουσιάσεων που είναι γενικότερα χρήσιμες αλλά και μερικές που αφορούν τη βιολογία όπως, διατήρηση στειρών συνθηκών και καλλιέργεια μικροοργανισμών. Σε αυτό το σημείο διαφαίνεται το πλεονέκτημα της εργαστηριακής προσέγγισης απέναντι σε εικονικά εργαστήρια (Βούλγαρη Ε. 2012), που όμως θα μπορούσαν να υποστηρίξουν τη προετοιμασία της δραστηριότητας. Σε σχέση με τις στάσεις και ανάλογα με την προσέγγιση του εκπαιδευτικού και την επέκταση στη βιοηθική, μπορεί να προκληθούν αναδιατάξεις στις στάσεις σε θέματα σχετικά με τη μυθοποίηση και τη χρησιμότητα της επιστήμης και στη συνειδητοποίηση των ορίων και των προκλήσεων της τεχνολογικής προόδου.

Αυτό που μένει να διερευνήσουμε είναι αν αυτό είναι δυνατό στο πλαίσιο της καθημερινής πρακτικής των μαθημάτων στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθούμε στα πρώτα δύο ερωτήματα που απασχολούν τη σύγχρονη διδασκαλία των φυσικών επιστημών όπως αυτά προτείνονται και στην προκήρυξη του συνεδρίου “Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες” (Διδακτικές... 2015) και να τονίσουμε τον καταλυτικό ρόλο που παίζει η ενεργοποίηση των εκπαιδευτικών μέσα από εφαρμογή ερευνών δράσης (Κουτσελίνη Μ., 2015) και θα μπορούσαν να παίξουν σημαντικό ρόλο στην αναμόρφωση του υπάρχοντος σκηνικού (Appadurai A., 2001). Σε αυτή την κατεύθυνση υποστηρίζουμε πως η Εργαστηριακή δραστηριότητα βακτηριακού μετασχηματισμού αξίζει να διερευνηθεί στο επόμενο επίπεδο δηλαδή εκείνο της πιλοτικής εφαρμογής σε διαφορετικά σχολεία από διαφορετικούς εκπαιδευτικούς στο πλαίσιο μιας έρευνας δράσης. Σε μια τέτοια εφαρμογή σημαντικό ρόλο θα μπορούσαν να διαδραματίσουν αφενός η MINOTECH biotechnology και αφετέρου τα Εργαστηριακά

Κέντρα Φυσικών Επιστημών (ΕΚΦΕ). Η πρώτη θα μπορούσε να δημιουργήσει τη συλλογή (kit) των απαιτούμενων αναλωσίμων και να διαχύσει μέσω προσομοιώσεων, όπως για παράδειγμα εικονικού εργαστηρίου βακτηριακού μετασχηματισμού (Βούλγαρη Ε. 2012) και τη δημιουργία σύντομων βίντεο-οδηγιών όπως για παράδειγμα βίντεο για την καλλιέργεια βακτηρίων (Φανουράκη Ε., 2010) την απαιτούμενη τεχνογνωσία. Αφετέρου τα ΕΚΦΕ κάθε περιοχής θα μπορούσαν να μεσολαβήσουν παρακινώντας και υποστηρίζοντας εκπαιδευτικούς.

Όμως αυτή η διερεύνηση τελικά εξαρτάται από εκείνους τους εκπαιδευτικούς που, ανεξάρτητα από τις βασικές τους σπουδές, θα ενδιαφερόντουσαν να προσφέρουν τη δραστηριότητα του βακτηριακού μετασχηματισμού στους μαθητές τους και ταυτόχρονα να συμμετέχουν στη διερεύνηση της αποτελεσματικότητάς της στη διδασκαλία της σχετικής ενότητας. Με αυτό τον τρόπο μέσα από μια έρευνα δράσης θα συμμετείχαν αποφασιστικά στην αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού προγράμματος.

Αναφορές

- Appadurai A. (2001). *Globalization 16-20*. Durham, NC: Duke University Press
- BIOTECH Project (2013) Department of Molecular and Cellular Biology The University of Arizona <http://biotech.bio5.org/activities> προσπέλαση Δεκέμβριος 2015
- Engage (2015) Απόφαση για γενετικά τροποποιημένα <http://www.engagingscience.eu/el/2015/10/26/%CE%B1%CF%80%CF%8C%CF%86%CE%B1%CF%83%CE%B7-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CE%B3%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC-%CF%84%CF%81%CE%BF%CF%80%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%B9%CE%B7%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%B1-%CF%83/> προσπέλαση Δεκέμβριος 2015
- Sambrook J. Fritsch E.F. Maniatis T. (1989) Preparation and transformation of competent E. Coli In Chris Nolan (Ed.) Molecular Cloning. A laboratory manual : Cold Spring Harbor Laboratory Press
- Αλεπόρου-Μαρίνου Β. Αργυροκαστρίτης Α. Κομητοπούλου Α. Πιαλόγλου Π. 2010 Εργαστηριακός Οδηγός Βιολογία θετικής κατεύθυνσης Γ' τάξης Γενικού Λυκείου, Έκδοση Ι, Οργανισμός εκδόσεως διδακτικών βιβλίων Αθήνα 2010
- Βούλγαρη Ε. (2012) Εργαστηριακές δραστηριότητες βιολογίας. <http://mde-didaktiki.biol.uoa.gr/mde9/boulgari/labcornerintroduction.html> προσπέλαση Φεβρουάριος 2015
- Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες. <http://physcool.web.auth.gr/synedrio2016/> προσπέλαση Δεκέμβριος 2015
- Κουτσελίνη Μ. Η Έρευνα Δράσης ως εκπαιδευτική διαδικασία ανάπτυξης εκπαιδευτών και εκπαιδευομένων <https://www.ucy.ac.cy/release/el/educational-material> Προσπέλαση Δεκέμβριος 2015
- Λέλλος Β. (2015) Μετασχηματισμός βακτηρίων γενετική τροποποίηση του βακτηρίου E. coli. Παράδειγμα καθοδηγούμενης διερευνητικής μάθησης. https://prezi.com/uuh-zmgn_beo/copy-of-bacterial-transformation/ προσπέλαση Φεβρουάριος 2015
- Μαυρικάκη Ε. Γκρούβα Μ. Καμπούρη Α. (2010α) Βιολογία Γ' Γυμνασίου Βιβλίο μαθητή. ISBN 960-06-2030-x
- Μαυρικάκη Ε. Γκρούβα Μ. Καμπούρη Α. (2010β) Βιολογία Γ' Γυμνασίου Εργαστηριακός οδηγός. ISBN 960-06-2027-x
- Υ.Π.Π.Θ. (2015) Οδηγίες για τη διδασκαλία των θετικών μαθημάτων Ημερήσιου και Εσπερινού Γυμνασίου για το σχ. Έτος 2015-2016. Αθήνα α.π. 144958/Δ2 από 16-9-2015
- Φανουράκη Ελευθερία. Απομόνωση DNA extraction σε 5 min. 1ο Εργαστηριακό Κέντρο Φυσικών Επιστημών (ΕΚΦΕ) Ηρακλείου (2010) <https://www.youtube.com/watch?v=78VUQ7KTOqo> προσπέλαση Φεβρουάριος 2016

Συνεδρία Δ8

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Αιτιότητα: ένα γενεσιουργό σχήμα των ιδεών των μαθητών και πειράματα Φυσικής που φαίνεται να το παραβιάζουν

Παρασκευή Τσακμάκη

Φυσικός, Υπ. Διδάκτορας Π.Τ.Δ.Ε., Α.Π.Θ.
vtsakmaki@gmail.com

Παναγιώτης Κουμαράς

Καθηγητής Π.Τ.Δ.Ε., Α.Π.Θ.
koumaras@eled.auth.gr

Περίληψη

Πολλές έρευνες έχουν αναδείξει ότι οι μαθητές προκειμένου να ερμηνεύσουν ή να προβλέψουν την έκβαση φυσικών φαινομένων χρησιμοποιούν, συνειδητά ή ασυνειδητά, κανόνες αιτιακής προέλευσης. Στην εργασία αυτή προτείνεται ένα πληρέστερο, σε σχέση με τα υπάρχοντα, ερμηνευτικό μοντέλο των ιδεών των μαθητών στο πλαίσιο του αιτιακού συλλογισμού. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται και αναλύονται 5 απλά πειράματα, των οποίων η πρόβλεψη και η ερμηνεία είναι σε αντίθεση με συγκεκριμένους διαισθητικούς κανόνες που συγκροτούν τον αιτιακό τρόπο σκέψης των μαθητών. Προτείνεται η αξιοποίηση των πειραμάτων αυτών μέσα στην τάξη με στόχο να φέρουν τους μαθητές σε γνωστική σύγκρουση αλλά και να προσελκύσουν το ενδιαφέρον τους ώστε να διευκολυνθεί η διδακτική διαχείριση των εμπλεκόμενων φυσικών εννοιών.

Λέξεις κλειδιά: ιδέες μαθητών, αιτιότητα, κρίσιμα πειράματα

Εισαγωγή

Οι μαθητές όταν ξεκινούν μαθήματα Φυσικής διαθέτουν ήδη ερμηνευτικά σχήματα και ιδέες που αφορούν πολλές φυσικές καταστάσεις. Η έρευνα στη διδακτική της Φυσικής έχει υποδείξει την ισχυρή παρουσία αιτιακών ερμηνειών στη συλλογιστική που ακολουθούν οι μαθητές, που συχνά λαμβάνονται ως ένας μηχανισμός ικανός να περιγράφει και να προβλέπει την έκβαση φυσικών καταστάσεων (Besson, 2010; Braaten and Windschitl, 2011; Viennot, 2014).

Ο Anderson (1986) φαίνεται να είναι ο πρώτος που επιχειρήσει να αναζητήσει έναν κοινό πυρήνα που να ερμηνεύει βιβλιογραφικά καταγεγραμμένες ερμηνείες και προβλέψεις των μαθητών για ένα ευρύ φάσμα θεματικών περιοχών, όπως είναι η θερμότητα, ο ηλεκτρισμός, η οπτική και η μηχανική. Αποκαλεί αυτόν τον πυρήνα εμπειρική «ψυχολογία της μορφής» (gestalt) της αιτιότητας και τον περιγράφει υιοθετώντας ένα σχήμα δράστη-μέσου-αποδέκτη.

Η Rozier (1988) και η Viennot (2001, 2014) πρότειναν για την ενοποίηση των αποτελεσμάτων της έρευνας στο χώρο των ιδεών των μαθητών, το μοντέλο του γραμμικού αιτιακού συλλογισμού. Το μοντέλο περιγράφει μάλλον τη μορφή παρά το περιεχόμενο του αιτιακού συλλογισμού. Η κεντρική ιδέα του είναι η απλή αρχή: μία αιτία, ένα αποτέλεσμα. Αυτή η αρχή οδηγεί σε αιτιακό συλλογισμό σε μία χρονική αλυσίδα, όπου το αποτέλεσμα μίας αιτίας λειτουργεί στη συνέχεια ως αιτία που παράγει ένα άλλο αποτέλεσμα και ούτω καθεξής.

Οι Gutierrez και Ogborn (1992) παρουσίασαν ένα λεπτομερές πλαίσιο κατανόησης διαδομένων αιτιακών ερμηνειών. Το πλεονέκτημα του μοντέλου τους, το οποίο θεωρεί τον αιτιακό συλλογισμό ως εργαλείο συγκρότησης του τρόπου με τον οποίο σκεφτόμαστε για τον κόσμο, είναι ότι παρέχει ένα θεωρητικό πλαίσιο ερμηνείας της αλλαγής των απόψεων και όχι μόνο συγκεκριμένων τρόπων σκέψης. Ωστόσο, μολονότι το μοντέλο των Gutierrez και Ogborn είναι πιο ολοκληρωμένο σε σχέση με τα προηγούμενα, έχει εφαρμοστεί σε περιορισμένο εύρος καταστάσεων ενώ, κατά τη γνώμη μας, αδυνατεί να ερμηνεύσει καταστάσεις στις οποίες ζητείται να προβλεφθεί ο προσανατολισμός ή/και η ένταση ενός αποτελέσματος. Το μοντέλο τους επιμένει, όπως και το μοντέλο της Rozier περισσότερο στην περιγραφή της μορφής του αιτιακού συλλογισμού και λιγότερο στα χαρακτηριστικά του περιεχομένου του.

Η πρότασή μας: ένα πληρέστερο ερμηνευτικό μοντέλο των ιδεών των μαθητών

Στην εργασία αυτή αποδεχόμαστε η αιτιότητα βρίσκεται πίσω από πολλές καταγραμμένες ιδέες των μαθητών και φοιτητών. Υποστηρίζουμε ότι, συνειδητά ή ασυνείδητα οι ερωτώμενοι σπουδαστές προσπαθούν να επινοήσουν μια αιτιακή σχέση, δηλαδή ένα νοητικό κανόνα στηριγμένο στην αιτιότητα, για να απαντήσουν γιατί και πώς συνέβη ένα γεγονός (ερμηνευτική ισχύς) ή για να προβλέψουν την έκβαση ενός φαινομένου (προβλεπτική ισχύς).

Σε μια αιτιακή σχέση υπάρχει (ακόμη και αν δεν είναι φανερός) κάποιος ή κάτι που δρα (ο δράστης), και κάποιος ή κάτι που δέχεται τη δράση (ο αποδέκτης), συχνά υπάρχει ένας ενδιάμεσος που μεταφέρει τη δράση, όταν δεν υπάρχει άμεση επαφή του δράστη με τον αποδέκτη. Οι μαθητές προσδιορίζουν το δράστη και τον αποδέκτη ανάλογα με τον τρόπο που διατυπώνεται η προβληματική κατάσταση ενώ υπάρχουν περιπτώσεις όπου ο δράστης και ο αποδέκτης μπορεί να είναι το ίδιο αντικείμενο. Είναι δυνατόν διαφορετικοί μαθητές να αποδίδουν διαφορετικά τους ρόλους αυτούς κατά τη πραγμάτευση της ίδιας κατάστασης. Ωστόσο, διατυπώνοντας τις προβλέψεις τους φαίνεται να ακολουθούν με συνέπεια κάποιους κανόνες οδηγούμενοι ενδεχομένως σε διαφορετικά συμπεράσματα.

Στο πλαίσιο αυτό η αιτία είναι μία πράξη ή δραστηριότητα που εκτελεί ο δράστης ή μια ιδιότητα του δράστη και το αποτέλεσμα είναι ό,τι παθαίνει ή η νέα ιδιότητα που αποκτά ο αποδέκτης. Στην περίπτωση όπου ο δράστης και ο αποδέκτης είναι το ίδιο αντικείμενο μία ιδιότητα ή αλλαγή μίας ιδιότητας του αντικειμένου είναι η αιτία που προκαλεί τη μεταβολή μίας άλλης του ιδιότητας, δηλαδή το αποτέλεσμα.

Αναλύοντας μία σειρά από άρθρα σε διάφορες θεματικές περιοχές της Φυσικής θεωρούμε ότι πολλές από τις ιδέες των μαθητών μπορούν να «ερμηνευτούν» ή ακόμη και να προβλεφθούν αν θεωρήσουμε ότι οι μαθητές ακολουθούν, συνειδητά ή όχι, τρεις γενικούς κανόνες οι οποίοι με τη σειρά τους αναλύονται σε επιμέρους συνιστώσες.

Οι τρεις αυτοί κανόνες ουσιαστικά περιγράφουν τρία βήματα που φαίνεται να ακολουθούν οι μαθητές συνειδητά ή όχι κατά τους συλλογισμούς τους. Σε μία προβληματική κατάσταση επινοείται ένας δράστης, ένας αποδέκτης και πιθανόν ένας ενδιάμεσος που τους συνδέει, αν δεν υπάρχει άμεση επαφή. Η ταυτοποίηση αυτών συνδέεται συνήθως με την διατύπωση του προβλήματος (λεκτική ή διαγραμματική). Αρχικά οι μαθητές ελέγχουν αν υπάρχει αιτία (ή αποτέλεσμα) και αποφαίνονται για την ύπαρξη αποτελέσματος (ή αιτίας αντίστοιχα). Στη συνέχεια, εφόσον διαπιστωθεί η ύπαρξη αιτίας και αποτελέσματος, επιχειρούν τη συσχέτισή τους με το δράστη και τον αποδέκτη καθώς και τη δόμηση της μεταξύ τους σχέσης στο χώρο και το χρόνο. Τέλος, στο τρίτο βήμα, επιχειρείται η ποσοτική πρόβλεψη της έκβασης της προβληματικής κατάστασης. Ένας μαθητής μπορεί να αντιμετωπίσει ερωτήματα που αφορούν το τρίτο βήμα, όταν έχει ήδη κάνει «σιωπηλά» ή μη συνειδητά τα προηγούμενα δύο βήματα.

Στο τρίτο βήμα ουσιαστικά προσδιορίζεται ο τρόπος με τον οποίο η ένταση και ο προσανατολισμός της αιτίας καθορίζουν την ένταση και τον προσανατολισμό του αποτελέσματος. Με τον όρο «προσανατολισμός» νοείται εδώ είτε ο συνήθης χωρικός προσανατολισμός είτε η προς την ίδια κατεύθυνση μεταβολή (αύξηση/μείωση) της έντασης αιτίας και αποτελέσματος. Επίσης θα μπορούσε το αποτέλεσμα να επηρεάζεται από το μέγεθος του δράστη, του αποδέκτη ή ακόμη και του ενδιάμεσου. Το «μέγεθος» του δράστη, και αντίστοιχα του αποδέκτη, σχετίζεται με ιδιότητες που έχουν όπως η μάζα ή ο όγκος ή η πυκνότητα κ.ά. (π.χ. μία μπαταρία 9 V έχει μεγαλύτερο «μέγεθος» από μία μπαταρία 4,5 V) καθώς και με τον αριθμό των επιμέρους (μεμονωμένων) δραστών από τους οποίους αποτελείται (π.χ. μία συστοιχία 3 μπαταριών έχει μεγαλύτερο «μέγεθος» από μία μπαταρία. Αντίστοιχα το «μέγεθος» του μέσου σχετίζεται με την έκταση του στο χώρο (μικρή ή μεγάλη απόσταση μεταξύ δράστη – αποδέκτη) καθώς και με τις ιδιότητες του μέσου.

Στο συγκεκριμένο πλαίσιο προτείνουμε ότι ο 1^{ος} κανόνας, ο οποίος μπορεί να ονομαστεί κανόνας της ύπαρξης, δομείται από τις εξής τέσσερις συνιστώσες:

R1.1 Αν υπάρχει αιτία τότε υπάρχει αποτέλεσμα: $C \rightarrow E$

R1.2 Αν υπάρχει αποτέλεσμα τότε υπάρχει αιτία: $E \rightarrow C$

R1.3 Αν δεν υπάρχει αιτία τότε δεν υπάρχει και αποτέλεσμα: $\text{όχι } C \rightarrow \text{όχι } E$

R1.4 Αν δεν υπάρχει αποτέλεσμα τότε δεν υπάρχει και αιτία: $\text{όχι } E \rightarrow \text{όχι } C$

Ο 2^{ος} κανόνας προτείνουμε ότι μπορεί να ονομαστεί κανόνας της διάρθρωσης και δομείται από τις εξής τρεις συνιστώσες:

R2.1 Η αιτία συνδέεται με το δράστη και το αποτέλεσμα με τον αποδέκτη

R2.2 Ο δράστης και ο αποδέκτης είτε είναι σε άμεση επαφή, είτε συνδέονται με ένα μέσο (αρχή της τοπικότητας)

R2.3 Η αιτία προηγείται χρονικά του αποτελέσματος (αρχή της ασυμμετρίας).

Ο 3^{ος} κανόνας προτείνουμε να ονομαστεί ποσοτικός κανόνας καθώς αξιοποιείται από τους μαθητές για την πρόβλεψη ποσοτικών χαρακτηριστικών των υπό εξέταση προβληματικών καταστάσεων. Οι τρεις συνιστώσες του κανόνα αυτού είναι οι εξής:

R3.1 Η ένταση και ο «προσανατολισμός» του αποτελέσματος είναι ανάλογα με την ένταση και τον «προσανατολισμό» της αιτίας

R3.2 Η ένταση του αποτελέσματος είναι ανάλογη με το «μέγεθος» του δράστη και αντιστρόφως ανάλογη με το «μέγεθος» του αποδέκτη

R3.3 Η ένταση του αποτελέσματος είναι αντιστρόφως ανάλογη με το «μέγεθος» του μέσου.

Αξιοποίηση του αιτιακού συλλογισμού για το σχεδιασμό κρίσιμων πειραμάτων

Οι παραπάνω κανόνες έχουν αξιοποιηθεί για την επανερμηνεία ιδεών των μαθητών από διάφορες θεματικές περιοχές (Τσακμάκη και Κουμαράς, 2014α; Τσακμάκη και Κουμαράς, 2014β). Η χρήση τους εκ μέρους των μαθητών μπορεί να τους οδηγήσει σε πρόβλεψη έκβασης προβληματικών καταστάσεων που είναι σε αντίθεση με τη ό,τι πραγματικά συμβαίνει. Σε αυτό το άρθρο προτείνουμε 5 πειράματα των οποίων η έκβαση έρχεται σε αντίθεση με αυτή που αναμένουν οι μαθητές χρησιμοποιώντας τους παραπάνω διαισθητικούς κανόνες. Στόχος μας είναι να χρησιμοποιηθούν αυτά τα πειράματα μέσα στη σχολική τάξη για να προκαλέσουν καταρχάς το ενδιαφέρον των μαθητών και μέσω της γνωστικής σύγκρουσης (πρόκληση δυσαρέσκειας στους μαθητές με την απόδειξη ότι δεν ισχύει η «δική» τους αιτιότητα) να διευκολύνουν τη διδακτική διαχείριση των εμπλεκόμενων εννοιών της Φυσικής (με την υπόδειξη ότι ισχύει μια «διαφορετική» αιτιότητα).

1^ο πείραμα: το ότι τρέχεις γρηγορότερα δεν σημαίνει ότι καλύπτεις και μεγαλύτερη απόσταση

Σε πολλά εγχειρίδια Φυσικής τίθεται το παρακάτω πρόβλημα: τρυπάμε ένα πλαστικό μπουκάλι σε τρία σημεία που βρίσκονται στην ίδια κατακόρυφο αλλά απέχουν διαφορετική απόσταση από τον άτο του μπουκαλιού. Γεμίζουμε με νερό το μπουκάλι και σχηματίζονται τρεις φλέβες νερού που διαρρέουν από το μπουκάλι. Ποια φλέβα νερού έχει μεγαλύτερο βεληνεκές;

Πολλοί μαθητές αλλά και εγχειρίδια Φυσικής τόσο στην Ελλάδα (Κουμαράς, 2015 σ. 300-305) όσο και διεθνώς (Planinšič *et al*, 2011) απαντούν ότι η φλέβα που διαφεύγει από τη χαμηλότερη τρύπα έχει και το μεγαλύτερο βεληνεκές. Η αιτιολόγησή τους στηρίζεται στο ότι όσο μεγαλύτερο είναι το βάθος στο οποίο βρίσκεται η τρύπα τόσο μεγαλύτερη είναι η υδροστατική πίεση και άρα τόσο μεγαλύτερη η ταχύτητα εκροής. Άρα τόσο μεγαλύτερο και το βεληνεκές. Φαίνεται δηλαδή ότι ακολουθείται μία γραμμική αιτιακή αλυσίδα σε κάθε βήμα της οποίας το αποτέλεσμα λειτουργεί ως αιτία στο επόμενο βήμα. Έτσι αρχικά το βάθος στο οποίο βρίσκεται η τρύπα είναι η αιτία στην οποία οφείλεται η ύπαρξη πίεσης (αποτέλεσμα). Σύμφωνα με τον κανόνα R3.1 όσο μεγαλύτερη είναι η αιτία τόσο μεγαλύτερο είναι και το αποτέλεσμα. Στο επόμενο βήμα η πίεση είναι η αιτία από την οποία εξαρτάται η ταχύτητα εκροής (αποτέλεσμα). Και πάλι, όσο μεγαλύτερη η πίεση τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα εκροής. Τέλος, η ταχύτητα εκροής είναι η αιτία η οποία επηρεάζει το βεληνεκές εκτόξευσης του νερού (αποτέλεσμα): όσο μεγαλύτερη η ταχύτητα τόσο μεγαλύτερο το βεληνεκές.

Τι συμβαίνει όμως στην πραγματικότητα; Ισχύει η παραπάνω πρόβλεψη σχετικά με το βεληνεκές εκτόξευσης του νερού; Εξαρτάται η έκβαση του πειράματος από το πού τοποθετείται το μπουκάλι; Αν το μπουκάλι τοποθετηθεί για παράδειγμα στο κέντρο μίας επίπεδης επιφάνειας (στο κέντρο ενός τραπεζιού για παράδειγμα), ανάλογα με την απόσταση μεταξύ των τριών τρυπών από την επιφάνεια (Viennot, 2014, σ. 135-139) μπορούμε να καταφέρουμε το μέγιστο βεληνεκές να προκύπτει για την τρύπα που βρίσκεται στο μικρότερο βάθος (πιο ψηλά) (Εικόνα 1). Αντίστοιχα, αν το μπουκάλι τοποθετηθεί στην άκρη του τραπεζιού, και ανάλογα με την απόσταση του εδάφους η πρόβλεψη των μαθητών μπορεί να επιβεβαιωθεί.

Το πείραμα αυτό είναι κατάλληλο κατά τη γνώμη μας για την ανάδειξη του προβλήματος εστίασης σε μία μόνο μεταβλητή όταν διαχειριζόμαστε πολυπαραμετρικά προβλήματα. Το ότι τρέχει κανείς πιο γρήγορα σημαίνει απαραίτητα ότι θα διανύσει και μεγαλύτερη απόσταση; Τι συμβαίνει με τη διάρκεια

κίνησης; Πράγματι, η υδροστατική πίεση αυξάνεται με το βάθος και αντίστοιχα αυξάνεται και η ταχύτητα εκροής του νερού. Ωστόσο, όταν η χαμηλότερη τρύπα βρίσκεται πολύ κοντά στο έδαφος ο χρόνος κίνησης κάθε σταγόνας της φλέβας νερού είναι μικρότερος, καθώς αυτός ο χρόνος εξαρτάται από την απόσταση από το έδαφος. Συνεπώς το αντίστοιχο βεληνεκές μπορεί υπό κατάλληλες συνθήκες να είναι μικρότερο από τα βεληνεκές των άλλων δύο τρυπών.

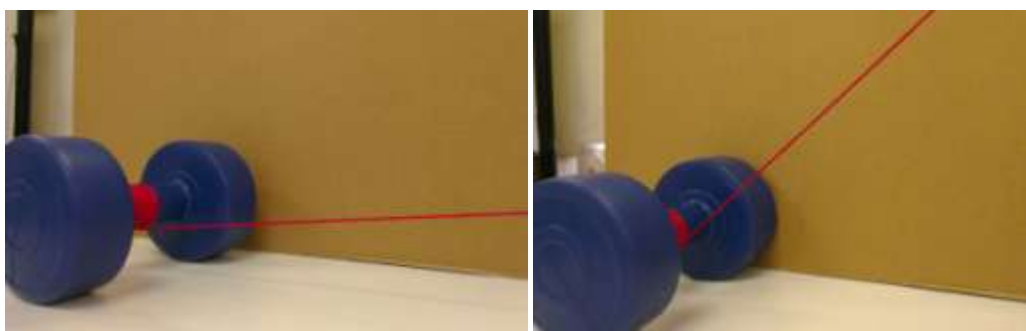


Εικόνα 1. Η φλέβα νερού από την πάνω τρύπα έχει μεγαλύτερο βεληνεκές από τις άλλες δύο

Το πείραμα αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί για την εισαγωγή και τη μελέτη της οριζόντιας βολής για να επιδειχθεί πειραματικά η ανεξαρτησία των δύο κινήσεων, οριζόντιας και κατακόρυφης, αλλά και να αντιμετωπιστεί η ιδέα των μαθητών ότι μεγαλύτερη αρχική οριζόντια ταχύτητα σημαίνει μεγαλύτερο χρόνο πτήσης (Dilber *et al*, 2009).

2^ο πείραμα: μια μπροστά και μία πίσω

Διαθέτουμε έναν αλτήρα (βαράκι γυμναστικής) ο οποίος είναι τοποθετημένος πάνω σε οριζόντια επιφάνεια. Έχουμε περιτυλίξει τον άξονα (τη μπάρα) του αλτήρα με νήμα μήκους περίπου 1 m. Αρχικά νήμα μήκους περίπου 30 cm έχει ξετυλιχτεί από τη μπάρα και το τραβάμε (ασκούμε δύναμη) προς τα δεξιά η διεύθυνση της οποίας σχηματίζει μικρή γωνία με το οριζόντιο επίπεδο, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2α. Παρατηρούμε ότι ο αλτήρας κινείται προς τα δεξιά. Ρωτάμε τους μαθητές να προβλέψουν την κατεύθυνση κίνησης του αλτήρα όταν ασκούμε δύναμη στην άκρη του νήματος μεταβάλλοντας τη γωνία θ που σχηματίζει με την οριζόντια διεύθυνση (πάντα $\theta < 90^\circ$) (Εικόνα 2β).



Εικόνα 2. Η δύναμη που ασκείται στο βαράκι (α) είναι σχεδόν οριζόντια, (β) σχηματίζει γωνία θ με την οριζόντια διεύθυνση.

Η πιο συνηθισμένη πρόβλεψη των μαθητών, όπως προκύπτει από συνεντεύξεις, είναι ότι ο αλτήρας θα εξακολουθήσει να κινείται προς τα δεξιά. Οι μαθητές, σύμφωνα με τον κανόνα 3.1, θεωρούν την κίνηση προς τα δεξιά ως το αποτέλεσμα που οφείλεται στην άσκηση δύναμης (αιτία) η οποία έχει την ίδια, προς τα δεξιά, κατεύθυνση. Ακόμη και όταν η δύναμη σχηματίζει γωνία θ με την οριζόντια διεύθυνση, θεωρούν ότι η συνιστώσα της δύναμης στην οριζόντια διεύθυνση αφού εξακολουθεί να έχει κατεύθυνση προς τα δεξιά (εφόσον $\theta < 90^\circ$) θα υποχρεώσει τον αλτήρα να εξακολουθήσει να κινείται προς τα δεξιά, πάνω στην οριζόντια επιφάνεια.

Εκτελώντας το πείραμα διαπιστώνουμε ότι για γωνία θ μεγαλύτερη από μία κρίσιμη γωνία που σχετίζεται με το λόγο της ακτίνας της μπάρας (χερούλι) του αλτήρα προς την ακτίνα ενός από τους

δύο δίσκους που συνιστούν τον αλτήρα, ο αλτήρας θα κινηθεί προς τα αριστερά. Πράγματι, σύμφωνα με το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα ισχύει:

$$F \sin \theta - T = m a_k$$

όπου F η δύναμη που ασκείται στον αλτήρα μέσω του νήματος, T η τριβή μεταξύ των δίσκων του αλτήρα και της οριζόντιας έδρας, m η μάζα του αλτήρα και a_k η μεταφορική επιτάχυνσή του.

Σύμφωνα με το θεμελιώδη νόμο της στροφικής κίνησης, και θεωρώντας ότι υπάρχει κύλιση χωρίς ολίσθηση, ισχύει:

$$TR - Fr = I a = I \frac{\alpha_k}{R}$$

όπου R η ακτίνα ενός δίσκου του αλτήρα, r η ακτίνα της μπάρας, I η ροπή αδράνειας του αλτήρα και a η γωνιακή επιτάχυνση. Από τις δύο σχέσεις προκύπτει ότι:

$$\alpha_k = \frac{F \left(\sin \theta - \frac{r}{R} \right)}{m + \frac{I}{R^2}}$$

Όταν $\sin \theta < \frac{r}{R}$ τότε η επιτάχυνση είναι αρνητική οπότε ο αλτήρας κινείται προς τα αριστερά.

Το πείραμα αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί από τον εκπαιδευτικό κατά την πραγμάτευση της μηχανικής στερεού σώματος (μάθημα της Φυσικής Προσανατολισμού της Γ' Λυκείου).

3^ο πείραμα: δεν μπορείς να σπρώξεις χωρίς να σπρωχτείς

Σύμφωνα με τον Κασσέτα (2000, σ. 134) μόλις 23 από τους 110 εκπαιδευτικούς ΠΕ04 πρόβλεψαν σωστά ότι η μαγνητική βελόνα μίας πυξίδας εκτρέπεται όταν πλησιάζει ένα σιδερένιο καρφί. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρει και ο Πιερράτος (2013, σ. 308) για τελειόφοιτους φοιτητές Τμήματος Φυσικής. Η ερμηνεία που φαίνεται να υιοθετούν είναι η εξής: η μαγνητική βελόνα είναι ο δράστης που ασκεί τη μαγνητική έλξη και το καρφί ο αποδέκτης που υφίσταται τη μαγνητική δύναμη και ανταποκρίνεται κινούμενο. Αξιοποιούν δηλαδή τον κανόνα R2.1 συνδέοντας την αιτία με το δράστη και τον αποτέλεσμα με τον αποδέκτη.

Όταν όμως το καρφί πλησιάζει τη μαγνητική βελόνα δεν μπορεί να ασκήσει κάποια δράση (μαγνητική έλξη): δεν υπάρχει αιτία. Σύμφωνα με τον κανόνα R1.1 αν δεν υπάρχει αιτία δεν υπάρχει και αποτέλεσμα: η μαγνητική βελόνα πρέπει να παραμείνει ακίνητη παρά την παρουσία του καρφιού.

Η πραγματοποίηση αυτής της πολύ απλής επίδειξης μπορεί να έχει μεγάλη διδακτική αξία κατά την εισαγωγή του τρίτου νόμου του Νεύτωνα αναδεικνύοντας την έννοια αλληλεπίδραση, τόσο στο Γυμνάσιο όσο και στο Λύκειο. Γενικότερα μπορεί να δείχτει ότι η αντίδραση μπορεί να είναι η δύναμη που κινεί ένα σώμα, σε αντίθεση με τη διαδεδομένη άποψη των μαθητών (Κουμαράς 2015, σελ.102-106).

4^ο πείραμα: τα ελαφριά σώματα επιπλέουν ενώ τα βαρύτερα βυθίζονται

Τοποθετούμε έναν φελλό και ένα χαλίκι μέσα σε ένα ποτήρι γεμισμένο με νερό. Το χαλίκι βυθίζεται ενώ ο φελλός επιπλέει. Όταν οι μαθητές ερωτώνται γιατί ο φελλός επιπλέει ενώ το χαλίκι βυθίζεται συνήθως απαντούν ότι ο φελλός είναι ελαφρύς ενώ το χαλίκι βαρύ. Πρόκειται για μια διαδεδομένη καταγεγραμμένη ιδέα των μαθητών: τα σώματα επιπλέουν γιατί είναι ελαφριά· τα βαρύτερα απλά βυθίζονται (Driver *et al*, 2000 σ. 195-196). Η ιδέα αυτή φαίνεται να είναι σε συμφωνία με ό,τι απαντούν οι μαθητές όταν αντιμετωπίζουν καταστάσεις ασύμμετρης ισορροπίας (Κουμαράς, 2015, σ. 179) όπου θεωρούν ότι όποιο αντικείμενο βρίσκεται πιο κοντά στο έδαφος είναι και βαρύτερο. Οι μαθητές φαίνεται να αγνοούν ενδεχόμενη κατάσταση ισορροπίας και εστιάζουν σε ό,τι παρατηρούν εντοπίζοντας ένα προσανατολισμένο αποτέλεσμα. Συγκεκριμένα, αξιοποιώντας τον κανόνα R3.1 θεωρούν ότι το αποτέλεσμα (βύθιση ή επίπλευση ανάλογα με τη διατύπωση της ερώτησης που τίθεται) έχει τον ίδιο προσανατολισμό με την αιτία (βάρος, όταν ζητείται η σύγκριση του πόσο βυθισμένα είναι τα σώματα ή η άνοση, όταν ζητείται η σύγκριση του ποιο σώμα είναι περισσότερο έξω από το υγρό).

Για να διαχειριστούμε πειραματικά αυτές τις ιδέες μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε απλά διαφανή πλαστικά ποτηράκια, νερό, λάδι και μία ζυγαριά. Σε ένα πλαστικό διαφανές ποτήρι εισάγουμε διαφορετικές ποσότητες νερού και λαδιού, με το νερό να είναι σαφώς περισσότερο. Μπορούμε να ρίξουμε τα υγρά με οποιαδήποτε σειρά ή ακόμη και ταυτόχρονα. Το σύστημα γρήγορα ισορροπεί και το λάδι επιπλέει πάνω στο νερό. Καλούμε τους μαθητές να εξηγήσουν ό,τι παρατηρούν. Πολλοί από

αυτούς δικαιολογούν την επίπλευση του λαδιού ισχυριζόμενοι ότι το λάδι είναι ελαφρύτερο από το νερό.

Σε ένα δεύτερο πλαστικό διαφανές ποτήρι ρίχνουμε διαφορετικές ποσότητες νερού και λαδιού (τις οποίες έχουμε ζυγίσει με τη ζυγαριά) ώστε το λάδι να είναι αρκετά βαρύτερο από το νερό. Αρχικά προτείνεται να εισάγουμε πρώτα το νερό και μετά το λάδι. Σε αυτή την περίπτωση κάποιιο μαθητές δικαιολογούν την επίπλευση του βαρύτερου λαδιού ισχυριζόμενοι ότι η σειρά εισαγωγής των υγρών παίζει κάποιο ρόλο. Επαναλαμβάνουμε το πείραμα εισάγοντας πρώτα το λάδι και μετά το νερό. Σε αυτή την περίπτωση οι μαθητές αδυνατούν έστω και εκ των υστέρων να ερμηνεύσουν την επίπλευση του λαδιού.

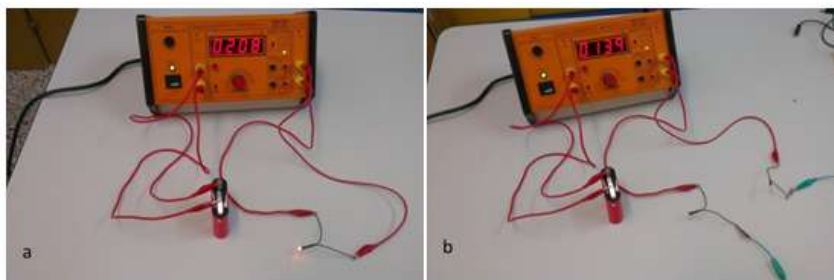
Το πείραμα αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να διαπιστωθεί η ανάγκη εισαγωγής της έννοιας πυκνότητα η οποία ως έννοια διαφοροποιείται από τις έννοιες μάζα και όγκο.

5ο πείραμα: Ποια μπαταρία εξαντλείται πιο γρήγορα;

Θεωρούμε δυο ηλεκτρικά κυκλώματα: το πρώτο αποτελείται από μια λάμπα που συνδέεται με μία μπαταρία και το δεύτερο από δυο λάμπες που συνδέονται σε σειρά με μία μπαταρία. Λαμβάνοντας υπόψη μας ότι οι μπαταρίες και οι λάμπες είναι ολόιδιες μεταξύ τους, ποια μπαταρία θα εξαντληθεί πρώτη;

Η πλειονότητα των μαθητών απαντά ότι η μπαταρία του δεύτερου κυκλώματος θα εξαντληθεί πρώτη (Κουμαράς, 1989, Koumaras *et al*, 1996). Από τη διατύπωση της ερώτησης είναι φανερό ότι το αποτέλεσμα είναι η εξάντληση της μπαταρίας. Άρα οι μαθητές θεωρούν τη μπαταρία ως αποδέκτη που δέχεται τη δράση της λάμπας. Η λάμπα παίρνει κάτι από την μπαταρία (ηλεκτρικό ρεύμα, ενέργεια ή «δύναμη» όπως λένε) συνεπώς η μπαταρία εξαντλείται. Σύμφωνα με τον κανόνα R3.2 όταν το «μέγεθος» του δράστη (στην περίπτωσή μας ο αριθμός των δραστών) είναι μεγαλύτερο η ένταση του αποτελέσματος είναι μεγαλύτερη, άρα η μπαταρία θα εξαντληθεί πιο γρήγορα.

Εικόνα 3. Τα κυκλώματα του πειράματος: α. μια λάμπα συνδεδεμένη με μία μπαταρία και ένα



τζαουλόμετρο και β. δυο λάμπες συνδεδεμένες σε σειρά με μία μπαταρία και ένα τζαουλόμετρο.

Για να πραγματοποιήσουμε το πείραμα είναι πρακτικό να χρησιμοποιήσουμε ένα τζαουλόμετρο. Το όργανο αυτό καταγράφει τη συνολική ενέργεια που παρέχει η μπαταρία (Εικόνα 3). Υποθέτοντας ότι κάθε μπαταρία μπορεί να παρέχει ένα συγκεκριμένο ποσό ενέργειας, προτείνουμε μια τυχαία τιμή π.χ. 2J, η οποία αντιπροσωπεύει το ενεργειακό περιεχόμενο της μπαταρίας. Επομένως όταν το τζαουλόμετρο δείξει 2J μπορούμε να θεωρήσουμε δεδομένο ότι η μπαταρία μόλις εξαντλήθηκε.

Εκτελώντας το πείραμα (Εικόνα 3) παρατηρούμε ότι η μπαταρία στο πρώτο κύκλωμα εξαντλείται σε 9,6s, ενώ η μπαταρία στο δεύτερο κύκλωμα εξαντλείται σε 14,3s. Η διαφορά από το χρονικό διάστημα που αναμέναμε θεωρητικά για ιδανικά κυκλώματα (η διάρκεια ζωής της δεύτερης μπαταρίας να είναι διπλάσια από τη διάρκεια ζωής της πρώτης μπαταρίας) οφείλεται στην εσωτερική αντίσταση της μπαταρίας και στην μεταβολή της αντίστασης των λαμπών λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας.

Στην περίπτωση αυτή δίνουμε έμφαση στη μεγαλύτερη διάρκεια της δεύτερης μπαταρίας, ως ένα αποτέλεσμα που έρχεται σε αντίθεση με τον αιτιακό τρόπο σκέψης των μαθητών. Η γνωστική σύγκρουση είναι ισχυρή καθώς το αποτέλεσμα δε μπορεί να ερμηνευτεί μετά την εκτέλεση του πειράματος. Στηριζόμενοι σε αυτό αξίζει να τονίσουμε ότι η λάμπα είναι ένας αντιστάτης και όχι ένας ηλεκτρικός καταναλωτής (Κουμαράς, 1989). Επίσης μπορούμε να εισάγουμε την έννοια ηλεκτρική ισχύς, να τη διαφοροποιήσουμε από την έννοια ηλεκτρική ενέργεια και τελικά να επισημάνουμε την εξάρτηση της ηλεκτρικής ισχύος από την εξωτερική αντίσταση.

Συμπεράσματα

Οι ιδέες των μαθητών για διάφορα φυσικά φαινόμενα έχουν αποδειχθεί ότι είναι παγκόσμιες και διαχρονικές. Μολονότι οι ιδέες αυτές θεωρήθηκαν αρχικά ασύνδετες μεταξύ τους φαίνεται ότι ο αιτιακός συλλογισμός μπορεί να παρέχει ένα θεωρητικό πλαίσιο ικανό να ερμηνεύσει πολλές από αυτές. Υποστηρίζουμε την άποψη ότι η διδακτική αξιοποίηση των διαισθητικών κανόνων που φαίνεται να υιοθετούν οι μαθητές θα μπορούσε να είναι γόνιμη και να οδηγήσει στην αναδόμηση των ιδεών αυτών.

Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκαν μερικά κρίσιμα πειράματα των οποίων η ερμηνεία εκ μέρους των μαθητών σκοντάφτει στην απροσδόκητη έκβασή τους, συγκρινόμενη με ό,τι προβλέπουν με βάση τον αιτιακό τους συλλογισμό. Θεωρούμε ότι τέτοια πειράματα α) προκαλούν το ενδιαφέρον των παιδιών και συγχρόνως είναι υψηλού ακαδημαϊκού επιπέδου και β) μπορούν να γίνουν σε κοινό μέτωπο στην τάξη στηρίζοντας, μια κατευθυνόμενη από τον διδάσκοντα συζήτηση μεταξύ των παιδιών.

Τα πειράματα αυτά προκαλούν γνωστική σύγκρουση στα παιδιά καθώς έρχονται σε αντίθεση με το νοητικό τους μηχανισμό της αιτιότητας. Ωστόσο, μπορούν να φανούν εύλογα εκ των υστέρων εφόσον ο εκπαιδευτικός καταφέρει να δείξει ότι εξακολουθεί να ισχύει η αιτιότητα, αλλά για την ισχύ της όμως εμπλέκονται νέες (για τα παιδιά) έννοιες οι οποίες είτε αντικαθιστούν υπάρχουσες έννοιες είτε αντικαθιστούν αντικείμενα. Με τον τρόπο αυτό επιχειρείται από τον εκπαιδευτικό να καθοδηγήσει το μαθητή να διατηρήσει σταθερή τη δομή της αιτιότητας και να αλλάξει απλά τις "οντότητες" (αντικείμενα ή έννοιες) που εμπλέκονται σε αυτήν. Αλλάζοντας τους παράγοντες που εμπλέκονται στο μηχανισμό της αιτιότητας βελτιώνεται το μοντέλο του μαθητή και καθίσταται συνεπές με την έκβαση των πειραμάτων.

Για παράδειγμα στο 4ο πείραμα (τα ελαφριά σώματα επιπλέουν ενώ τα βαρύτερα βυθίζονται) η προκύπτουσα γνωστική σύγκρουση οδηγεί στην ανάγκη της εισαγωγής της έννοιας πυκνότητα η οποία και αποκαθιστά την αιτιακή σχέση που χρησιμοποιούν οι μαθητές κατά την πρόβλεψή τους. Στο 5ο πείραμα (ποια μπαταρία εξαντλείται πιο γρήγορα) η αιτιότητα των παιδιών συνέδεε το αποτέλεσμα (εξάντληση των μπαταριών) με τον αριθμό των λαμπών. Αυτή μπορεί να εξελιχθεί, με την κατάλληλη διδακτική πραγματεύση εκ μέρους του εκπαιδευτικού, σε αιτιότητα που λαμβάνει υπόψη της και τον τρόπο σύνδεσης των λαμπών και τελικά στην εισαγωγή νέων εννοιών (αντίσταση) και την ανάδειξη των μεταξύ τους σχέσεων.

Αναφορές

- Andersson, B. (1986). The experiential gestalt of causation: a common core of pupils' preconceptions in science. *European Journal of Science Education* **8**, 155-17.
- Besson, U. (2010). Calculating and understanding: formal models and causal explanations in science, common reasoning and physics teaching. *Science Education* **19**, 225-57.
- Braaten, M. and Windschitl, M. (2011). Working toward a stronger conceptualization of scientific explanation for science education. *Science Education* **95**(4), 639-69.
- Dilber, R., Karaman, I. and Duzgun, B. (2009). High school students' understanding of projectile motion concepts. *Educational Research and Evaluation* **15**(3), 203-22.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. and Wood-Robinson, V. (2000). *Οικο-δομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών, Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών*. Τυπωθήτω.
- Gutierrez, R. and Ogborn, J (1992). A causal framework for analysing alternative conceptions. *International Journal of Science Education* **14**, 210-20.
- Koumaras, P., Kariotogloy, P. and Psillos, D. (1996). Pupil's conceptions as a factor for the development of experiments – the case of electricity. *School Science Review*, March 1996, **77** (280), 97-101.
- Planinšič, G., Ucke, C. and Viennot, L. (2011). Holes in a bottle filled with water: which water-jet has the largest range? https://www.eps.org/resource/collection/016775d4-8888-474d-887f-3e33aea5e6d0/EPSPED_MUSE_bot_holes.pdf?hhSearchTerms=%22Viennot+and+2011%22
- Rozier, S. (1988). *Le raisonnement linéaire causal en thermodynamique élémentaire*. PhD thesis Université Paris VII.
- Viennot, L. (2001). *Reasoning in physics, the part of common sense*. Kluwer, Dordrecht.
- Viennot, L. (2014). *Thinking on physics. The pleasure of reasoning and understanding*. Springer
- Κασσέτας, Α. (2000). *Το μακρόν Φυσική προ του βραχέως διδάσκω*. Β' Έκδοση. Σαββάλας.
- Κουμαράς, Π. (1989). *Μελέτη της επικοινωνιακής προσέγγισης στην πειραματική διδασκαλία του ηλεκτρισμού*. Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή. Τμήμα Φυσικής, Σχολή Θετικών Επιστημών, ΑΠΘ.
- Κουμαράς, Π. (2015). *Μονοπάτια της σκέψης στη Φυσική*. GUTENBERG.

- Πιερράτος, Θ. (2013). *Μελέτη διδακτικών δράσεων για τη διδακτική της Φυσικής μέσω καταγραφής και αποτίμησης*. Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή. Τμήμα Φυσικής, Σχολή Θετικών Επιστημών, ΑΠΘ.
- Τσακμάκη, Π. και Κουμαράς, Π. (2014α). Αιτιακοί κανόνες: Τι μπορεί να κρύβεται πίσω από τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών μας; *Κολλιόπουλος, Δ. (επιμ.). Πρακτικά 8ου Πανελληνίου Συνεδρίου Ιστορίας, Φιλοσοφίας και Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών*, σελ.142-146.
- Τσακμάκη, Π. και Κουμαράς, Π. (2014β). Ο γραμμικός αιτιακός συλλογισμός των μαθητών ως παράγοντας για το σχεδιασμό διδακτικού υλικού στις Φυσικές Επιστήμες. Στο *Πρακτικά του 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή για το Εκπαιδευτικό Υλικό στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες*, Ρόδος 17-18 Οκτωβρίου 2014.

Η περιπλάνηση της αδράνειας στα μονοπάτια της καθημερινότητας. Ένα διδακτικό σενάριο, με πραγματικά πειράματα, “φιλικό” προς τους χρήστες (καθηγητές και μαθητές)

Ηλίας Καλογήρου
Φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Ηλείας
ekfil@yahoo.gr

Αναστάσιος Νέζης
Φυσικός, 1ο ΓΕΛ Σαλαμίνας
nezistasos@gmail.com

Περίληψη

Σε αυτή την εργασία προτείνουμε ένα διδακτικό σενάριο για τη διδασκαλία της αδράνειας στην ευθύγραμμη και στη περιστροφική κίνηση δίνοντας έμφαση στη δόμηση εννοιών μέσω πειραμάτων (κατά ένα βαθμό εντυπωσιακών) χωρίς πολλά λόγια, όπως άλλωστε ταιριάζει στην αντιληπτική ικανότητα των περισσότερων μαθητών. Αρχικά μελετάμε τη συμπεριφορά ως προς την αδράνεια μιας βαριάς μεταλλικής σφαίρας σε ευθύγραμμη κίνηση και ακολούθως επεκτείνουμε τη μελέτη και στη περιστροφική κίνηση. Η ροπή αδράνειας εισάγεται σαν ένα μέγεθος που σχετίζεται με τις αποστάσεις των στοιχειωδών μαζών από τον άξονα περιστροφής (χωρίς μαθηματικούς τύπους) και βάσει αυτού επιχειρούμε τη σύνδεση της με φαινόμενα της καθημερινότητας (λύγισμα χεριών και ποδιών κατά το τρέξιμο, σχοινοβάτης, κ.λπ.).

Λέξεις κλειδιά: Κίνηση, αδράνεια, περιστροφή, ροπή αδράνειας.

Εισαγωγή

Αφορμή γι’ αυτή την εργασία στάθηκε η πρόσκλησή μας από το Γυμνάσιο Βάρδας της Ηλείας προκειμένου να παρουσιάσουμε σε διαθεματικό επίπεδο τη σύνδεση του μαθήματος της Φυσικής με το μάθημα της Γυμναστικής (Γκοτζαρίδης, 2001) αλλά και με τα αθλήματα. Η δομή της εργασίας μας συνίσταται στο σχεδιασμό πολλών πραγματικών πειραμάτων με την αμεσότητα και το κύρος του «ζωντανού» (τα οποία ενέχουν και τη «δόση» του εντυπωσιασμού) και στη συζήτηση πάνω σε αυτά χωρίς μαθηματικούς τύπους. Μπορεί να παρουσιαστεί τόσο σε μαθητές Γυμνασίου (για τους οποίους δεν προβλέπεται η διδασκαλία της περιστροφής στερεού σώματος) όσο και σε μαθητές Λυκείου (οι οποίοι διδάσκονται τη ροπή αδράνειας ξεκινώντας από τον ορισμό $I = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + \dots$, χωρίς καμία αναφορά στην αναγκαιότητα εισαγωγής ενός τέτοιου φυσικού μεγέθους) (Ιωάννου κ.ά., 2007).

Με την εργασία αυτή προσπαθούμε να πετύχουμε τους εξής στόχους: α) την κατανόηση σχεδόν από το σύνολο των μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και κατά συνέπεια πρόκληση ενδιαφέροντος για το αντίστοιχο μάθημα, β) ο σχεδιασμός των πειραμάτων να διευκολύνει τον εκπαιδευτικό να ανιχνεύσει και να ενεργοποιήσει τη κριτική ικανότητα των μαθητών, να εμπνευστεί ερωτήσεις για προβληματισμό ώστε βήμα-βήμα να οδηγήσει τους μαθητές στα επιθυμητά συμπεράσματα, γ) να δίνεται η δυνατότητα αναπαραγωγής των πειραμάτων επειδή τα απαιτούμενα υλικά είναι απλά – καθημερινής χρήσης ή υπάρχουν στα περισσότερα σχολικά εργαστήρια, δ) να καλλιεργηθεί η ενεργός συμμετοχή του μαθητή κατά την εκτέλεση των πειραμάτων ώστε να αποκτηθεί μια βιωματική εμπειρία ε) να αναδειχθεί η διαθεματικότητα ανάμεσα στη Φυσική και τη Γυμναστική και στ) να γίνει σύνδεση της σχολικής γνώσης με τα φαινόμενα της καθημερινότητας.

Η αδράνεια στην ευθύγραμμη κίνηση

Σύμφωνα με το νόμο της αδράνειας, ένα αντικείμενο διατηρεί την κινητική του κατάσταση αν δεν ενεργεί καμία δύναμη σε αυτό. Αν ασκηθεί δύναμη στο αντικείμενο, τότε, σύμφωνα με το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα, η μεταβολή της ταχύτητάς του θα είναι τόσο δυσκολότερη όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα, η οποία είναι ένα ποσοτικό μέτρο της αδράνειας (Feynman, 2009, σ. 129), και όσο μικρότερος είναι ο χρόνος άσκησης της δύναμης:

$$\Delta v = \frac{F\Delta t}{m}$$

Έτσι όταν πλένουμε τα χέρια μας και τα τινάζουμε, θέτουμε τις σταγόνες του νερού, μαζί με τα χέρια μας, σε κίνηση. Αν μετά το τίναγμα σταματήσουμε απότομα τα χέρια, οι σταγόνες συνεχίζουν να κινούνται «λόγω αδράνειας»: δεν ασκείται σε αυτές δύναμη ικανή να μεταβάλλει την κινητική τους κατάσταση (να τις σταματήσει) κι έτσι απομακρύνονται από τα χέρια μας.

Αν χτυπήσουμε με σφυρί μια σφαίρα τεσσάρων κιλών -του σφαιροβόλου- που στηρίζεται πάνω σε ένα χάρτινο ή πλαστικό κυπελλάκι του καφέ (Εικόνα 1), θα δούμε ότι το κυπελλάκι δεν υποχωρεί. Η δύναμη που θα ασκηθεί στο κυπελλάκι από τη σφαίρα (πέρα από το βάρος της) θα είναι ίση με τη μεταβολή της ορμής της σφαίρας κατά την κρούση της με το κυπελλάκι προς το χρόνο που διαρκεί η κρούση της σφαίρας στο κυπελλάκι. Η αρχική ορμή της σφαίρας είναι ελάχιστη διότι για την ασκούμενη από το σφυρί στη σφαίρα δύναμη ισχύει η σχέση $F=ma$ και επειδή η μάζα της (η αδράνειά της) είναι μεγάλη, η επιτάχυνση της σφαίρας είναι ασήμαντη. Άρα ασήμαντη θα είναι και η ταχύτητά της (αρχικά ηρεμούσε) επομένως και η ορμή της, (κατά συνέπεια και η μεταβολή της ορμής της κατά την κρούση της με το κυπελλάκι) άρα και η δύναμη που θα ασκηθεί τελικά στο κυπελλάκι.

Εάν αντίστοιχα κρατήσουμε στη παλάμη μας τη σφαίρα αυτή και κάποιος χτυπήσει το σφυρί πάνω της, θα διαπιστώσουμε ότι είναι ανεπαίσθητη η αίσθηση της επιπλέον δύναμης που ασκείται από τη σφαίρα στο χέρι μας, πέραν του βάρους της. Αν τώρα η ίδια σφαίρα αφηθεί από κάποιο ύψος να πέσει πάνω στο ίδιο κυπελλάκι (Εικόνα 2α), τότε το κυπελλάκι συνθλίβεται (Εικόνα 2β) λόγω της ασκούμενης σε αυτό δύναμης από τη σφαίρα, η οποία αναπτύσσεται κατά την πρόσκρουση της σφαίρας στο κυπελλάκι λόγω της μεταβολής της ορμής της σφαίρας ($F = \frac{\Delta P}{\Delta t}$). Η μεγάλη μάζα (αδράνεια) της σφαίρας οδηγεί σε μεγάλη μεταβολή της ορμής της και άρα στην άσκηση δύναμης που συνθλίβει το κυπελλάκι (Gerardo, 2015).

Σε όλα τα στάδια της παρουσίασης ο εκπαιδευτικός μπορεί να ρωτάει τους μαθητές να προβλέπουν κάθε φορά τι θα συμβεί και για ποιο λόγο (δηλαδή να ωθεί τους μαθητές να κάνουν υποθέσεις). Συγχρόνως μπορεί να καλεί τους μαθητές ώστε να εκτελούν αυτοί τα πειράματα ενθαρρύνοντας την ενεργό συμμετοχή και τη συνεργασία.



Εικόνα 1. Η μεγάλη αδράνεια της ακίνητης βαριάς σφαίρας προφυλάσσει το χάρτινο κυπελλάκι παρ' όλο το χτύπημα του σφυριού



Εικόνα 2. (α) Η βαριά σφαίρα αφήνεται να πέσει πάνω στο χάρτινο κυπελλάκι, (β) το κυπελλάκι συνθλίβεται

Τόσο το άθικτο όσο και το συμπιεσμένο κυπελλάκι αποδίδονται στη μεγάλη μάζα (αδράνεια) της σφαίρας: η σφαίρα είτε τίθεται δύσκολα σε κίνηση είτε ακινητοποιείται δύσκολα. Με άλλα λόγια οι δύο όψεις του ίδιου νομίσματος που πάντα θα κυκλοφορεί και ποτέ δεν θα εξαργυρώνεται!

Η αδράνεια στην περιστροφή

Ο νόμος της αδράνειας εμφανίζεται ακόμη και στην περίπτωση όπου έχουμε περιστροφή του αντικειμένου γύρω από κάποιο άξονα π.χ. η περιστροφή του ποδιού κατά τη βάδιση και το τρέξιμο γύρω από άξονα που διέρχεται από την άρθρωση του ισχίου, η περιστροφή του χεριού γύρω από άξονα που διέρχεται από την άρθρωση του ώμου, η περιστροφή της χορεύτριας γύρω από κατακόρυφο άξονα στο καλλιτεχνικό πατινάζ, η περιστροφή του αθλητή των καταδύσεων κατά τη πτώση του, η περιστροφή του αυγού γύρω από τον άξονά του για να βρεθεί αν είναι ωμό ή βρασμένο και πολλά άλλα.

Για να εξηγήσουμε την αδράνεια στη περίπτωση αυτή, χρησιμοποιούμε την πιο κάτω πειραματική διάταξη: από το πάνω μέρος ενός κεκλιμένου επιπέδου αφήνουμε την ίδια στιγμή για να κυλήσουν δύο πανομοιότυπα κυλινδρικά κουτάκια (μάζας 107 g το καθένα στην περίπτωση μας) από συσκευασία καραμελών (Εικόνα 3). Κατά τη διάρκεια της καθόδου παρατηρούμε ότι τα κουτάκια, περιστρεφόμενα γύρω από οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το κέντρο τους, δεν κατέρχονται με την ίδια ταχύτητα οπότε το ένα φτάνει γρηγορότερα από το άλλο (Εικόνα 4). Στο σημείο αυτό ο εκπαιδευτικός μπορεί να ανοίξει μια συζήτηση – προβληματισμό για ποιο λόγο τα πανομοιότυπα κουτάκια δεν φτάνουν την ίδια στιγμή στο κάτω μέρος του κεκλιμένου επιπέδου συλλέγοντας τις απαντήσεις. Αν ανοίξουμε τα κουτάκια θα διαπιστώσουμε ότι περιέχουν πλαστελίνη ίσης μάζας (ρωτάμε το γιατί) αλλά τοποθετημένης σε διαφορετικό σχηματισμό σε κάθε κουτάκι. Στο κουτάκι που έφτασε πρώτο η πλαστελίνη είναι τοποθετημένη σε συμπαγή μορφή στο κέντρο, ενώ στο άλλο κουτάκι σχηματίζει δακτύλιο κατανεμημένο στη περιφέρεια (Εικόνα 5).



Εικόνα 3. Δύο πανομοιότυπα κουτάκια αφήνονται από το ίδιο ύψος σε κεκλιμένο επίπεδο



Εικόνα 4. Τα κουτάκια δεν φτάνουν ταυτόχρονα στη βάση του κεκλιμένου επιπέδου



Εικόνα 5. Η κατανομή τη μάζας της πλαστελίνης στα δύο κουτάκια είναι διαφορετική

Βγάζουμε τη πλαστελίνη από κάθε κουτάκι και επαναλαμβάνουμε το πείραμα, ρωτώντας τους μαθητές ποιο κουτάκι θα φτάσει πρώτο. Φυσικά τα κουτάκια φτάνουν την ίδια στιγμή, όταν αφήνονται να κινηθούν ταυτόχρονα (το σχετικό βίντεο είναι αναρτημένο στη διεύθυνση: <https://www.youtube.com/watch?v=i6bbIO6nQss>). Έτσι φτάνουμε στο συμπέρασμα ότι παρατηρείται κάποια βραδύτητα (ή αντίσταση) στην έναρξη και την εξέλιξη της περιστροφής όταν τμήματα του σώματος απέχουν περισσότερο από τον άξονα περιστροφής. Ένα μέτρο αυτής της αντίστασης είναι η ροπή αδράνειας. Ένα σώμα θα έχει μεγάλη ροπή αδράνειας όταν τμήματα του σώματος απέχουν περισσότερο από τον άξονα περιστροφής. Π.χ. η χορεύτρια στο καλλιτεχνικό πατινάζ που περιστρέφεται γύρω από κατακόρυφο άξονα που διέρχεται από το κέντρο βάρους της έχει μεγαλύτερη ροπή αδράνειας όταν εκτείνει τα χέρια της.

Γιατί όταν τρέχουμε λυγίζουμε τα πόδια μας;

Όπως είπαμε, κατά τη βόλτα κάθε πόδι περιστρέφεται γύρω από άξονα που διέρχεται από την άρθρωση του ισχίου. Όταν θέλουμε να τρέξουμε θα πρέπει η περιστροφή του ποδιού μπρος - πίσω να γίνεται γρήγορα ή με άλλα λόγια να υπάρχει μικρή αντίσταση στην εξέλιξη της κίνησης. Αυτό το πετυχαίνουμε μειώνοντας τη ροπή αδράνειας του ποδιού με το λύγισμα. Το τμήμα του ποδιού από το γόνατο και κάτω πλησιάζει τον άξονα περιστροφής κι έτσι η περιστροφή γίνεται γρηγορότερα. Στο πλαίσιο του εντυπωσιασμού του ακροατηρίου μας, έχουμε κατασκευάσει ομοίωμα των ποδιών του ανθρώπου παίρνοντας τα κάτω άκρα από το μοντέλο του ανθρώπινου σκελετού (Εικόνα 6). Μέσω ενός σπάγκου το ένα πόδι είναι μόνιμα λυγισμένο. Αν απομακρύνουμε κατά την ίδια γωνία τα δύο πόδια, παρατηρούμε ότι το λυγισμένο περιστρέφεται γρηγορότερα.



Εικόνα 6. Το λυγισμένο πόδι περιστρέφεται γρηγορότερα απ' ό,τι το τεντωμένο

Στο πλαίσιο της υπάρχουσας υποδομής στα σχολικά εργαστήρια προτείνουμε ένα μηχανικό ανάλογο για το λυγισμένο και το τεντωμένο πόδι με μεταλλικές ράβδους διαμέτρου 10 mm και διαφόρων μηκών (Εικόνα 7). Δύο ράβδοι μήκους 30 cm η κάθε μία που συνδέονται μέσω απλού συνδέσμου υπό ορθή γωνία αναπαριστούν το λυγισμένο πόδι. Δύο άλλες ράβδοι των 30 cm που

συνδέονται με απλό σύνδεσμο ώστε να σχηματίζουν ευθεία αναπαριστούν το τεντωμένο πόδι. Τα δύο ζευγάρια των ράβδων μπορούν να περιστρέφονται γύρω από οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το ένα άκρο τους. Αν τα δύο ζευγάρια απομακρυνθούν κατά την ίδια γωνία από τη θέση ισορροπίας και αφεθούν ελεύθερα, τότε το ζευγάρι της ορθής γωνίας ταλαντώνεται γρηγορότερα λόγω μικρότερης ροπής αδράνειας ως προς τον κοινό άξονα περιστροφής. Η διεύθυνση του βίντεο στο διαδίκτυο για τη παρακολούθηση της κίνησης του μηχανικού αναλόγου είναι η εξής: <https://youtu.be/msHT8qm6QUw>.



Εικόνα 7. Μηχανικό ανάλογο λυγισμένου και τεντωμένου ποδιού με μεταλλικές ράβδους

Μπορούμε τώρα να θέσουμε ερωτήσεις όπως γιατί ο αθλητής του βάδην δεν μπορεί να αναπτύξει μεγάλη ταχύτητα ή γιατί οι αιωρήσεις των ψηλών ποδιών της καμηλοπάρδαλης είναι πιο αργές από τις αντίστοιχες ενός πεκινουά.

Γιατί όταν τρέχουμε λυγίζουμε τα χέρια μας

Κατά τη βάδιση όταν το αριστερό πόδι προβάλλει τότε το αριστερό χέρι πηγαίνει προς τα πίσω. Συγχρόνως όταν το δεξί πόδι πηγαίνει προς τα πίσω, το δεξί χέρι προβάλλει. Με αυτό τον τρόπο το σώμα μας διατηρεί την ισορροπία του. Η ισορροπία αυτή πρέπει να διατηρείται και στη περίπτωση του τρέξιματος. Για να παρακολουθούν τα χέρια τις γρήγορες περιστροφές των ποδιών πρέπει να λυγίσουν ώστε να μειωθεί η ροπή αδράνειας τους ως προς τον άξονα περιστροφής που διέρχεται από την άρθρωση των ώμων. Επομένως και τα χέρια κινούνται μπρος πίσω με τον ίδιο ρυθμό με αυτό των ποδιών (Εικόνα 8, όπου ο «Δρομέας» του Βαρώτσου δεν θα αισθανόταν άνετα κατά το τρέξιμο καθώς τεντώνει τα χέρια προς τα πίσω) (in.gr, 2015).



Εικόνα 8. Όταν τρέχουμε λυγίζουμε και τα χέρια, εκτός από τα πόδια (Πηγή φωτογραφίας Associated Press)

Σχοινοβάτης

Προκειμένου να εξηγήσουμε το ρόλο της μακριάς και βαριάς ράβδου που κρατά ο σχοινοβάτης εκτελούμε το ακόλουθο πείραμα. Σε μια οριζόντια ράβδο που μπορεί να περιστρέφεται γύρω από οριζόντιο άξονα κάθετο στο μέσον της (Εικόνα 9), έχουμε στερεώσει δύο απλούς συνδέσμους αριστερά και δύο δεξιά σε ίσες αποστάσεις από το μέσον της. Η μικρή οριζόντια ράβδος μπορεί να περιστρέφεται ελεύθερα μέσα στον αφαλό της χυτοσιδερένιας βάσης. Αν δοκιμάσουμε να

περιστρέψουμε τη ράβδο γύρω από τον άξονά της γυρίζοντας το άκρο της μικρής ράβδου που υποδεικνύεται από το βέλος, θα αισθανθούμε μεγάλη δυσκολία. Αν όμως οι βαρείς σύνδεσμοι πλησιάσουν προς το μέσον της ράβδου, τότε η δυσκολία περιστροφής μειώνεται. Το ίδιο πείραμα μπορεί να εκτελεστεί και με τη διάταξη της Εικόνας 10. Το βίντεο του πειράματος είναι διαθέσιμο στη διεύθυνση: <https://youtu.be/p-R95zE2R2M>.



Εικόνα 9. Όσο οι απλοί σύνδεσμοι απομακρύνονται από το μέσο της ράβδου, η δυσκολία περιστροφής αυξάνεται



Εικόνα 10. Όταν οι κωνικές βάσεις τύπου A, απέχουν πιο πολύ από το μέσον της οριζόντιας ράβδου, η περιστροφή της ράβδου γύρω από κατακόρυφο άξονα που διέρχεται από το μέσον της είναι πιο αργή

Προφανώς στη περίπτωση της μεγαλύτερης απόστασης των βαριδίων από τον άξονα περιστροφής η ροπή αδράνειας της ράβδου έχει μεγαλώσει και επομένως εμφανίζεται μεγαλύτερη αντίσταση κατά τη περιστροφή της. Έτσι η ράβδος του σχοινοβάτη είναι μεγάλου μήκους και βαριά ώστε να έχει μεγάλη ροπή αδράνειας και να αποφεύγεται η ανατροπή (Εικόνα 11). Όμοια για την αποφυγή της ανατροπής φέρνει τα χέρια της στην έκταση η αθλήτρια πάνω στη δοκίμοισοροπίας.



Εικόνα 11. Η μεγάλη στιγμή που ο Φιλίπ Πετίτ περπατά ανάμεσα στους Δίδυμους Πύργους (Πηγή φωτογραφίας: Associated Press) (kathimerini.gr, 2015)

Μια αναπαράσταση του σχοινοβάτη πάνω σε ποδήλατο είναι η πειραματική διάταξη της Εικόνας 12 όπου η τροχαλία αναπαριστά το ποδήλατο και η οριζόντια ράβδος με τις αναρτημένες κόλουμες βάσεις στα άκρα αναπαριστά τη ράβδο του ποδηλάτη. Προφανώς το κέντρο βάρους της κατασκευής βρίσκεται κάτω από το σημείο στήριξης. Υπάρχει η δυνατότητα στο σχολικό εργαστήριο να στηθεί η διάταξη. Για τη παρακολούθηση του αντίστοιχου βίντεο, η διεύθυνση είναι: <https://youtu.be/QJ00IBNOU4g>.



Εικόνα 12. Αναπαράσταση του σχοινοβάτη με ποδήλατο

Συμπεράσματα

Στην εργασία μας αυτή ακολουθήσαμε ένα διδακτικό σενάριο σύμφωνα με το οποίο παρουσιάζουμε αρχικά τη πειραματική συσκευή και μετά γίνεται συζήτηση και αναπτύσσεται προβληματισμός με σκοπό να καταλήξουμε στο συμπέρασμα. Έτσι από την αδράνεια στην ευθύγραμμη κίνηση περνάμε στην αδράνεια στην περιστροφική κίνηση για να καταλήξουμε να εξηγήσουμε πολλά φαινόμενα της καθημερινότητας. Έχουμε σχεδιάσει πειράματα με απλά υλικά ή όργανα που υπάρχουν σχεδόν σε όλα τα σχολικά εργαστήρια, κάνοντας τη πρότασή μας «φιλική» προς τους χρήστες, λόγω της εύκολης αναπαραγωγής. Καλλιεργούμε τη κριτική ικανότητα των μαθητών και την ενεργό συμμετοχή τους. Η διάρκεια της παρουσίασης ανέρχεται σε μία ώρα περίπου και δεν απαιτείται οργανωμένο εργαστήριο.

Τρέφουμε την ελπίδα ότι σε ένα μελλοντικό αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών, τα φυσικά μεγέθη δεν θα ορίζονται με «ουρανοκατέβато» τρόπο, όπου αυτό είναι δυνατό, αλλά αφού πρώτα αναδειχτεί η αναγκαιότητα εισαγωγής τους. Παράδειγμα ενός τέτοιου προσανατολισμού αποτελεί η εργασία μας. Η ανάλυση που έγινε στο κείμενο για τα διάφορα φαινόμενα είναι απλή ώστε να γίνει κατανοητή από τους μαθητές αλλά και από εκπαιδευτικούς άλλης ειδικότητας στο πλαίσιο διαθεματικής συνεργασίας.

Η εργασία αυτή παρουσιάστηκε σε Γυμνάσια της Ηλείας, σε 20 καθηγητές Φυσικής Αγωγής που παρακολούθησαν θερινό σχολείο στην Αρχαία Ολυμπία τον Αύγουστο 2015 και σε 120 καθηγητές Φυσικής Αγωγής της ΔΔΕ Ανατολικής Αττικής στις 25/9/2015 κατά τη διάρκεια του επιμορφωτικού προγράμματος διδασκαλίας των διδακτικών αντικειμένων του αναλυτικού προγράμματος Φυσικής Αγωγής, με την εποπτεία της Σχολικής Συμβούλου Φυσικής Αγωγής Ανατολικής Αττικής Δρος Νέλλης Αρβανίτη.

Αναφορές

- Feynman, R. (2009). *Οι διαλέξεις Φυσικής του Feynman. Τόμος Α*. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
- Gerardo G., (2015). The Physics of Warfare. *The Physics Teacher*, 53, 151-154.
- in.gr (2015). <http://news.in.gr/science-technology/article/?aid=1231335482>. Ημερομηνία προσπέλασης 31/1/2016.
- kathimerini.gr (28/9/2015) <http://www.kathimerini.gr/832682/article/epikairothta/kosmos/o-sxoinovaths-twn-didymwn-pyrgwn>. Ημερομηνία προσπέλασης 31/1/2016
- Γκοτζαρίδης, Χ. (2001). *Κάνω γυμναστική και μαθαίνω φυσική*. Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Ζήτη.
- Ιωάννου, Α., Ντάνος, Γ., Πήττας, Α., Ράπτης, Σ. (2007). *Φυσική Θετικής και Τεχνολογικής Κατεύθυνσης Γ' Τάξη Γενικού Λυκείου*. Αθήνα, ΟΕΔΒ.

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Ανάδειξη της μονοδιάστατης θεώρησης φυσικών περιβαλλόντων: το παράδειγμα της μέτρησης του όγκου

Ελευθερία Νασίκα
Φυσικός, Γυμνάσιο Δομένικου
elfnas@gmail.com

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στην ανάδειξη της μονοδιάστατης θεώρησης φυσικών περιβαλλόντων από μαθητές της Α τάξης του Γυμνασίου, μέσα από την ανάλυση των αποτελεσμάτων διαγνωστικής ερώτησης σχετικά με τη χρήση του ογκομετρικού κυλίνδρου για τη μέτρηση του όγκου μιας ποσότητας υγρού και τον υπολογισμό του όγκου ενός αντικειμένου ακανόνιστου σχήματος με εμβάπτιση στο υγρό. Οι μαθητές είχαν ασκηθεί εργαστηριακά στο θέμα και ζητήθηκε η περιγραφή της εμπειρίας τους τρεις εβδομάδες αργότερα. Η μη ικανοποιητική αναπαραγωγή της διαδικασίας ογκομέτρησης ανέδειξε τη μονοδιάστατη διαχείριση του όγκου, η οποία επιβεβαιώθηκε, σε δεύτερη φάση, και με έργα που χρησιμοποίησαν απόλυτα γεωμετρικές αναπαραστάσεις (πρισματικά δοχεία), έναντι της ρεαλιστικής αναπαράστασης του ογκομετρικού κυλίνδρου, που προτιμήθηκε αρχικά. Τα αποτελέσματα (κύρια και δευτερεύοντα) παρουσιάζονται και σχολιάζονται αναλυτικά, ενώ παρατίθεται διδακτική πρόταση προς βελτίωση αυτών.

Λέξεις κλειδιά: μονοδιάστατα φυσικά περιβάλλοντα, όγκος, μέτρηση.

Εισαγωγή

Η έννοια όγκος, ως έννοια της Γεωμετρίας, αναφέρεται σε γεωμετρικό στερεό και υιοθετείται από τη Φυσική προκειμένου να μετρά «ποσότητες χώρου», αλλά και να εισαγάγει την έννοια «όγκος υλικού σώματος» (Κασσέτας, 2013a). Έχει ενδιαφέρον να θυμηθούμε την επιλογή του Isaac Newton, το 1686 στο Principia, σύμφωνα με την οποία «η ποσότητα της ύλης (quantity of matter, δηλαδή αυτό που σήμερα χαρακτηρίζουμε ως μάζα), καθορίζεται από την πυκνότητα και τον όγκο» (ό.π.). Για τη νευτωνική Φυσική λοιπόν, ο «όγκος υλικού σώματος» συνιστά πρωταρχική ιδιότητα κάθε υλικού σώματος, συνιστά δηλαδή ένα από τα δύο βασικά στοιχεία υλικότητας (Κασσέτας, 2013b).

Σύμφωνα με τους Inhelder & Piaget (1958), η έννοια του όγκου είναι απαραίτητη για την εισαγωγή και την κατανόηση και άλλων εννοιών, όπως π.χ. της πυκνότητας, μιας έννοιας σύνθετης, ως πηλίκο μεγεθών. Γενικότερα, ο όγκος ενός σώματος γίνεται αντιληπτός από τους μαθητές ως «μέγεθος», «ποσότητα», «χωρητικότητα» ή και ως «ποσότητα ύλης (υγρού ή αέρα) που εκτοπίζεται από το εν λόγω σώμα» (Hewson, 1986). Η διατήρηση του όγκου καθυστερεί σχετικά με τις άλλες διατηρήσεις, αφού ο όγκος είναι συνάρτηση των τριών διαστάσεων x , y , z , που αν μετασχηματιστούν σε x' , y' , z' ,

θα πρέπει να ισχύει: $\frac{x \cdot y}{x' \cdot y'} = \frac{z'}{z}$, για να υπάρχει διατήρηση. Τέτοιου είδους μεταβολές απαιτούν τον χειρισμό αναλογιών, που γίνονται μόνο όταν ο μαθητής περάσει στο στάδιο των τυπικών συλλογισμών. Χωρίς την ικανότητα διατήρησης του όγκου (αλλά και του βάρους), η πυκνότητα δε γίνεται αντιληπτή, παρά ως απλή ποσότητα που χαρακτηρίζει το υλικό (Inhelder & Piaget, 1958).

Στην αφετηρία της οικοδόμησης της έννοιας «όγκος υλικού σώματος», μπορούμε, επικαλούμενοι και την εμπειρία, να αξιοποιήσουμε τη γλώσσα της καθημερινότητας, λέγοντας ότι αν «το σώμα Α είναι πιο μεγάλο σε μέγεθος από το Β» τότε στη γλώσσα της Φυσικής λέμε ότι «το Α έχει μεγαλύτερο όγκο από το Β» (Κασσέτας, 2013a). Βέβαια, στη γλώσσα των μαθητών, η έννοια «μέγεθος» φαίνεται να σχετίζεται για τους περισσότερους με τον όγκο μόνο όταν τα συγκρινόμενα στερεά είναι γεωμετρικώς όμοια. Παρανοήσεις αυτού ενδέχεται να παρατηρηθούν, όπως χαρακτηριστικά αναδεικνύεται μέσα από ατομική συνέντευξη με μαθητή, στον οποίο τέθηκε η ερώτηση: «Δυο αντικείμενα που έχουν την ίδια μάζα θα έχουν πάντα και το ίδιο μέγεθος;». Ο μαθητής απάντησε αρνητικά και η αιτιολόγηση της αρνητικής του απάντησης ήταν πως «αν έχουμε ένα κομμάτι σίδηρο, ας πούμε ένα κιλό, και το λιώσουμε και φτιάξουμε ένα σύρμα, θα είναι η ίδια μάζα, αλλά διαφορετικό το μέγεθος». Την απάντηση του μαθητή ακολούθησε συζήτηση για τη δυνατότητα σύγκρισης του μεγέθους στερεών, που είναι γεωμετρικώς διαφορετικά ή που οι διαστάσεις τους διαφέρουν πολύ, η

οποία κατέληξε σε επαναδιατύπωση της ερώτησης, με αντικατάσταση της λέξης «μέγεθος» με τη λέξη «όγκο», με τη σύμφωνη γνώμη και των μαθητών.

Ο υπολογισμός του όγκου κανονικών γεωμετρικών στερεών, όπως το ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο, ο κύλινδρος ή η σφαίρα, ανάγεται στη μέτρηση των διαστάσεών τους και τη χρήση των αντίστοιχων τύπων υπολογισμού από τη Γεωμετρία. Για τους μαθητές της ηλικίας των 13 ετών, ο υπολογισμός του όγκου ενός κουτιού μέσα από τη μέτρηση των διαστάσεών του, φαίνεται να αποτελεί μια εφικτή εργασία (Rowell & Dawson, 1977). Εξάλλου, μέσω αυτής, μπορεί να επιτευχθεί και η εξοικείωση με δύο μονάδες μέτρησης του όγκου, το κυβικό μέτρο και το κυβικό εκατοστό, που συνδέεται στη συνέχεια με το χιλιοστόλιτρο. Το κυβικό χιλιοστό θεωρούμε πως είναι πολύ μικρό για να συνδεθεί με ευκρινή εποπτική αντιστοίχιση, σε αντίθεση με το κυβικό εκατοστό, που αναπαρίσταται από ένα κανονικό ζάρι πλευράς 1cm, και το κυβικό μέτρο, που μπορεί εύκολα να σχηματοποιηθεί με την «κατασκευή» ενός κύβου ακμής 1m με μεζούρες μήκους 1m (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Κατασκευή κύβου ακμής 1m με μεζούρες.

Σε αντίθεση με τον υπολογισμό των όγκων στερεών υλικών σωμάτων με σχήμα κανονικών γεωμετρικών στερεών, η μέτρηση του όγκου υγρών, αλλά και η μέτρηση του όγκου στερεών ακανόνιστου σχήματος, που βασίζεται στη μέτρηση του όγκου υγρών, γίνεται με τη βοήθεια οργάνων μέτρησης όγκου, όπως ο ογκομετρικός κύλινδρος. Έρευνες διαπιστώνουν ότι οι μαθητές των 10-15 ετών συναρτούν την εκτίμησή τους για τον όγκο των υγρών από τις διαστάσεις των δοχείων, που τα περιέχουν (Fassoulopoulos et al, 2003; Θασίτης κ.ά., 2004). Σ' αυτές, οι μαθητές ισχυρίζονται ότι «τα στενά δοχεία συμπιέζουν τον όγκο, ενώ αντίστοιχα τα φαρδιά τον απλώνουν». Σκέφτονται δηλαδή με βάση την προεξάρχουσα διάσταση του εμβαδού της τομής του δοχείου και οδηγούνται σε συνακόλουθα συμπεράσματα, όπως π.χ. να θεωρούν πυκνότερα τα υγρά σε στενά δοχεία, γιατί συμπιέζονται περισσότερο, μια τάση που διαφοροποιεί τυπικούς μαθητές της παραπάνω ηλικιακής ομάδας από μαθητές που παρουσιάζουν μαθησιακές δυσκολίες (Φασουλόπουλος & Έψιμος, 2006).

Παρότι στο πρόγραμμα «Η Φυσική με Πειράματα» για την Α΄ Γυμνασίου (Καλκάνης κ. ά., 2013), που διδάσκεται για τρίτη χρονιά φέτος, δεν προβλέπεται ενασχόληση με ογκομετρήσεις, καθώς απουσιάζει κάποια αναφορά στην έννοια «όγκος υλικού σώματος», η σημασία της έννοιας του όγκου στη διαχείριση και άλλων εννοιών (π.χ. της μάζας), οδήγησε σε αφιέρωση κάποιων ωρών για τη διδασκαλία του και την πειραματική αντιμετώπισή του. Η διδακτική πορεία, που ακολουθήθηκε για τη θεμελίωση της έννοιας του όγκου περιλάμβανε τη σύνδεσή του με το χώρο που καταλαμβάνει ένα υλικό σώμα, την παρουσίαση των μονάδων μέτρησής του, τον υπολογισμό του όγκου ενός ορθογώνιου κουτιού, την εξοικείωση με τον ογκομετρικό κύλινδρο και τη σωστή ανάγνωση της κλίμακάς του, δεδομένης της καμπυλωμένης ελεύθερης επιφάνειας του υγρού (νερό), και τη μέτρηση του όγκου ενός αντικειμένου με δύο «παραδοσιακούς» τρόπους ογκομέτρησης, που παρουσιάστηκαν στους μαθητές, πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο από τις ομάδες εργασίας των μαθητών και τα αποτελέσματα καταγράφηκαν σε φύλλα εργασίας:

1) Κατά τον πρώτο τρόπο, το αντικείμενο βυθίστηκε σε υγρό μέσα σε ογκομετρικό κύλινδρο και καταγράφηκε η τελική ένδειξη του όγκου του υγρού, έχοντας πριν καταγραφεί και η αρχική, ενώ με απλή αφαίρεση αυτών υπολογίστηκε ο ζητούμενος όγκος του αντικειμένου.

2) Ο δεύτερος τρόπος στηρίχτηκε στην υπερχειλίση υγρού από δοχείο, πληρούμενο με το υγρό, μετά τη βύθιση του αντικειμένου μέσα σε αυτό, και τη συνακόλουθη ογκομέτρηση του υπερχειλίσματος.

Και οι δύο κλασικές μέθοδοι ογκομέτρησης απαιτούν δεξιότητα ορθής ανάγνωσης της τιμής, που αντιστοιχεί στη θέση της στάθμης του υγρού εντός του ογκομετρικού κυλίνδρου, ενώ η πρώτη μέθοδος βασίζεται στην παραδοχή πως με τη βύθιση του αντικειμένου στο υγρό, ο όγκος τόσο του υγρού όσο και του αντικειμένου παραμένει ίδιος και πως «όγκος υγρού + όγκος αντικειμένου = όγκος του συνόλου “υγρό και αντικείμενο”».

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφέρουμε μελέτη των Bosman, Lazzeri και Legitimo (1985), στην οποία, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι οι μαθητές αναγνωρίζουν πως οποιαδήποτε αύξηση του επιπέδου του νερού εξαρτάται μόνο από το όγκο του βυθισμένου αντικειμένου και όχι από άλλα χαρακτηριστικά του, όπως η μάζα, το σχήμα ή το υλικό του, εφάρμοσαν την ακόλουθη διαδικασία (Bosman et al, 1985): αρχικά, η αύξηση της στάθμης του νερού παρατηρήθηκε για ένα μικρό (πρότυπο) κυβικό block, που ήταν βυθισμένο σε νερό σε ογκομετρικό κύλινδρο. Στη συνέχεια, η ίδια αύξηση του επιπέδου του νερού επιτεύχθηκε με τη βύθιση δύο ορθογώνιων blocks, που αποτελούσαν τα μισά του προηγούμενου κυβικού, και διπλάσια αύξηση επιτεύχθηκε από τη βύθιση δύο blocks όμοιων με το αρχικό. Μια ποικιλία από αντικείμενα, διαφόρων σχημάτων, μαζών και υλικών, χρησιμοποιήθηκαν σε παρόμοια πειράματα βύθισης, ώστε να καταδείξουν πως η παρατηρούμενη αύξηση της στάθμης του νερού εξαρτάται μόνο από τον όγκο του βυθισμένου σώματος και όχι από το σχήμα, το μέγεθος ή το υλικό του. Έτσι, οι μαθητές οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι η ίδια αύξηση της στάθμης του νερού, που παρατηρήθηκε για δύο δείγματα, συνέβαινε επειδή αυτά καταλάμβαναν τον ίδιο χώρο στο δοχείο, δηλαδή επειδή ο όγκος τους είναι ίδιος. Η έρευνά τους έδειξε περίπου 60% σωστές απαντήσεις για τους μαθητές ηλικίας 11 ετών και σχεδόν 80% για τους μαθητές ηλικίας 13 ετών, που αποτελεί και την ηλικία των υποκειμένων της παρούσας εργασίας. Για το λόγο αυτό, δε θεωρήθηκε αναγκαία η αναπαραγωγή της παραπάνω διαδικασίας στο εργαστήριο, πριν την διεξαγωγή των ογκομετρήσεων.

Συλλογή υλικού

Η πρώτη εξέταση

Τα υποκείμενα της έρευνας ήταν 42 μαθητές των δύο τμημάτων της Α τάξης, επαρχιακού Γυμνασίου του Νομού Λάρισας, στους οποίους ετέθη το παρακάτω ερώτημα, μεταξύ άλλων κατά την αξιολογική διαδικασία του πρώτου τριμήνου:

«Διαθέτεις έναν ογκομετρικό κύλινδρο, που περιέχει 30ml νερό, και 10 νομίσματα του 1€. (Σχήμα 1)



Σχήμα 1. Ογκομετρικός κύλινδρος με 30ml νερό και 10 ίδια κέρματα του 1€

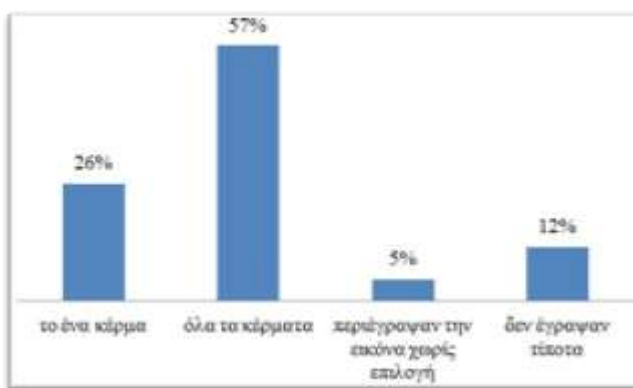
Θέλεις με την ομάδα σου να μετρήσετε τον όγκο του ενός νομίσματος. Κάποιος από την ομάδα προτείνει να κάνετε αυτό που φαίνεται στο πρώτο από τα παρακάτω σχήματα (Σχήμα 2) και κάποιος αυτό που φαίνεται στο δεύτερο.



Σχήμα 2. Προτεινόμενοι τρόποι ογκομέτρησης του ενός νομίσματος.

1. Να αιτιολογήσεις τι από τα δυο θα πρότεινες εσύ να κάνετε.
2. Παρατηρώντας τα σχήματα, πόσος πιστεύεις ότι είναι ο όγκος του ενός νομίσματος; Εξήγησε πώς σκέφτηκες για να απαντήσεις».

Στο πρώτο υποερώτημα, 11 άτομα (ποσοστό 26%) απάντησαν ότι θα ρίξουν ένα κέρμα, 24 (ποσοστό 57%) ότι θα ρίξουν όλα τα κέρματα, 2 (ποσοστό 5%) περιέγραψαν την εικόνα χωρίς να επιλέξουν, ενώ 5 (ποσοστό 12%) άφησαν το ερώτημα κενό (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Απαντήσεις στο πρώτο υποερώτημα.

Οι πιο ενδιαφέρουσες αιτιολογήσεις ήταν:

1. Από τους 11 που επέλεξαν το ένα κέρμα, για τους 9 η αιτιολόγηση ήταν ακριβώς αυτό, ότι μας ζητά τον όγκο του ενός κέρματος, άρα θα βάλουμε το ένα.

2. Από τους 24 που επέλεξαν όλα τα κέρματα:

- οι 12 μίλησαν για μεγαλύτερη ακρίβεια στη μέτρηση (ή μικρότερο σφάλμα).
- οι 4 είπαν μόνο ότι θα τα βάλουμε όλα και μετά θα διαιρέσουμε (δεν είπαν τι) με το πλήθος (δηλαδή επιχείρησαν να περιγράψουν τη διαδικασία, όχι όμως την αιτία για την οποία επιλέγουμε τα περισσότερα).
- οι 4 είπαν ότι θα τα βάλουμε όλα, γιατί θα ανέβει πιο πολύ η στάθμη του νερού (οπότε υποθέτουμε ότι μάλλον πρόσεξαν πως δεν μπορούσαν να διαβάσουν με ακρίβεια τη στάθμη στο πρώτο σχήμα).

Στο δεύτερο υποερώτημα,

3. από τους 11 που επέλεξαν το ένα κέρμα, οι 3 είδαν ότι ανέβηκε η στάθμη κάτι λιγότερο από 1ml, οπότε είπαν χωρίς άλλη αιτιολόγηση ότι ο όγκος του ενός νομίσματος είναι 1 (χωρίς μονάδα ο ένας, 1cm ο δεύτερος, 1ml ο τρίτος). Οι υπόλοιποι δεν απάντησαν ή έδωσαν εντελώς λάθος απαντήσεις.

4. από τους 24 που επέλεξαν όλα τα κέρματα, οι περισσότεροι ή δε χρησιμοποίησαν μονάδα μέτρησης, όταν πήγαν να κάνουν υπολογισμό, ή χρησιμοποίησαν μονάδα μήκους (cm ή mm, αλλά όχι ml), ενώ:

- οι 6 θεώρησαν τον ογκομετρικό κύλινδρο ως χάρακα, «μέτρησαν» με αυτόν το ύψος της στήλης των κερμάτων ίσο με «17cm», και διαίρεσαν με το 10, ενώ ένας ακόμα μέτρησε το ύψος της στήλης με τη μεζούρα που τους είχε δοθεί.

- οι 3 διαίρεσαν το 36 (ένας σε ml, ένας σε cm και ένας σκέτο) με το 10
- οι 3 ανέφεραν διαφορά στη στάθμη κατά «6 γραμμάρια», «6 πόντους» και «6 τις εκατό» (ίσως εννοούσε 6 εκατοστά), αντίστοιχα, χωρίς άλλη πράξη.
- ο ένας, αν και επέλεξε να ρίξει όλα τα κέρματα, εστίασε στο πρώτο σχήμα και είδε ότι «ανέβηκε σχεδόν 1 εκατοστό» η στάθμη, ενώ ένας ακόμα απεφάνθη για «1 εκατοστό», γιατί «δεν είναι ούτε πολύ παχύ ούτε πολύ λεπτό το κέρμα».
- τέλος, οι 4 βρήκαν τον όγκο της στήλης με αφαίρεση, 6ml, 6cm, 6mm και 6 σκέτο, και διαίρεσαν με το 10 (ο ένας διαίρεσε το 10 με το 6 και όχι το 6 με το 10).

Ανάλυση των αποτελεσμάτων

Αυτό που θεωρούμε πως έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην ανάλυση των απαντήσεων της συγκεκριμένης ερώτησης είναι πως οι μαθητές διάβασαν για τον όγκο του νομίσματος και κατάλαβαν για το ύψος (πάχος) του, δηλαδή περιορίστηκαν στη μια διάσταση, αυτή που άλλαζε με την βύθιση του αντικειμένου και που προφανώς τους ήταν πιο εποπτική και λόγω της διδιάστατης εικόνας που δίνονταν, παραβλέποντας τις υπόλοιπες. Έτσι, το 36% περίπου των μαθητών (15/42) εκφράστηκε σε εκατοστά (χωρίς βέβαια να συνειδητοποιούν πόσο παχύ θα ήταν ένα κέρμα με πάχος έστω 1cm), ενώ οι μισοί σχεδόν από αυτούς (6/15) θεώρησαν τον ογκομετρικό κύλινδρο ως χάρακα. Βέβαια, με το σχήμα, που δόθηκε, δεν είχε προβλεφτεί πως θα εκτροχιάζονταν, ούτε και με την τοποθέτηση των νομισμάτων μέσα στον ογκομετρικό κύλινδρο σε στήλη. Διαφορετικά, θα προτιμούσαν παράθεση φωτογραφίας, αντί για σκίτσου, και με τα κέρματα σε σωρό και όχι σε στήλη μέσα στον κύλινδρο. Όμως, το αποτέλεσμα της εξέτασης ανέδειξε προβληματικό περιβάλλον διδασκαλίας ή και εξέτασης, που αξίζει κατά τη γνώμη μας να συζητηθεί.

Η εξουκείωση των μαθητών με τον ογκομετρικό κύλινδρο θεωρήθηκε πως θα ήταν σχετικά εύκολη, χωρίς όμως να ληφθεί υπόψη ο παράγοντας που από ό,τι φάνηκε παίζει ιδιαίτερο ρόλο, ότι δηλαδή η βαθμονόμηση του οργάνου βασίζεται στην αναλογική σχέση μεταξύ όγκου και ύψους, προκειμένου για δοχείο σταθερής διατομής βάσης. Έτσι, η διαδικασία διαίρεσης του ύψους του κυλίνδρου σε ισοϋψή τμήματα, ο πολλαπλασιασμός του ύψους τους νοερώς με το εμβαδόν της βάσης και η αντιστοίχισή τους σε ορισμένη τιμή όγκου μετρημένου σε χιλιοστόλιτρα (ml), αποτελεί μια διαδικασία που φάνηκε ότι παρακάμπτονται οι μαθητές, με αποτέλεσμα να μη διαφοροποιούν μήκος και όγκο. Κατά τη διδασκαλία, δεν προβλέφτηκε η εξέλιξη αυτή, η οποία επισημάνθηκε κατά την αξιολόγηση.

Πέραν από αυτό, εγείρονται δύο ακόμα βασικά θέματα. Το πρώτο αφορά στη χρήση περισσότερων του ενός νομισμάτων, σε μια ήδη δύσκολη στο χειρισμό έννοια, τον όγκο, και το δεύτερο αφορά στην ίδια τη διαδικασία της μέτρησης, καθώς και στη χρήση από τους μαθητές μονάδων μέτρησης.

Όσον αφορά στο πρώτο θέμα, κύριος στόχος και κατά τη διδασκαλία, αλλά και κατά την αξιολόγηση, σχετικά με την προτίμηση στη μέτρηση των πολλών νομισμάτων έναντι του ενός, δεν ήταν να μάθουν ότι με τον τρόπο αυτό μπορούμε να μειώσουμε το σφάλμα στη μέτρηση. Η προτίμηση στη μέτρηση των πολλών για διευκόλυνση (που σημαίνει ταυτόχρονα και καλύτερη ακρίβεια) είχε παρουσιαστεί στην τάξη, σε προγενέστερη άσκηση για τη μέτρηση του μήκους. Αυτό όμως που κυρίως επιδιώχθηκε να μάθουν είναι ότι ανάλογα με τη μέτρηση που θέλουμε να κάνουμε και την ακρίβεια που επιθυμούμε αυτή να έχει, το πρώτο που θα κάνουμε φυσικά είναι να επιλέξουμε το κατάλληλο όργανο, αν έχουμε περιθώρια επιλογής. Αν όμως δεν έχουμε, τότε ή περιοριζόμαστε σε μικρότερη ακρίβεια ή ψάχνουμε να βρούμε τρόπο με τον οποίο θα μπορούσαμε να κάνουμε μια καλύτερη μέτρηση με το όργανο που διαθέτουμε. Δεν είναι το σφάλμα το παν, είναι η ευελιξία να βρούμε τρόπο να μετρήσουμε κάτι με τα όργανα που διαθέτουμε, με μια αποδεκτή ακρίβεια.

Έτσι, αν όσοι απάντησαν «να ρίξουμε ένα κέρμα μέσα» συνέχιζαν λέγοντας πως «ο όγκος του κέρματος είναι περίπου 0,5ml, γιατί βλέπω τη στάθμη να ανεβαίνει περίπου στη μέση από το 30ml και το 31ml», θα λαμβάνονταν η απάντηση ως σωστή. Βέβαια, φαίνεται καθαρά πως η απάντηση αρκετών μαθητών σχετικά με τη χρήση πολλών νομισμάτων, που μπορεί να βελτιώσει την ακρίβεια της μέτρησης, ήταν προϊόν αναπαραγωγής γνώσης διαδικασιών και όχι λειτουργικού χειρισμού της, καθώς κανείς δεν μπήκε στον κόπο να εξηγήσει ακριβώς πως με το ένα κέρμα η στάθμη ανέβηκε λιγότερο από 1ml, που είναι η διακριτική ικανότητα του οργάνου, οπότε η ανάγνωση της τιμής χωρίς αρκετό σφάλμα είναι αδύνατη και περιορίζεται περισσότερο σε εκτίμηση, ενώ με τα πολλά κέρματα η στάθμη ανέβηκε κατά 6ml, που καθιστά την ανάγνωση πιο βέβαιη και κατά συνέπεια πιο ακριβή.

Παρόμοια αποτελέσματα βρίσκουμε και στους Bosman et al (ό.π.) σε πειράματα ογκομέτρησης, όπου ένα αντικείμενο προκαλεί αύξηση της στάθμης του νερού, που είναι πολύ μικρή για να αξιολογηθεί, οπότε προτείνουν τη χρήση ενός αριθμού αυτών, για να μπορεί να επιτευχθεί μια καλύτερη εκτίμηση του όγκου. Η έρευνα έδειξε πως η κατανόηση της τεχνικής χρήσης ενός αριθμού πανομοιότυπων αντικειμένων, σημείωσε ποσοστό επιτυχίας στην περιοχή μόλις του 10%, υποδηλώνοντας ότι η πλειοψηφία των μαθητών βρήκε την προσέγγιση αυτή εννοιολογικά δύσκολη.

Σχετικά δε, με το δεύτερο θέμα που αναδύθηκε, δηλαδή την αδυναμία χειρισμού μονάδων μέτρησης ή τη χρήση λανθασμένων μονάδων, υποθέτουμε ότι αυτή οφείλεται στο ότι έχουν συνηθίσει από τα μαθηματικά τους αριθμούς χωρίς τη συνοδεία μονάδων, ή, ακόμα χειρότερα, στο ότι δεν αντιλαμβάνονται τι είναι η μέτρηση και κατά συνέπεια και η μονάδα μέτρησης, την οποία άλλωστε και εξακολουθούν να μπερδεύουν με το όργανο μέτρησης.

Εναλλακτική δραστηριότητα διερευνητικού ή/και επιβεβαιωτικού χαρακτήρα

Η δεύτερη συλλογή υλικού

Μετά το αρκετά μεγάλο ποσοστό λανθασμένων απαντήσεων στην παραπάνω ερώτηση και τη διαπίστωση πως το μέγεθος «όγκος» δε διαφοροποιείται από το μέγεθος «μήκος», οργανώθηκε και διεξήχθη στο ένα από τα τμήματα της Α τάξης, αλλά και σε ένα της Β' τάξης, το οποίο είχε επίσης διδαχθεί ογκομέτρηση σε αρχικά μαθήματα (στα πλαίσια του ελέγχου αν και κατά πόσο υπάρχει διαφοροποίηση στην αντίληψη της ογκομέτρησης σε σχέση με την ωρίμανση και τις επιπλέον δεξιότητες, που συνεπάγεται η μεγαλύτερη ηλικία), δύο ερωτήσεις, κλιμακούμενης απαίτησης, και ένα διαγνωστικό φύλλο. Η διαδικασία, που ακολουθήθηκε, ήταν η εξής:

Μεταφέρθηκε στην τάξη ένα ορθογώνιο δοχείο με νερό, ένας χάρακας και μια πέτρα (Εικόνα 3) και ζητήθηκε από τους μαθητές να απαντήσουν, όσο πιο αναλυτικά μπορούσαν, στην ερώτηση: «*Διαθέτετε ένα ορθογώνιο δοχείο, που περιέχει νερό μέχρι κάποιο ύψος, έναν χάρακα και μια πέτρα. Προτείνετε τρόπο να μετρήσουμε τον όγκο της πέτρας.*».



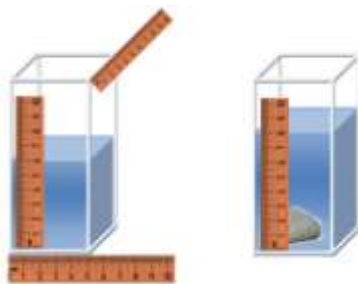
Εικόνα 3. Τα υλικά επί της έδρας

η οποία ζητήθηκε να απαντηθεί ανώνυμα, για να μπορέσουν να εκφραστούν άφοβα.

Στη συνέχεια, δηλώθηκε από το διδάσκοντα ότι θα τους μοιραστεί ένα ακόμη φύλλο με την ίδια ερώτηση, όπου όμως θα δίνεται κάποια βοηθητική εικόνα, ώστε όποιος δεν ήξερε τι να γράψει πριν, να πάρει ιδέες και να γράψει τώρα. Έτσι, τους μοιράστηκε το δεύτερο φύλλο:

«*Μήπως τώρα μπορείς να μου πεις τι πρέπει να κάνω για να βρω τον όγκο της πέτρας; Παρατήρησε την παρακάτω εικόνα, ίσως σε βοηθήσει*» (Σχήμα 3) (η εικόνα ήταν αρκετά μικρή σε μέγεθος, για να μην εστιάσουν στα νούμερα, αλλά στη διαδικασία).

Στη συνέχεια ζητήθηκε από κάποιον να εφαρμόσει ενώπιον της τάξης τον τρόπο που πρότεινε, για να βρούμε τον όγκο της πέτρας. Οι μαθητές που σηκώθηκαν, μέτρησαν με το χάρακα το ύψος του νερού, με και χωρίς την πέτρα, σε εκατοστά, έκαναν αφαίρεση και είπαν ότι το αποτέλεσμα εκφράζει τον όγκο της πέτρας. Στη συνέχεια ακολούθησε συζήτηση και με την καθοδήγηση του διδάσκοντα ολοκληρώθηκε από το σύνολο της τάξης η σωστή διαδικασία ογκομέτρησης της πέτρας. Όλες οι μετρήσεις και οι υπολογισμοί έγιναν μετωπικά από μαθητές και τα αποτελέσματα καταγράφηκαν στον πίνακα.



Σχήμα 3. Η βοηθητική εικόνα του δευτέρου φύλλου

Μετά τη διεξαγωγή της ογκομέτρησης, μοιράστηκε το διαγνωστικό φύλλο, για να διαπιστωθεί τι κατάλαβαν και τι έμεινε από τη διαδικασία και τη συζήτηση, που μόλις είχε προηγηθεί:

«Απάντησε στις ερωτήσεις, που αναφέρονται στην παρακάτω εικόνα, και υπολόγισε τον όγκο της πέτρας (η εικόνα ήταν ίδια με του δευτέρου φύλλου, αλλά πολύ μεγαλύτερη σε μέγεθος για να διευκολύνει στην ανάγνωση των τιμών):

–Πόσο είναι το μήκος του δοχείου;

–Πόσο είναι το πλάτος του δοχείου;

–Πόσο είναι το ύψος του νερού μέσα στο δοχείο, πριν βάλουμε την πέτρα;

–Πόσος είναι ο αρχικός όγκος του νερού;

–Πόσο είναι το νέο ύψος του νερού μέσα στο δοχείο, αφού βάλουμε την πέτρα;

–Πόσος είναι ο τελικός όγκος του νερού;

–Πόσος είναι ο όγκος της πέτρας;

Τα αποτελέσματα ξαφνιάζουν:

1) στο 1ο φύλλο: οι 15 από τους 20 (75%) από το τμήμα της Α Γυμνασίου και οι 17 από τους 19 (90%) από το τμήμα της Β Γυμνασίου απάντησαν πως «θα μετρήσουμε το νερό, πριν βάλουμε την πέτρα και μετά, και θα κάνουμε αφαίρεση. Έτσι θα βρούμε τον όγκο της πέτρας». Στη Β τάξη χρησιμοποιήθηκαν επίσης οι εκφράσεις «θα μετρήσω τη στάθμη του νερού», «το ύψος του νερού», «θα μετρήσω κάθετα το νερό», ενώ στην Α το "κάθετα" αντικαταστάθηκε με το "όρθια". Εδώ, αξίζει επίσης να επισημάνουμε πως οι μαθητές αυτής της ηλικίας δεν είναι σε θέση να περιγράψουν αναλυτικά τα στάδια της σκέψης τους, καθώς αυτή είναι συμπυκνωμένη σε εκφράσεις («θα μετρήσω το νερό», χωρίς να υποδηλώνει τι ακριβώς θα μετρήσει από το νερό, ενώ έχει κατά νου το ύψος της στάθμης), οπότε δεν μπορούν να γράψουν αναλυτικές οδηγίες δράσης. Κατά συνέπεια, δυσκολεύονται και στο να ακολουθήσουν οδηγίες σε πειράματα του στυλ των «συνταγών μαγειρικής», ένα φαινόμενο που συναντάμε συχνά κατά τη διεξαγωγή των εργαστηριακών μαθημάτων.

2) στο 2ο φύλλο: το ποσοστό που απάντησε ότι «θα μετρήσουμε το νερό κ.λπ.» ανέβηκε στο 90% (18/20) για την Α και στο 95% (18/19) για τη Β, ενώ ένας από την Α και δύο από τη Β, βλέποντας τους χάρακες στο σχήμα του δευτέρου φύλλου, πρόσθεσαν ότι «θα μετρήσουμε το ύψος, το μήκος και το πλάτος του δοχείου», αλλά μετά επικεντρώθηκαν στο ύψος του νερού και παρέβλεψαν τα υπόλοιπα (ενώ πρότειναν να τα μετρήσουμε).

3) στο 3ο φύλλο: το εντυπωσιακό είναι ότι, ενώ το τρίτο φύλλο συμπληρώθηκε αφού ολοκληρώθηκε όλη η διαδικασία εύρεσης του όγκου της πέτρας αναλυτικά, μόνο 3 άτομα από την Α και άλλα 3 από τη Β (περίπου το 15% δηλαδή) συμπλήρωσαν σωστά τις ερωτήσεις του φύλλου και υπολόγισαν σωστά τον όγκο της πέτρας του σχήματος. Οι υπόλοιποι συμπλήρωσαν σωστά (με λίγες εξαιρέσεις) τις ερωτήσεις για τις διαστάσεις της ποσότητας του νερού, αλλά στις ερωτήσεις για τον αρχικό και τελικό όγκο του νερού έγραψαν και πάλι μόνο το ύψος του, ενώ για τον όγκο της πέτρας έκαναν αφαίρεση των δύο υψών. Από τα παραπάνω φαίνεται πως επιμένουν να βλέπουν μόνο τη διάσταση που αλλάζει, δηλαδή το ύψος, ενώ τις άλλες εξακολουθούν να τις αγνοούν, να τις κοιτούν δηλαδή χωρίς να τις βλέπουν.

Γενικά συμπεράσματα-Προτάσεις

Στην παραπάνω πορεία διδασκαλία-εξέταση-εναλλακτική διερεύνηση διαπιστώθηκε πως η προηγηθείσα διδασκαλία της μέτρησης του μήκους, αλλά και η προσκόλληση των μαθητών σε παρατήρηση του άμεσα μεταβλητού μεγέθους (του ύψους) και παράβλεψη όσων μένουν σταθερά (του

εμβαδού της βάσης), οδήγησε σε εικόνα «γραμμικού όγκου». Σε αυτό θεωρούμε ότι συνέδραμε η χρήση ογκομετρικού κυλίνδρου, αλλά και ορθογώνιου δοχείου, δηλαδή στερεών σταθερού εμβαδού βάσης, όπου ο όγκος είναι ανάλογος με το ύψος του περιεχόμενου υγρού. Ίσως σε μια μελλοντική διδασκαλία, η χρήση δοχείων μεταβλητού εμβαδού βάσης, π.χ. κωνικής φιάλης, ως δοχείου ενδιάμεσης μετάγγισης, να προτιμηθεί για να καταδείξει τη διατήρηση του όγκου, αλλά και τους λόγους για τους οποίους η εκτίμηση του όγκου ανάγεται στη «βολική» εκτίμηση με μέτρηση μήκους.

Επίσης, θεωρούμε σημαντική για την κατανόηση από τους μαθητές, τη συμμετοχή τους, όπου αυτή είναι εφικτή, στη βαθμονόμηση του οργάνου μέτρησης. Για παράδειγμα, αν είχαν βαθμονομήσει με τιμές όγκου δυο ορθογώνια δοχεία διαφορετικού εμβαδού βάσης, ίσως να είχαν αντιληφθεί ευκολότερα πως η κλίμακά τους διαφέρει και πως δε μετρά μήκος, όπως ο χάρακας, αλλά κάτι άλλο.

Επιπρόσθετα, θεωρούμε, μετά και τα υψηλά ποσοστά λανθασμένων απαντήσεων των μαθητών στο ερώτημα που τους τέθηκε, πως ο δεύτερος από τους «παραδοσιακούς» τρόπους ογκομέτρησης, αυτός δηλαδή με την ογκομέτρηση του υπερχειλίσματος, θα ήταν απλούστερος στη διαχείριση έναντι του πρώτου (με την αφαίρεση των όγκων του υγρού, πριν και μετά τη βύθιση του αντικειμένου), αν και ίσως θα υστερούσε σε ακρίβεια στη μέτρηση. Η ευκολία θα βρισκονταν ουσιαστικά στο γεγονός πως η ανύψωση της στάθμης του υγρού υποβαθμίζεται λόγω της υπερχειλίσσης, με αποτέλεσμα οι μαθητές να μην εστιάζουν εκεί, αλλά να επικεντρώνονται σε άπαξ μέτρηση απευθείας του όγκου του υπερχειλίσματος. Βέβαια, ένα εναλλακτικό ερώτημα σε εξεταστική διαδικασία με ογκομέτρηση υπερχειλίσματος υποθέτουμε ότι θα οδηγούσε μεν σε μικρότερη διασπορά των απαντήσεων και μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας, αλλά δε θα αναδείκνυε τα προβλήματα που εμφανίστηκαν παραπάνω και τα οποία θεωρούνται άκρως ενδιαφέροντα

Τέλος, από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προκύπτει και ένα επιπλέον θέμα, ήδη γνωστό, αλλά δυσεπίλυτο ως φαίνεται, αυτό της αντίληψης των μαθητών περί της ίδιας της διαδικασίας της μέτρησης, αλλά και της χρήσης των μονάδων μέτρησης. Η μη χρήση μονάδων από τους μαθητές, ή η λανθασμένη ή και συγκεκριμένη χρήση τους (αλλά και η δυσκολία μετατροπής μονάδων, σε δευτερεύον επίπεδο), δείχνει την αδυναμία αναγνώρισης της μέτρησης ως διαδικασίας σύγκρισης. Μια προσέγγιση για την άμβλυνση του προβλήματος αυτού θα μπορούσε σε πρώτο επίπεδο να περιλαμβάνει μέτρηση ενός μεγέθους (π.χ. του μήκους ενός θρανίου) με «αντισυμβατικές» μονάδες (που θα αποτελούσαν ταυτόχρονα και τα όργανα μέτρησης, π.χ. παλάμες, μολύβια κ.λπ.), που θα αναδείκνυε μεν την ικανότητα μέτρησης, αλλά θα φανέρωνε και την ανικανότητα συνεννόησης, και σε δεύτερο επίπεδο να εστιάζει στη μέτρηση του ίδιου μεγέθους με χρήση συμβατικών μονάδων και αντίστοιχων οργάνων μέτρησης.

Αναφορές

- Bosman L., Lazzeri F. & Legitimo J. (1985). An Experimental Approach to the concept of density. *European Journal of Science Education*, 7(4), 371-374.
- Fassouloupoulos, G., Kariotoglou, P. & Koumaras, P. (2003). Consistent and Inconsistent Pupils' Reasoning about Intensive Quantities: The case of Density and Pressure. *Research in Science Education*, 33, 71-87.
- Hewson, M. (1986). The Acquisition of Scientific Knowledge: Analysis and Representation of Student Conceptions Concerning Density, *Science Education*, 70(2), 159-170.
- Inhelder, B. & Piaget, J. (1958). *The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescence*. London: Routledge & Kegan.
- Rowell, J. & Dawson, C. (1977). Teaching About Floating and Sinking: An Attempt to Link Cognitive Psychology with Classroom Practice, *Science Education*, 61(2), 245 - 253.
- Θασίτης, Μ., Φασουλόπουλος, Γ. & Καριώτογλου, Π. (2004). Μελέτη της (α)συνέπειας των συλλογισμών των μαθητών: εφαρμογή στην πλεύση-βύθιση των σωμάτων. Στο: Φυσικές Επιστήμες, Διδασκαλία, Μάθηση & Εκπαίδευση, Τόμος Α, (επιμέλεια: Τσελφές, Β., Καριώτογλου, Π., Πατσαδάκης, Μ.). *Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση*, 399-405. Αθήνα.
- Καλκάνης Γ., Γκικοπούλου Ο., Καπότης Ε., Γουσόπουλος Δ., Πατρινόπουλος Μ., Τσάκωνας Π., Δημητριάδης Π., Παπατσιμπα Λ., Μιτζήθρας Κ., Καπόγιαννης Α., Σωτηρόπουλος Δ., Πολίτης Σ., και τα μέλη των συγγραφικών ομάδων των βιβλίων "Φυσικά - Ερευνά και Ανακαλύπτω" της Ε' και Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου. (2013). *Η Φυσική με Πειράματα, Α Γυμνασίον*. ΙΤΥΕ-ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ. Διαθέσιμο στο: <http://ebooks.edu.gr/courses/DSGYM-A120/document/524d532bvass/524d5339vdyh/524d5367ig7e.pdf>
- Κασσέτας Α. (2013α). Ένα κιλό σίδηρο κι ένα κιλό βαμβάκι. Οι έννοιες μάζα και όγκος και η Φυσική στην Α' Γυμνασίου. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 1, 45-51. Ανακτημένο από <http://physcool.web.auth.gr/images/1%20.pdf>

Κασσέτας, Α. (2013b). Διδασκαλία Φυσικής στην Α΄ Γυμνασίου. *Μέτρηση του όγκου ενός υλικού σώματος*. Ανακτημένο από <http://users.sch.gr/kassetas/Agymnasium3-Volume.htm>

Φασουλόπουλος, Γ. & Ξψιμος, Γ. (2006). Διαισθητικές προσεγγίσεις μαθητών με Μαθησιακές Δυσκολίες για φυσικές έννοιες και φαινόμενα (θερμότητα, θερμοκρασία, πυκνότητα & πλεύση). *Πρακτικά του 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου Ε.ΔΙ.Φ.Ε.*, Βόλος.

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Διδασκαλία και κατανόηση της επιστημονικής μεθοδολογίας βάσει πειραματικών δραστηριοτήτων

Μαρία Δεβελάκη
π. Σχολική Σύμβουλος Δ.Ε.
develaki@otenet.gr

Περίληψη

Η εργασία αυτή αποσκοπεί στην αξιοποίηση των σχολικών πειραμάτων για μια πληρέστερη εκπροσώπηση και κατανόηση της επιστημονικής αιτιολόγησης βάσει πειραματικών δεδομένων και στην ανάδειξη των δυνατοτήτων που παρέχουν τα πειράματα για την ενίσχυση της αιτιολογικής και κριτικής ικανότητας των μαθητών. Για την προώθηση των στόχων αυτών προτείνεται η διεξαγωγή πειραμάτων που να εκπροσωπούν τις διάφορες μορφές επαγωγικής και απαγωγικής αιτιολόγησης, και να συνοδεύονται με ρητή διδασκαλία και συζήτηση των επιστημολογικών στοιχείων που παραδειγματοποιεί η κάθε περίπτωση πειράματος. Έμφαση δίνεται στην απαγωγική αιτιολόγηση, η οποία εξετάζεται για τις περιπτώσεις με θετικά, αρνητικά, ή διφορούμενα-ανεπαρκή πειραματικά δεδομένα για την υπόθεση ή το μοντέλο που εξετάζεται, και σε ένα πλαίσιο πιθανών εναλλακτικών υποθέσεων και μοντέλων. Η προσέγγιση αυτή αντανακλά πληρέστερα την επιστημονική αιτιολόγηση βάσει πειραματικών δεδομένων και προωθεί κατά συνέπεια υψηλότερου επιπέδου ικανότητες των μαθητών για κρίση και αιτιολόγηση.

Λέξεις κλειδιά: αιτιολόγηση βάσει πειραματικών δεδομένων, επαγωγική και απαγωγική αιτιολόγηση, επιστημολογικές και παιδαγωγικές διαστάσεις του πειράματος, διδασκαλία της επιστημονικής μεθοδολογίας

Εισαγωγή

Η διδασκαλία της επιστημονικής μεθοδολογίας ενισχύεται συνεχώς στους στόχους των σύγχρονων προγραμμάτων σπουδών, εφόσον η εκπαιδευτική κοινότητα των Φυσικών Επιστημών αναγνωρίζει ότι θα πρέπει να δίνεται έμφαση όχι μόνο στη διδασκαλία και κατανόηση των γνώσεων, αλλά και των μεθόδων της επιστήμης και της φύσης της επιστήμης γενικότερα. (Dewey, 2014; Hodson, 1992; NRC, 1996). Ο όρος 'Φύση της επιστήμης' αφορά τη φύση των επιστημονικών γνώσεων και μεθόδων, καθώς και την κοινωνική-ηθική διάσταση της επιστήμης (π.χ. Glough & Olson, 2008; Zeidler & Sadler, 2008; Lederman, 2007), και η διδασκαλία της συμβάλλει σημαντικά στη νοηματοδότηση της μάθησης των Φυσικών Επιστημών και στην καλλιέργεια του επιστημονικού εγγραμματισμού των μαθητών (NRC, 1996; Bybee, 1997; Develaki, 2012; Lederman, 2014).

Ο έλεγχος και η αναθεώρηση των γνώσεων αποτελεί διακριτικό χαρακτηριστικό της επιστήμης, και το πείραμα παρέχει τις απαραίτητες για το σκοπό αυτό εμπειρικές μαρτυρίες. Ο κεντρικός ρόλος του πειράματος στην επιδίωξη αυτή οδηγεί ωστόσο συχνά σε απλουστευμένες αντιλήψεις για την επιστημονική μεθοδολογία, όπως παραδείγματος χάριν, στο πλαίσιο του Εμπειρισμού και Λογικού εμπειρισμού, ότι η παρατήρηση και το πείραμα αποτελούν (και θα πρέπει να αποτελούν) τη μοναδική πηγή της επιστημονικής γνώσης, ή ότι το πείραμα μπορεί σε κάθε περίπτωση να αποτελεί τον μονοσήμαντο και επαρκή κριτή υποθέσεων και θεωριών. Οι αντιλήψεις αυτές θεωρήθηκαν ανεπαρκείς για την ερμηνεία της πραγματικής επιστημονικής πρακτικής (πχ. Duhem, 1978; Kuhn, 1996; Lakatos, 1974; Giere, 1999), επειδή παραβλέπουν τον ρόλο και άλλων σημαντικών για τη δημιουργία και τον έλεγχο των επιστημονικών γνώσεων παραγόντων (διαίσθηση-δημιουργικότητα, μοντελοποίηση, επιχειρηματολογία, ενδοεπιστημονικές συμβάσεις κ.ά.), καθώς επίσης και την κοινωνική διάσταση της επιστήμης, και αναθεωρήθηκαν και συμπληρώθηκαν στις ιστορικά προσανατολισμένες φιλοσοφικές προσεγγίσεις που ακολούθησαν. Οι προσεγγίσεις αυτές επισημαίνουν ότι ο έλεγχος των επιστημονικών προτάσεων απαιτεί πιο σύνθετες πρακτικές από ό,τι η απλή διεξαγωγή πειραμάτων, οι οποίες απαιτούν σύνθετες στρατηγικές διαλόγου και επιχειρηματολογίας για την ισχύ και την ερμηνεία των πειραματικών αποτελεσμάτων, και επηρεάζονται σημαντικά από τις μεθοδολογικές και κοινωνικές παραδόσεις των αρμόδιων επιστημονικών κοινοτήτων (Grandy & Duschl, 2007).

Η διαμόρφωση και διδασκαλία σωστών-διευρυμένων αντιλήψεων για την επιστημονική μεθοδολογία θεωρείται σημαντική για την καλλιέργεια του επιστημονικού εγγραμματισμού, που σημαίνει, μεταξύ άλλων, την ικανότητα των μαθητών να ερευνούν, να αιτιολογούν, και να κρίνουν με τρόπους ανάλογους με αυτούς της επιστήμης, ικανότητες που θα χρειαστούν για την αντιμετώπιση των απαιτήσεων και των κοινωνικο-επιστημονικών προβλημάτων της εποχής τους (NRC, 1996; Bybee, 1997; Zeidler et al, 2005; Ford, 2008).

Στην εργασία αυτή ενδιαφερόμαστε (α) για τη διεξαγωγή σχολικών πειραμάτων που να καλύπτουν μια πληρέστερη εικόνα της επιστημονικής αιτιολόγησης βάσει πειραματικών δεδομένων, και (β) για την αξιοποίηση των πειραμάτων για ρητή διδασκαλία και συζήτηση μερικών βασικών στοιχείων για την επιστημονική έρευνα και αιτιολόγηση, καθώς η σχετική έρευνα δείχνει ότι η εμπλοκή των μαθητών σε πειραματικές δραστηριότητες δεν επαρκεί συνήθως από μόνη της για την κατανόησή της επιστημονικής μεθοδολογίας (π.χ. Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; McComas, 2008; Clough, 2006).

Προτείνεται η επιλογή και διεξαγωγή ορισμένων πειραμάτων, από αυτά που γίνονται συνήθως στο εργαστήριο ή στους υπολογιστές του σχολείου (ή και η αξιοποίηση πειραματικών δεδομένων από εξωτερικά εργαστήρια), που να εκπροσωπούν τις διάφορες μορφές επαγωγικών και απαγωγικών αιτιολογήσεων, και να συνοδεύονται με μια επιστημολογική προσέγγιση και συζήτηση ως προς τους στόχους και τις δυνατότητες των πειραμάτων (π.χ. ως προς τις αιτιολογικές διαδικασίες ενόψει θετικών, αρνητικών ή αμφισβητούμενων-ανεπαρκών πειραματικών αποτελεσμάτων, ως προς το βαθμό βεβαιότητας των συμπερασμάτων που εξάγονται στην κάθε περίπτωση, κ.ά.).

Στις επόμενες ενότητες δίνουμε ένα επιστημολογικό υπόβαθρο και μερικά παραδείγματα για τις διάφορες μορφές επαγωγικού και απαγωγικού τύπου αιτιολογήσεων που εμπλέκονται στα πειράματα, και για τις αιτιολογικές-κριτικές ικανότητες και τις επιστημολογικές ιδέες που μπορούν να προωθηθούν με την αξιοποίησή τους. Το υπόβαθρο και τα στοιχεία αυτά μπορούν να συμβάλουν στην εκπαίδευση για τη φύση της επιστήμης των μελλοντικών εκπαιδευτικών των Φυσικών Επιστημών και των μαθητών, κυρίως του Λυκείου.

Εστιάζουμε στις περιπτώσεις πειραμάτων απαγωγικής αιτιολόγησης, οι οποίες, όπως θα σχολιάσουμε παρακάτω, δίνουν τη δυνατότητα εμπλοκής των μαθητών σε πιο προχωρημένους τρόπους αιτιολόγησης και επιχειρηματολογίας.

Επιστημολογικές και παιδαγωγικές διαστάσεις του πειράματος

Το πείραμα αποτελεί βασικό στοιχείο της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, τόσο για την διδασκαλία των γνωστικών περιεχομένων όσο και για τη διδασκαλία των επιστημονικών μεθόδων, και βασικό εργαλείο για όλες τις μορφές και τους τρόπους της ερευνητικής/ανακαλυπτικής διδασκαλίας και μάθησης (Κουμαράς, 2015; Mikelskis-Seifert & Rabe, 2007). Το εργαστηριακό πείραμα συμβάλει επιπλέον στην ανάπτυξη των ψυχοκινητικών δεξιοτήτων (χειρισμός συσκευών και πειραματικών διατάξεων, λήψη μετρήσεων) και στην ανάπτυξη της προσωπικότητας και κοινωνικότητας των μαθητών (ακρίβεια, επιμονή, δημιουργικότητα, συνεργασία).

Μερικά τυπικά χαρακτηριστικά του πειράματος είναι η δυνατότητα επανάληψης της πειραματικής διαδικασίας, η απομάκρυνση φυσικών παραγόντων που θα περιέπλεκαν ή θα εμπόδιζαν την έρευνα του συγκεκριμένου στόχου ενός πειράματος, καθώς και η εκτεταμένη επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων (διαχείριση των σφαλμάτων μέτρησης, στατιστική ανάλυση των πειραματικών αποτελεσμάτων, απομάκρυνση 'θορύβου' κ.λπ.). Το πείραμα έχει μακρά παράδοση στην ανάπτυξη μεθόδων προς εξασφάλιση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων του, υπάρχουν παραδείγματα χάριν συγκεκριμένα πειράματα ή και πειραματικές συσκευές που έχουν πίσω τους μια σειρά βελτιώσεων και επιτυχιών, ώστε η χρήση τους να αποτελεί από μόνη της εγγύηση εγκυρότητας για τις πειραματικές έρευνες στις οποίες χρησιμοποιούνται (Hacking, 1984).

Το πείραμα έχει κεντρική θέση, όπως προαναφέραμε, στις αιτιολογικές διαδικασίες για τη δημιουργία και για τον έλεγχο των επιστημονικών γνώσεων. Οι επαγωγικές και οι απαγωγικές διαδικασίες θεωρούνται ως παραδοσιακές μορφές εργασίας και αιτιολόγησης στην επιστήμη. Η επαγωγή, η εξαγωγή δηλαδή γενικών συμπερασμάτων από επιμέρους παρατηρήσεις και εμπειρικά δεδομένα, υποστηρίχθηκε από τον κλασικό εμπειρισμό ως η μόνη διαδικασία που οδηγεί στην πραγματικά επιστημονική γνώση. Από την πλευρά των φιλοσοφικών και ιστορικών αναλύσεων η άποψη αυτή κρίθηκε ωστόσο ανεπαρκής για την ερμηνεία του γνωστικών επιτυχιών της επιστήμης (πχ. στις μη παρατηρήσιμες μακρο- και μικροδιαστάσεις των φαινομένων). Επίσης, η εγκυρότητα των επαγωγικών συμπερασμών είχε ήδη αμφισβητηθεί στο πεδίο της φορμαλιστικής Λογικής, και τελικά η

επαγωγική μέθοδος έγινε αποδεκτή περισσότερο ως μία πρακτικής αξίας μέθοδος εργασίας (Stegmüller, 1971; Hume, 1982; Popper, 1959).

Ενώ οι επαγωγικές αιτιολογικές διαδικασίες αφορούν την εξαγωγή επιστημονικών προτάσεων, οι απαγωγικές αιτιολογικές διαδικασίες σχετίζονται με τον έλεγχο της επιστημονικής γνώσης. Κατά τον Λογικό Εμπειρισμό, ο έλεγχος των επιστημονικών θεωριών βασίζεται στο υποθετικο-απαγωγικό μοντέλο, σύμφωνα με το οποίο οι προγνώσεις που εξάγονται από τις θεωρίες συγκρίνονται με τις παρατηρήσεις και τα εμπειρικά δεδομένα, και το αποτέλεσμα της σύγκρισης αυτής οδηγεί, ανάλογα, στην αποδοχή ή στην απόρριψη της θεωρίας από την οποία έγιναν οι προβλέψεις. Αν και ισχυρή στη Λογική και στα μαθηματικά, η απαγωγική μέθοδος θεωρήθηκε ανεπαρκής για να ερμηνεύσει ικανοποιητικά τη συνθετότητα της κρίσης-επιλογής των εμπειρικών θεωριών. Βάσει ιστορικο-φιλοσοφικών και κοινωνιολογικών αναλύσεων, επισημάνθηκε ότι σε πολλές περιπτώσεις οι επιστήμονες ερμηνεύουν διαφορετικά τα πειραματικά δεδομένα, ανάλογα με το θεωρητικό πλαίσιο μέσα στο οποίο εργάζονται, και ότι εκτός των εμπειρικών και θεωρητικών ελέγχων σημαντικό ρόλο για την κρίση ή την επιλογή θεωριών παίζουν και πρακτικά κριτήρια και ενδο-επιστημονικές συμβάσεις (π.χ. το ερμηνευτικό, ενοποιητικό και προγνωστικό δυναμικό των θεωριών) (Lakatos & Musgrave, 1974; Giere, 1999), αλλά και κοινωνικά-ψυχολογικά κριτήρια (παραδόσεις της επιστημονικής κοινότητας, κοινωνικές δεσμεύσεις, επιδίωξη φήμης, κ.λπ.) (Kuhn, 1974, 1996). Οι σύγχρονες προσεγγίσεις επισημαίνουν ότι η αιτιολόγηση των επιστημονικών προτάσεων γίνεται σε ένα ευρύτερο πλαίσιο σύνθετων στρατηγικών διαλόγου και επιχειρηματολογίας σχετικά με την ισχύ και την ερμηνεία των πειραματικών αποτελεσμάτων, καθώς και την επίδραση που έχουν στην όλη διαδικασία οι μεθοδολογικές και κοινωνικές παραδόσεις των αρμόδιων επιστημονικών κοινοτήτων (Grandy & Dusch, 2007).

Τα σχολικά πειράματα θα πρέπει να αντανakλούν τα βασικά στοιχεία των παραπάνω προσεγγίσεων δίνοντας έτσι τη βάση και τη δυνατότητα για μια πιο ολοκληρωμένη/διευρυμένη διδασκαλία και κατανόηση της επιστημονικής έρευνας και αιτιολόγησης.

Κατ' αναλογία με το πείραμα στην επιστήμη, το σχολικό πείραμα έχει μακρά παράδοση σε μαθησιακές δραστηριότητες που εμπλέκουν επαγωγικές και απαγωγικές αιτιολογήσεις. Στην πρώτη περίπτωση, οι μαθητές ενθαρρύνονται να εξάγουν γενικά συμπεράσματα για κάποιες όψεις του φαινομένου που μελετούν βασισμένοι σε μεμονωμένες παρατηρήσεις και μετρήσεις. Στη δεύτερη περίπτωση, εξετάζουν την ισχύ κάποιων γενικών θεωρητικών αρχών ή μοντέλων, ή δικών τους υποθέσεων, ελέγχοντας πειραματικά την ισχύ των προγνώσεων που προκύπτουν απαγωγικά από αυτές τις υποθέσεις, θεωρίες, ή μοντέλα.

Ένα βασικό κριτήριο για την αποτελεσματική σχεδίαση και αξιοποίηση πειραματικών δραστηριοτήτων, είναι η διάκριση για το εάν το πείραμα αποσκοπεί σε επαγωγικές ή σε απαγωγικές αιτιολογικές διαδικασίες (χωρίς βέβαια να αποκλείεται ο συνδυασμός τους κατά την διεξαγωγή μιας πειραματικής δραστηριότητας). Παρακάτω εξετάζουμε αυτές τις δύο κατευθύνσεις, και δίνουμε αντίστοιχα παραδείγματα και το υπόβαθρο για τη ρητή επιστημολογική διδασκαλία και συζήτηση που θα πρέπει να συνοδεύει τις πειραματικές δραστηριότητες, ώστε να προωθείται ο στόχος της κατανόησης της επιστημονικής μεθοδολογίας. Δίνουμε έμφαση στην απαγωγικού τύπου αιτιολόγηση, η οποία εξετάζεται στο πλαίσιο πιθανών εναλλακτικών προτάσεων και μοντέλων, και για τις περιπτώσεις που τα πειραματικά αποτελέσματα δίνουν θετική, ή αρνητική, ή αμφισβητούμενη-ανεπαρκή μαρτυρία για τις προγνώσεις της υπόθεσης ή του μοντέλου που εξετάζεται. Η διεξαγωγή πειραματικών δραστηριοτήτων στο πλαίσιο αυτό προωθεί υψηλότερου επιπέδου επιχειρηματολογία και διάλογο, και ενισχύει κατ' επέκταση την κριτική ικανότητα και στάση των μαθητών, π.χ. σχετικά με την αποτίμηση και αξιοποίηση των επιστημονικών πληροφοριών που δημοσιεύονται στα μέσα δημόσιας ενημέρωσης, και μπορεί να σχετίζονται με σημαντικά ζητήματα της καθημερινής τους ζωής ή των πολιτισμικών τους ενδιαφερόντων.

Πειράματα και επαγωγική αιτιολόγηση

Η πιο συνηθισμένη και προσιτή, ιδιαίτερα για τις μικρότερες βαθμίδες της εκπαίδευσης, είναι η χρήση των πειραμάτων για επαγωγικού τύπου δραστηριότητες. Στην περίπτωση αυτή, όπως προαναφέραμε, οι μαθητές παρακινούνται να εξάγουν κάποιο γενικό συμπέρασμα για το φαινόμενο που μελετούν και να δικαιολογήσουν ότι η εξαγωγή του στηρίζεται στη γενίκευση των δεδομένων για τις επιμέρους περιπτώσεις που εξέτασαν με το πείραμα (στο εργαστήριο ή στον υπολογιστή).

Οι μαθητές εξάγουν π.χ. το νόμο του Hooke ή τον νόμο της ανάκλασης βάσει σχετικών παρατηρήσεων και μετρήσεων με μερικά ελατήρια ή κάτοπτρα, αντιστοίχως, ή εξετάζουν π.χ. την επίδραση διαφόρων παραγόντων στην τήξη του νερού και από τα αποτελέσματα που παίρνουν για την περίπτωση του νερού μπορεί να οδηγηθούν σε γενικότερα συμπεράσματα για το φαινόμενο, π.χ. ότι η θερμοκρασία τήξης παραμένει, στη γενική περίπτωση, σταθερή. Γενικότερα, πειραματιζόμενοι με ένα ορισμένο σύστημα, ή κάποιες περιπτώσεις συστημάτων, μπορούν να εξάγουν με επαγωγική γενίκευση μερικές ποιοτικές ή και ποσοτικές σχέσεις μεταξύ των μεγεθών (μεταβλητών, παραμέτρων) που ορίστηκαν για την περιγραφή του φαινομένου.

Μερικά από τα πειράματα με επαγωγικού τύπου δραστηριότητες που γίνονται συνήθως στο Λύκειο αφορούν την εξαγωγή μαθηματικών εξισώσεων/μοντέλων, π.χ. για την ευθύγραμμη ομαλή ή την ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση, βάσει πειραματικών μετρήσεων που γίνονται με ορισμένα συστήματα και πειραματικές διατάξεις. Οι επαγωγικού τύπου δραστηριότητες στο Λύκειο μπορούν να εμπλουτιστούν και να αναβαθμιστούν με τη χρήση λογισμικών προσομοίωσης. Οι προσομοιώσεις μπορούν να χρησιμοποιούνται για την επαγωγική εξαγωγή και αιτιολόγηση ειδικότερων καταστάσεων και όψεων ενός φαινομένου, τα βασικά στοιχεία του οποίου έχουν επεξεργαστεί ήδη στη διδασκαλία, όπως π.χ. η εξαγωγή της συνθήκης του συντονισμού στις εξαναγκασμένες ταλαντώσεις. Ο μαθητής μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα πρόγραμμα που έχει σχεδιαστεί για το σκοπό αυτό, και αλλάζοντας τις τιμές της συχνότητας του διεγέρτη να οδηγηθεί, με βάση τα γραφήματα που του δίνει το τρέξιμο του προγράμματος, στη συνθήκη του συντονισμού (ότι το πλάτος της ταλάντωσης γίνεται μέγιστο όταν η συχνότητα του διεγέρτη είναι ίση με την ιδιοσυχνότητα του συστήματος). Μπορεί επίσης να διακρίνει κάποιο σχέδιο για τη σχέση του πλάτους των εξαναγκασμένων ταλαντώσεων με τη συχνότητα διέγερσης, ή και με την τριβή, και γενικότερα να παρακινηθεί να ελέγξει τα συμπεράσματά του και να μελετήσει περαιτέρω το φαινόμενο.

Μερικά επιστημολογικά σημεία σχετικά με την εξαγωγή υποθέσεων και προτάσεων βάσει επαγωγής είναι, όπως προαναφέραμε, ότι τα επαγωγικά συμπεράσματα δεν είναι απολύτως σίγουρα, δεν είναι έγκυρα από την άποψη της αυστηρής φορμαλιστικής λογικής, και ότι η επαγωγική γενίκευση είναι μόνο ένα μέρος των αιτιολογικών διαδικασιών στην επιστήμη. Η επαγωγική γενίκευση οδηγεί και δικαιολογεί βέβαια τη δημιουργία πιθανών υποθέσεων και προτάσεων, αλλά αυτό είναι ένα πρώτο βήμα που ακολουθείται από περαιτέρω θεωρητικούς και εμπειρικούς ελέγχους αυτών των υποθέσεων και προτάσεων, κυρίως μέσω του ελέγχου των προγνώσεών τους.

Πειράματα και απαγωγική αιτιολόγηση

Στα πειράματα με απαγωγικού τύπου διαδικασίες και αιτιολογήσεις ελέγχεται όπως είπαμε η ισχύς γενικών υποθέσεων, αρχών, θεωριών και μοντέλων μέσω των προγνώσεων που δίνουν με απαγωγικούς συλλογισμούς και υπολογισμούς; ελέγχεται δηλαδή κατά πόσο οι προγνώσεις τους συμφωνούν με τους θεωρητικούς περιορισμούς και με τα εμπειρικά δεδομένα (παρατηρήσεις, πειραματικά αποτελέσματα) που υπάρχουν για τα φαινόμενα. Το αποτέλεσμα του ελέγχου των προγνώσεων μπορεί, ανάλογα, να ενισχύει ή να αποδυναμώνει τις υποθέσεις και θεωρίες από τις οποίες προέκυψαν οι προγνώσεις.

Οι σχολικές πειραματικές δραστηριότητες περιέχουν πειράματα με θετικό συνήθως αποτέλεσμα/μαρτυρία για τις προγνώσεις που εξετάζονται. Εάν ωστόσο διδάσκεται μόνο αυτή η περίπτωση, δημιουργεί μια περιορισμένη αντίληψη για τις επιστημονικές διαδικασίες ελέγχου και αιτιολόγησης, επειδή οι μαθητές δεν έχουν έτσι τη δυνατότητα να σκεφτούν και να συζητήσουν, τι σημαίνει και πως συνεχίζεται περαιτέρω ο έλεγχος και οι αιτιολογικές διαδικασίες στις περιπτώσεις που έχουμε αρνητικά, ή ανεπαρκή-διφορούμενα πειραματικά αποτελέσματα. Θα πρέπει δηλαδή μεταξύ των πειραμάτων να υπάρχουν και αυτά που εκπροσωπούν αυτές τις περιπτώσεις και δίνουν τη βάση και το παράδειγμα για μια πληρέστερη συζήτηση και κατανόηση του θέματος των επιστημονικών διαδικασιών ελέγχου και αιτιολόγησης βάσει πειραματικών δεδομένων.

Αναφέρουμε παρακάτω μερικά παραδείγματα απαγωγικής αιτιολόγησης βάσει πειραμάτων που δίνουν θετική, αρνητική, ή ανεπαρκή μαρτυρία για τις προγνώσεις των υποθέσεων και μοντέλων που εξετάζονται, και σχολιάζουμε τα αντίστοιχα επιστημολογικά σημεία για τη συζήτηση που θα πρέπει να συνοδεύει τις πειραματικές δραστηριότητες.

Πειράματα με θετική μαρτυρία (απαγωγική αιτιολόγηση)

Τα σχολικά πειράματα με θετική μαρτυρία αφορούν τον έλεγχο των προγνώσεων καταξιωμένων θεωριών και μοντέλων. Παραδείγματος χάριν, οι μαθητές υπολογίζουν την τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας (g) βάσει της πειραματικής μέτρησης της περιόδου ενός απλού εκκρεμούς και τη συγκρίνουν με την τιμή που υπάρχει στη βιβλιογραφία, ελέγχοντας έτσι πειραματικά την ισχύ της σχέσης μεταξύ της επιτάχυνσης της βαρύτητας και της περιόδου της ταλάντωσης που προβλέπει η νευτώνεια βαρυτική θεωρία. Ή διαπιστώνουν με το πείραμα ότι ο συντελεστής τριβής ενός σώματος ισούται πράγματι με την εφαιπτομένη του κεκλιμένου επιπέδου στο οποίο αρχίζει να ολισθαίνει το σώμα, όπως υπολογίζεται/προβλέπεται από την νευτώνεια μηχανική. Ή διαπιστώνουν πειραματικά το γραμμικό φάσμα των ατόμων του υδρογόνου και το συγκρίνουν με το φάσμα που προβλέπει το μοντέλο του Bohr.

Μερικές επιστημολογικές ιδέες για συζήτηση με τους μαθητές είναι ότι τα συνήθη σχολικά πειράματα αφορούν τον έλεγχο επιστημονικών θεωριών που είναι καταξιωμένες, αλλά ότι υπάρχουν και αρνητικές μαρτυρίες για τις θεωρίες αυτές σε σχέση με άλλα φαινόμενα εκτός του πεδίου της εμβέλειάς τους. Παραδείγματος χάριν, ότι η νευτώνεια βαρυτική θεωρία δεν μπόρεσε να εξηγήσει ορισμένα εμπειρικά δεδομένα για τις τροχιές των πλανητών, τα οποία εξήγησε αργότερα η θεωρία βαρύτητας του Einstein, και η οποία επιπλέον οδήγησε σε νέες προβλέψεις (καμπύλωση του φωτός, βαρυτικά κύματα) και νέα έρευνα και ανακαλύψεις. Ή ότι το πλανητικό μοντέλο του Bohr και μια σειρά παρόμοιων βελτιωμένων μοντέλων που αναπτύχθηκαν εν συνεχεία μπόρεσαν να εξηγήσουν ικανοποιητικά την ακτινοβολία μόνο του πολύ απλού ατόμου του υδρογόνου, ενώ μια πληρέστερη περιγραφή των ατομικών φαινομένων επιτεύχθηκε αργότερα με την Κβαντομηχανική.

Πειράματα με αρνητική ή διαφορούμενη-ανεπαρκή μαρτυρία – Επιλογή μεταξύ εναλλακτικών μοντέλων (απαγωγική αιτιολόγηση)

Δίνουμε τώρα ένα παράδειγμα με απαγωγική αιτιολόγηση ενόψει αρνητικής ή ανεπαρκούς-διαφορούμενης μαρτυρίας, βάσει μοντέλων προσομοίωσης σε υπολογιστή για την πτώση των αλεξίπτωτων. Το παράδειγμα περιγράφει την αιτιολόγηση για την ανάπτυξη και επιλογή μεταξύ εναλλακτικών μοντέλων για την πτώση.

Με βάση το εμπειρικό δεδομένο ότι ένα αλεξίπτωτο (σε αντίθεση με το μοντέλο της ελεύθερης πτώσης) αποκτά κατά την πτώση του οριακή ταχύτητα περίπου 5 m/s, μια λογική υπόθεση θα ήταν ότι το γεγονός αυτό οφείλεται στην αντίσταση του αέρα (F_f) που αρχικά μειώνει την επιτάχυνση του αλεξίπτωτου και τελικά τη μηδενίζει. (Η συνισταμένη δύναμη F που ασκείται στο αλεξίπτωτο: $F = m \cdot g - F_f$) Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να ορίσει τις αρχικές συνθήκες και παραμέτρους του μοντέλου του και να υιοθετήσει κάποια υποθετική εξίσωση/νόμο για την αντίσταση του αέρα, ώστε να τρέξει στη συνέχεια την προσομοίωση και να δει πού οδηγούν οι υποθέσεις του αυτές.

Έστω ότι μία πρώτη υπόθεση είναι ότι η αντίσταση του αέρα είναι σταθερή κατά τη διάρκεια της πτώσης του αλεξίπτωτου ($F_f = \text{σταθερή} = B$). Στην περίπτωση αυτή, για οποιαδήποτε τιμή του B , από την προσομοίωση προκύπτει ότι το αλεξίπτωτο δεν αποκτά οριακή ταχύτητα, έχουμε δηλαδή αρνητική μαρτυρία για την πρόγνωση αυτού του μοντέλου (Σχήμα 1(α): $F_f = B$, $F = m \cdot g - B$).

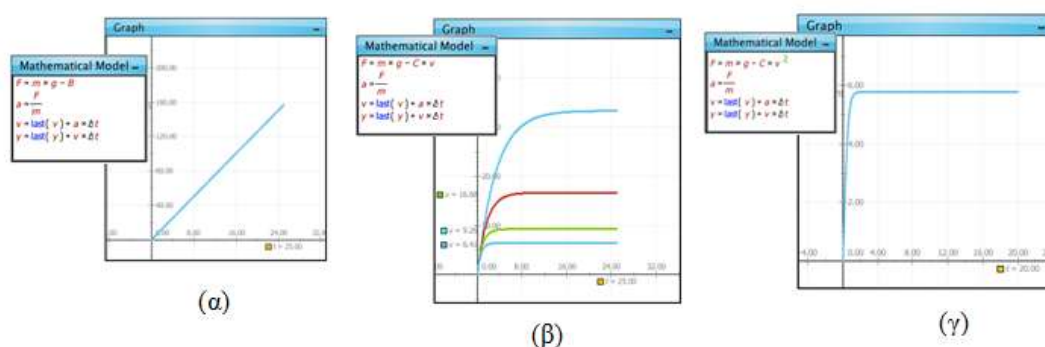
Μια άλλη πιθανή υπόθεση τότε θα μπορούσε να είναι ότι η τριβή εξαρτάται από την ταχύτητα του αλεξίπτωτου. Για παράδειγμα θα μπορούσε να είναι ανάλογη της ταχύτητας του αλεξίπτωτου (Σχήμα 1(β): $F_f = C \cdot v$, $F = m \cdot g - C \cdot v$) ή να είναι ανάλογη του τετραγώνου της ταχύτητας (Σχήμα 1(β): $F_f = C \cdot v^2$, $F = m \cdot g - C \cdot v^2$), ενώ θα μπορούσε να έχει και οποιαδήποτε άλλη σχέση. (Για λόγους απλότητας και εστίασης στον εκπαιδευτικό στόχο του παραδείγματος, η σταθερά αναλογίας C μπορεί να θεωρηθεί ότι συμπεριλαμβάνει όλους τους παράγοντες, εκτός της αντίστασης του αέρα, που επηρεάζουν το φαινόμενο (πυκνότητα και συντελεστής τριβής του αέρα, διατομή και σχήμα του αλεξίπτωτου).

Στην περίπτωση που η αντίσταση είναι ανάλογη της ταχύτητας, από την προσομοίωση προκύπτει ότι το αλεξίπτωτο αποκτά οριακή ταχύτητα, αλλά η τιμή της είναι π.χ. 16 m/s όταν $C=25$. Ο χρήστης της προσομοίωσης μπορεί ωστόσο να την τρέξει για διαφορετικές τιμές του C και να πετύχει με το μοντέλο του μία πρόβλεψη για μια αποδεκτή οριακή ταχύτητα, π.χ. με $C=130$ προκύπτει οριακή ταχύτητα περίπου 6 m/s (Σχήμα 1(β)). Ωστόσο δεν θα πρέπει να βιαστεί στην απόφασή του για την καταλληλότητα του μοντέλου και της υπόθεσης ότι η αντίσταση είναι ανάλογη της ταχύτητας. Όπως προαναφέραμε, η καταλληλότητα του μοντέλου θα πρέπει να κρίνεται σε σύγκριση με άλλα πιθανά εναλλακτικά μοντέλα, να εξετάζεται δηλαδή εάν υπάρχουν και άλλα πιθανά μοντέλα που δίνουν την

ίδια πρόβλεψη (εδώ την οριακή ταχύτητα περίπου των 5 m/s περίπου). Εάν δεν υπάρχουν, ενισχύεται το εξεταζόμενο μοντέλο, ενώ αποδυναμώνεται εάν υπάρχουν και άλλα πιθανά μοντέλα με την ίδια πρόβλεψη, και η επιλογή μεταξύ τους γίνεται συνθετότερη.

Πράγματι, με την υπόθεση ότι η αντίσταση μπορεί να είναι ανάλογη του τετραγώνου της ταχύτητας, το πρόγραμμα δίνει και σε αυτή την περίπτωση, με $C=25$, οριακή ταχύτητα για το αλεξίπτωτο 5 m/s (Σχήμα 1(γ)). Τα δεδομένα αυτά, δεν είναι επαρκή/κρίσιμα για την επιλογή μεταξύ των δύο εναλλακτικών μοντέλων, επειδή και τα δύο μπορούν να προβλέψουν την οριακή ταχύτητα των περίπου 5 m/s και χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση του θέματος, π.χ. ένας φοιτητής θα μπορούσε να διερωτηθεί για το ρόλο του συντελεστή C και να ανατρέξει στις θεωρίες που ασχολούνται με το θέμα (πτώση αλεξίπτωτου, τριβή για την κίνηση σωμάτων σε ρευστά).

Το σημαντικό από εκπαιδευτικής άποψης είναι να αποκτήσει ο μαθητής μία αίσθηση για το πότε μπορούμε, ή δεν μπορούμε, να έχουμε μια πιο στέρεα βάση για κρίση και λήψη απόφασης.



Σχήμα 1. Προσομοιώσεις για την πτώση αλεξίπτωτου με το Modellus. (α): $F_{fr} = \text{σταθερή} = B$. (β): $F_{fr} = Cv$. (γ): $F_{fr} = Cv^2$. (Αρχικές συνθήκες και παράμετροι: $m=85 \text{ kg}$, $g=9.81 \text{ m/s}^2$, $y_0=0$, $v_0=0$)

Μερικά επιστημολογικά σημεία που θα πρέπει να συζητηθούν με τους μαθητές είναι ότι η συμφωνία της πρόβλεψης του μοντέλου με τα εμπειρικά δεδομένα δίνει ισχυρή μαρτυρία/ένδειξη υπέρ του μοντέλου, μόνο εάν τα άλλα πιθανά μοντέλα είναι απίθανο να δώσουν την ίδια πρόβλεψη. Και γενικότερα, ότι και στις δύο περιπτώσεις που φαίνεται να υπάρχει, ή να μην υπάρχει συμφωνία μεταξύ των προβλέψεων του μοντέλου και των εμπειρικών δεδομένων (θετική ή αρνητική μαρτυρία αντίστοιχα), η απόφαση, κυρίως του μη ειδικού, για την εγκυρότητα του εξεταζόμενου μοντέλου δεν μπορεί να είναι απόλυτη: το κατά πόσο ικανοποιητική είναι η συμφωνία αποφασίζεται κάθε φορά από τους επιστήμονες/ειδικούς (π.χ. ανάλογα με τις απαιτήσεις ακρίβειας μιας συγκεκριμένης μελέτης), ενώ η ασυμφωνία μεταξύ της πρόβλεψης του μοντέλου και των εμπειρικών δεδομένων μπορεί να οφείλεται όχι στο ότι το μοντέλο είναι λανθασμένο, αλλά σε διάφορους άλλους παράγοντες (λανθασμένες πειραματικές διαδικασίες, λανθασμένη εξαγωγή των προγνώσεων κ.ά.) (Giere, 2001).

Είναι επίσης σημαντικό να συζητηθεί το ζήτημα της κρίσης και λήψης απόφασης στις περιπτώσεις που τα διαθέσιμα δεδομένα είναι αμφίβολα ή ανεπαρκή για την κρίση ή επιλογή κάποιου μοντέλου (όπως για την επιλογή μεταξύ των μοντέλων 1(β) και 1(γ) στο παραπάνω παράδειγμα). Οι επιστήμονες αντιμετωπίζουν συχνά τέτοιες καταστάσεις στην ερευνητική τους εργασία και στηρίζονται τότε και σε άλλα πιο πραγματιστικά κριτήρια, ή και στην επιστημονική τους διαίσθηση. Η περίπτωση αυτή δίνει τη δυνατότητα επέκτασης της συζήτησης του θέματος, όσον αφορά π.χ. τη λήψη απόφασης σχετικά με επιστημονικές πληροφορίες και προτάσεις που δημοσιεύονται και αφορούν την προσωπική και κοινωνική ζωή των μαθητών, του μη ειδικού γενικότερα, και για τις οποίες δεν υπάρχουν σαφείς και επαρκείς εμπειρικές αποδείξεις.

Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή εστίασαμε στις δυνατότητες που παρέχουν τα σχολικά πειράματα για την ενίσχυση των αιτιολογικών ικανοτήτων των μαθητών και για τη διδασκαλία και κατανόηση της επιστημονικής μεθοδολογίας, συγκεκριμένα εδώ της επιστημονικής αιτιολόγησης βάσει πειραματικών δεδομένων. Η προώθηση των παραπάνω στόχων προϋποθέτει τη διεξαγωγή ορισμένων πειραμάτων τα

οποία αφενός εμπλέκουν τις βασικές μορφές αιτιολόγησης, και αφετέρου συνοδεύονται με ρητή διδασκαλία και συζήτηση για την επιστημονική μεθοδολογία.

Εξετάσαμε τις επαγωγικές και τις απαγωγικές διαδικασίες αιτιολόγησης που παραδοσιακά εμπλέκονται στα σχολικά πειράματα, δίνοντας αντίστοιχα παραδείγματα και ένα υπόβαθρο για τη ρητή διδασκαλία και συζήτηση της επιστημολογικής τους προσέγγισης. Εστιάσαμε στην περίπτωση της απαγωγικής αιτιολόγησης, η οποία εξετάζεται διευρυμένα, εξετάζεται δηλαδή στο πλαίσιο πιθανών εναλλακτικών υποθέσεων και μοντέλων, και διακρίνεται στις περιπτώσεις κρίσης-ελέγχου ενόψει θετικής, αρνητικής ή ανεπαρκούς μαρτυρίας των πειραματικών αποτελεσμάτων για τις υποθέσεις και τα μοντέλα που εξετάζονται. Τέτοιες πειραματικές δραστηριότητες δίνουν τη δυνατότητα να ασκηθούν οι μαθητές με πιο στέρεους τρόπους αιτιολόγησης και λήψης αποφάσεων, και να αποκτήσουν κατ' επέκταση μια πιο κριτική στάση και ικανότητα αποτίμησης όσον αφορά π.χ. την αξιοπιστία επιστημονικών πληροφοριών και μοντέλων που παρουσιάζονται στα δημόσια μέσα ενημέρωσης και μπορεί να αφορούν σημαντικά θέματα της προσωπικής και κοινωνικής τους ζωής, ή τα γενικότερα πνευματικά τους ενδιαφέροντα (υγεία, τεχνολογικά ρίσκα, κοσμοαντιλήψεις). Αναδεικνύουν επίσης και τις περιπτώσεις όπου τα διαθέσιμα δεδομένα είναι διφορούμενα ή ανεπαρκή για μονοσήμαντα συμπεράσματα, και οι επιστήμονες χρειάζεται να διευρύνουν τότε τις στρατηγικές και τα κριτήρια αποτίμησης για να αποφασίσουν, ενώ η αντίληψη που συχνά επικρατεί στη διδασκαλία είναι ότι η μεθοδολογία των εμπειρικών επιστημών διέπεται από αδιαμφισβήτητες αποδείξεις και κατηγορηματικές αποφάσεις.

Για την αξιοποίηση των πειραμάτων για την κατανόηση της επιστημονικής αιτιολόγησης, προτείναμε να επιλεγεί ένα αντιπροσωπευτικό πείραμα για την κάθε περίπτωση αιτιολόγησης, δηλαδή για την επαγωγική αιτιολόγηση και για τις διάφορες περιπτώσεις απαγωγικής αιτιολόγησης (με θετική, αρνητική ή ανεπαρκή μαρτυρία), τα οποία θα χρησιμοποιηθούν ως βάση για ρητή διδασκαλία και συζήτηση σχετικά με το ρόλο (τις δυνατότητες αλλά και τους περιορισμούς) του πειράματος για τον έλεγχο και την αιτιολόγηση των επιστημονικών γνώσεων.

Η ρητή διδασκαλία και συζήτηση με τους μαθητές για τις επιστημονικές μεθόδους προϋποθέτει βέβαια ένα επαρκές επιστημολογικό υπόβαθρο από την πλευρά του εκπαιδευτικού ώστε να προωθούνται σωστές και αποδεκτές στη διεθνή εκπαιδευτική κοινότητα αντιλήψεις για τη φύση της επιστήμης. Δεδομένων των ελλείψεων που υπάρχουν στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών σχετικά με τη φύση της επιστήμης και τη διδασκαλία της, πιστεύουμε ότι ο σχεδιασμός διδακτικών ενοτήτων με πειραματικές δραστηριότητες και υλικό στο πνεύμα που περιγράψαμε μπορεί να διευκολύνει σημαντικά την αξιοποίηση των σχολικών πειραμάτων για μία αποτελεσματική διδασκαλία και κατανόηση της φύσης της επιστήμης.

Αναφορές

- Bybee, R. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Heilmann: Portsmouth.
- Clough, M. P. & Olson, J.K. (2008). Teaching and assessing the nature of science: An introduction. *Science & Education* 17 (2-3), 143-14.
- Clough, M. P. (2006). Learners' responses to the demands of conceptual change: Considerations for effective nature of science instruction. *Science & Education*, 15(5), 463-494.
- Develaki, M. (2012). Integrating Scientific methods and Knowledge into the Teaching of Newton' Theory of Gravitation: An Instructional Sequence for Teachers' and Students' Nature of Science Education. *Science & Education*, 21(6), 853-879.
- Dewey, J. (2014). Οι Φυσικές Επιστήμες ως περιεχόμενο και ως μέθοδος. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 1, 11-18.
- Duhem, P. (1978). *Ziel und Struktur der phusikalischen theorien*. Hamburg: Meiner.
- Ford, M. (2008). 'Grasp of Practice' as a Reasoning Recourse for Inquiry and Nature of Science Understanding. *Science & Education*, 17(2-3), 147-177.
- Giere, R. N. (1999). *Science Without Laws*. Chicago, London: University of Chicago Press.
- Giere, R.N. (2001). A new Framework for teaching Scientific Reasoning. *Argumentation* 15, 21-33. Cluwer Academic Publishers.
- Grandy, R.E. & Duschl, R.A. (2007). Reconsidering the Character and the Role of Inquiry in School science: Analysis of a Conference. *Science & Education* 16, 141-166.
- Hacking, I. (1983). *Representing and Intervening: Introductory topics in the Philosophy of Science*. New York: Kluwer.
- Hodson, D. (1992). 'In Search of a Meaningful Relationship: An Exploration of Some Issues Relating to Integration in Science and Science Education'. *International Journal of Science Education*, 14, 541-562.

- Hume, D. (1982). Eine Untersuchung ueber den menschlichen Verstand, Stuttgart.
- Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry oriented instruction on sixth graders views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551–578.
- Kuhn, T. S. (1974). Logik der Forschung oder Psychologie der wissenschaftlichen Arbeit. In I. Lakatos and A. Musgrave (Eds.), *Kritik und Erkenntnisfortschritt* (pp. 1-23). Vieweg, Braunschweig.
- Kuhn, T. S. (1996). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press (1st edition 1962).
- Lakatos, I. & Musgrave, A. (Eds.), *Kritik und Erkenntnisfortschritt* (pp. 1-23). Vieweg, Braunschweig.
- Lederman, N. G., Antink, A. & Bartos, S. (2014). Nature of Science, Scientific Inquiry, and Socio-Scientific Issues Arising from Genetics: A Pathway to Developing a Scientifically Literate Citizenry. *Science & Education*, 23(2), 285–302.
- Lederman, N.G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- McComas, W. F. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science & Education*, 17(2–3), 249–263.
- Mikelskis-Seifert, S. & Rabe, T. (2007). *Physik. Methodik (Handbuch für die Sekundarstufe I und II)*. Cornelse.
- NRC (National Research Council) (1996): *National science education standards*. Washington, DC: National academy Press.
- Popper K. R. (1959). *The logic of scientific discovery*. London: Hutchinson
- Stegmüller, W. (1971). Das Problem der Induktion: Humes Herausforderung und moderne Antworten. In Lenk, H. (Ed.), *Neue Aspekte der Wissenschaftstheorie* (pp. (13-74). Braunschweig.
- Zeidler, D.L. & Sadler, T.D. (2008). Social and ethical issues in science: A prelude to action. *Science & Education*, 17 (8-9), 799-803.
- Zeidler, D.L., Sadler, T.D., Simmons, M.L. & Howes E.V. (2005). Beyond STS: A Research-Based Framework for Socioscientific Issues Education'. *Science Education* 89(3), 357-377.
- Κουμαράς, Π. (2015). Η φυσική δεν είναι μόνο εννοιολογικό περιεχόμενο, είναι επίσης μεθοδολογία λύσης (καθημερινών) προβλημάτων και στάση ζωής. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 6, 19-28.

Workshops A

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Βιωματικό εργαστήριο: πειράματα από απόσταση

Νικόλαος Δίντσιος

Φυσικός, Υπ. Διδάκτορας Τμ. Φυσικής Α.Π.Θ.
nikos.dintsios@gmail.com

Σταματία Αρτέμη

Υπ. Διδάκτορας Τμ. Φυσικής Α.Π.Θ.
stamart84@gmail.com

Γεώργιος Γιαννέλος

Φυσικός, Γυμνάσιο Γυναικόκαστρου Κιλκίς
georyann@yahoo.gr

Αλέξανδρος Ντόζης

Φυσικός, 1ο ΓΕΛ Νεάπολης Θεσσαλονίκης
ilektroniod@yahoo.gr

Περίληψη

Στη παρούσα εργασία – βιωματική άσκηση προτείνουμε 11 διαφορετικά πειράματα τα οποία μπορούν να διενεργηθούν από απόσταση. Οκτώ από τα πειράματα αυτά αναφέρονται στην ενότητα του ηλεκτρισμού και πιο συγκεκριμένα σε γραμμικά και μη γραμμικά κυκλώματα συνεχούς ρεύματος, καθώς και σε γραμμικά κυκλώματα εναλλασσομένου ρεύματος. Δύο πειράματα αναφέρονται στην ενότητα της οπτικής και στη διάδοση του φωτός σε δύο διαφορετικά οπτικά μέσα. Τέλος ένα πείραμα αφορά στον προσδιορισμό της σταθεράς του Planck με χρήση LED.

Εισαγωγή

Αποτελεί εδώ και χρόνια αδιαμφισβήτητο γεγονός ότι η πειραματική ενασχόληση κατά την διδασκαλία της Φυσικής είναι απαραίτητη. Όπως αναφέρει και ο Trumper (2006) είναι δύσκολο να εφαρμόζουμε την επιστήμη ή να μαθαίνουμε γι αυτήν χωρίς την εργαστηριακή άσκηση.

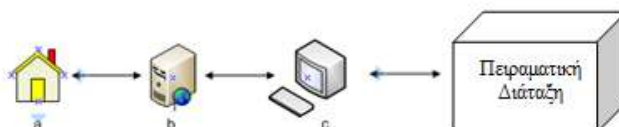
Σήμερα κάποιος μπορεί να εκτελέσει πειράματα χρησιμοποιώντας τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις:

- πραγματικά πειράματα
- προσομοιώσεις
- πραγματικά πειράματα από απόσταση

Όπως αναφέρουν οι Aktan et al. (1996) τα πραγματικά πειράματα από απόσταση είναι το δεύτερο καλύτερο από το να είσαι εκεί.

Εργαστηριακή Άσκηση από απόσταση

Όλες οι εργαστηριακές ασκήσεις που εκτελούνται από απόσταση βασίζονται στην λογική της Εικόνας 1. Ο χρήστης από τον προσωπικό του υπολογιστή (tablet, smart phone) συνδέεται με έναν server, στη συνέχεια παρεμβάλλεται ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής, οποίος οδηγεί στην πειραματική διάταξη.



Εικόνα 1. Η αλληλουχία των συσκευών για την επίτευξη πειράματος από απόσταση

Πείραμα 1: Μέτρηση σταθεράς Planck

Για την διεξαγωγή του πειράματος υπολογισμού της σταθεράς του Planck απαιτούνται:

- ένα ή δύο LED (διαφορετικού χρώματος)
- πολύμετρο
- Arduino
- κάμερα
- ιστοσελίδα επικοινωνίας χρήστη πειραματικής διάταξης

Η σταθερά του Planck μπορεί να προσεγγιστεί πειραματικά με τη βοήθεια ενός LED κάνοντας χρήση της σχέσης

$$e \cdot V_{\text{κατ}} = h \cdot f$$

Η ιστοσελίδα μέσω της οποίας ο χρήστης θα διενεργήσει το πείραμα είναι αυτή της Εικόνας 2.

Διαδίκτυακό εργαστήριο ηλεκτρικών κυκλωμάτων

Αρχική Εισαγωγή Πείραμα Φύλλο εργασίας Εργασίες σε Συνέδρια Επικοινωνία

Γεια σου, πικος.

Αποσύνδεση

ΠΕΙΡΑΜΑ 3 : LED ΚΟΚΚΙΝΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Όπως βλέπετε και από την κάμερα, η συγκεκριμένη πειραματική διάταξη αποτελείται από LED ερυθρού χρώματος μία αντίσταση 220 Ω και ένα αμπερόμετρο το οποίο μετράει την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος (σε mA).

Αριστερά υπάρχει και η σχηματική του απεικόνιση.

Μπορείτε να αλλάξετε τις τιμές της τάσης στο παρακάτω πεδίο και με την βοήθεια της κάμερας να δείτε το πείραμα να συμβαίνει σε πραγματικό χρόνο.

Το κόκκινο λαμπάκι στο αριστερό τμήμα της πειραματικής διάταξης δηλώνει το πείραμα το οποίο εκτελείται (και δεν συμμετέχει στα κύκλωμα).

[Παρακάτω μην ξεχάσετε να συμπληρώσετε το ερωτηματολόγιο:](#)

“Έχεις 5”?”

Τιμή Τάσης (0 - 4.12V):

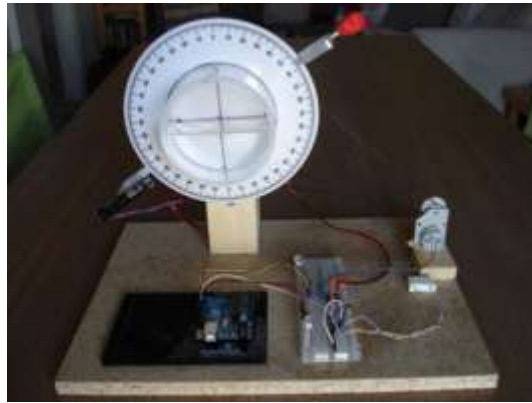
0.00 mA

09/06/2022 - 17:05

Εικόνα 2. Τελική ιστοσελίδα διενέργειας του πειράματος

Πείραμα 2: Μελέτη του φαινομένου ανάκλασης /διάθλασης

Η πειραματική διάταξη αποτελείται από ένα τροχό, στον οποίο έχει προσαρμοστεί κατάλληλα το λέιζερ αντιδιαμετρικά από την ακίδα ένδειξης της γωνίας πρόσπτωσης. Μπροστά από τον τροχό έχει τοποθετηθεί ένας γωνιομετρικός δίσκος και πάνω σ' αυτόν έχει κολληθεί κεντρικά διαφανές δοχείο στο οποίο τοποθετείται το υγρό μέσο (νερό, οινόπνευμα, παραφίνη κλπ.). Η κίνηση στον τροχό μεταδίδεται από ένα κινητήρα DC μέσω μάντα. Η σύνδεση με τον υπολογιστή και ο έλεγχος γίνεται μέσω της πλακέτας Arduino (Εικόνα 3).



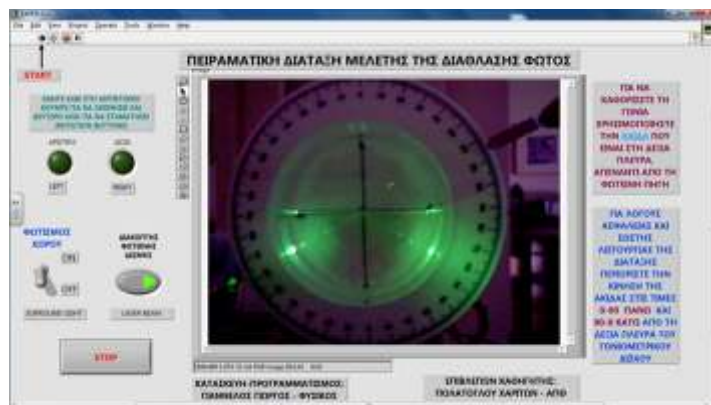
Εικόνα 3. Διάταξη για τη μελέτη ανάκλασης και διάθλασης

Προτεινόμενα πειράματα

- Επαλήθευση του νόμου του Snell
- Μέτρηση του δείκτη διάθλασης υγρού

Η πειραματική διαδικασία

- Ο χρήστης συνδέεται με τον απομακρυσμένο υπολογιστή ελέγχου της πειραματικής διάταξης μέσω TeamViewer (Εικόνα 4).



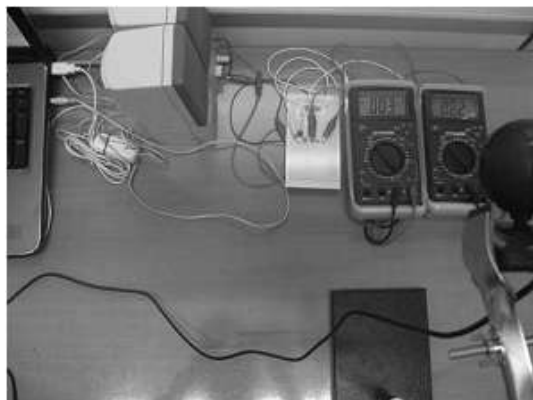
Εικόνα 4. Παράθυρο διεπαφής με το χρήστη (front panel)

- Στη συνέχεια εκτελεί το αντίστοιχο πρόγραμμα σε LabView και ανοίγεται μπροστά του το παράθυρο διεπαφής από όπου μπορεί να ελέγξει τη συσκευή.
- Κάνοντας κλικ στα αντίστοιχα κουμπιά περιστρέφει το λείζερ στην επιθυμητή γωνία πρόσπτωσης.
- Μέσω web κάμερας βλέπει σε πραγματικό χρόνο τη διάταξη και παρατηρεί τη γωνία διάθλασης, της οριακή (κρίσιμη) γωνία για την ολική ανάκλαση κλπ.
- Συμπληρώνει τα φύλλα εργασίας και εξάγει τα αποτελέσματα.

Πείραμα 3: Μελέτη ηλεκτρικής εμπέδησης και ηθμών RC

Η πειραματική διάταξη αποτελείται από (Εικόνα 5):

- ένα κύκλωμα που περιλαμβάνει αντιστάτη και πυκνωτή συνδεδεμένα σε σειρά
- όργανα μέτρησης της τάσης στα άκρα του αντιστάτη και του πυκνωτή
- διάταξη ενίσχυσης της εναλλασσόμενης τάσης που παράγεται από τον υπολογιστή που ελέγχει τη διάταξη.



Εικόνα 5. Η διάταξη

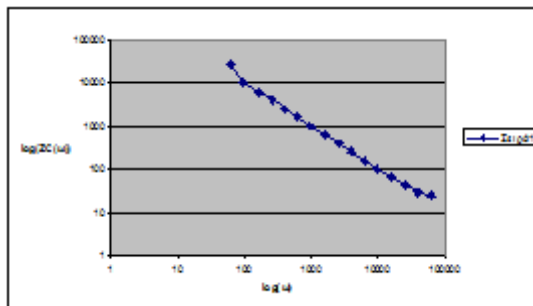
Προτεινόμενα πειράματα

- Πειραματική επιβεβαίωση της εξάρτησης της εμπέδησης του πυκνωτή από τη συχνότητα. Υπολογισμός της χωρητικότητας του πυκνωτή.
- Χαμηλοπερατό παθητικό φίλτρο (ηθμός) RC με έξοδο στον πυκνωτή.
- Υψηλοπερατό παθητικό φίλτρο (ηθμός) RC με έξοδο στον αντιστάτη.

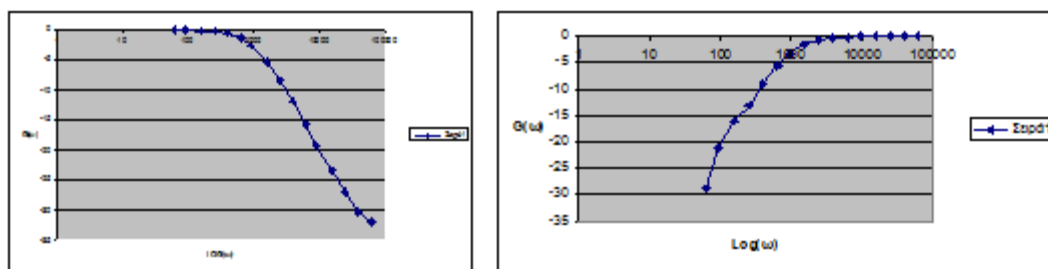
Η πειραματική διαδικασία

- Ο χρήστης συνδέεται με τον απομακρυσμένο υπολογιστή ελέγχου της πειραματικής διάταξης μέσω TeamViewer.
- Καλεί μέσω Firefox το HTML αρχείο ελέγχου της διάταξης.
- Από το αρχείο ελέγχου επιλέγει κατάλληλες συχνότητες και τροφοδοτεί την πειραματική διάταξη.
- Μέσω μίας Web κάμερας λαμβάνει τις μετρήσεις των οργάνων μέτρησης.
- Συμπληρώνει τα φύλλα εργασίας και εξάγει τα αποτελέσματα.

Ενδεικτικά πειραματικά αποτελέσματα



Εικόνα 6. Μεταβολή της εμπέδησης του πυκνωτή σε συνάρτηση με τη γωνιακή συχνότητα.



Εικόνα 7. Διαγράμματα Bode του 2ου και 3ου προτεινόμενου πειράματος

Αναφορές

- Aktan, B., Bohus, C. A., Crowl, L. A., & Shor, M. H. (1996). Distance learning applied to control engineering laboratories. *Education, IEEE Transactions on*, 39(3), 320-326.
- Trumper, R. (2003). The physics laboratory—a historical overview and future perspectives. *Science & Education*, 12(7), 645-670.

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Πείραμα συντονισμού με σύστημα ελατηρίων

Νικόλαος Ιωάννου

Φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Πιερίας
inininin72@yahoo.gr

Θεόδωρος Σταυρίδης

Φυσικός, 5ο Γυμνάσιο Κατερίνης - Ε.Κ.Φ.Ε. Πιερίας
tstavridis@sch.gr

Παναγιώτης Βελκόπουλος

Φυσικός, 4ο Γυμνάσιο Κατερίνης
pvelkoroulos@gmail.com

Περίληψη

Σ' αυτήν την εργασία θα παρουσιάσουμε τον τρόπο με τον οποίο μπορούμε να μελετήσουμε το πείραμα του συντονισμού συστήματος ελατηρίων με διεγέρτη ηλεκτρικό κατσαβίδι. Στη μελέτη για την λήψη των μετρήσεων χρησιμοποιούμε φωτοπύλες.

Εισαγωγή

Το πείραμα αυτό αναφέρεται στην εξαναγκασμένη ταλάντωση, που διδάσκεται στη Φυσική Γ' Λυκείου θετικών σπουδών. Το πείραμα θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί στο εργαστήριο του σχολείου α) ως πείραμα επίδειξης με προβολή βίντεο, β) ως πείραμα ποιοτικό απλά να φανεί ο συντονισμός και γ) με λήψη μετρήσεων με την βοήθεια φωτοπυλών και επεξεργασία τους.

Οι στόχοι του πειράματος είναι οι εξής:

Να κατανοήσουν οι μαθητές τι είναι πλαστική παραμόρφωση και τι ελαστική παραμόρφωση και να εξοικειωθούν με την κατασκευή ελατηρίου. Ακολουθώντας να εφαρμόσουν το νόμο του Hook και να υπολογίσουν την σταθερά του ελατηρίου καθώς και την σταθερά συστήματος ελατηρίων.

Να κατανοήσουν οι μαθητές τις έννοιες, σταθερά ελατηρίου, διεγέρτης, ταλαντωτής, ιδιοσυχνότητα, ιδιοπερίοδος, πλάτος ταλάντωσης, εξαναγκασμένη ταλάντωση, ελεύθερη ταλάντωση, φθίνουσα ταλάντωση, συντονισμός και να αναγνωρίσουν πειραματικά τις προϋποθέσεις υπό τις οποίες το πλάτος της εξαναγκασμένης ταλάντωσης γίνεται μέγιστο.

Να υπολογίσουν το k του συστήματος των ελατηρίων και να εξασκηθούν στον σχεδιασμό γραφικών παραστάσεων.

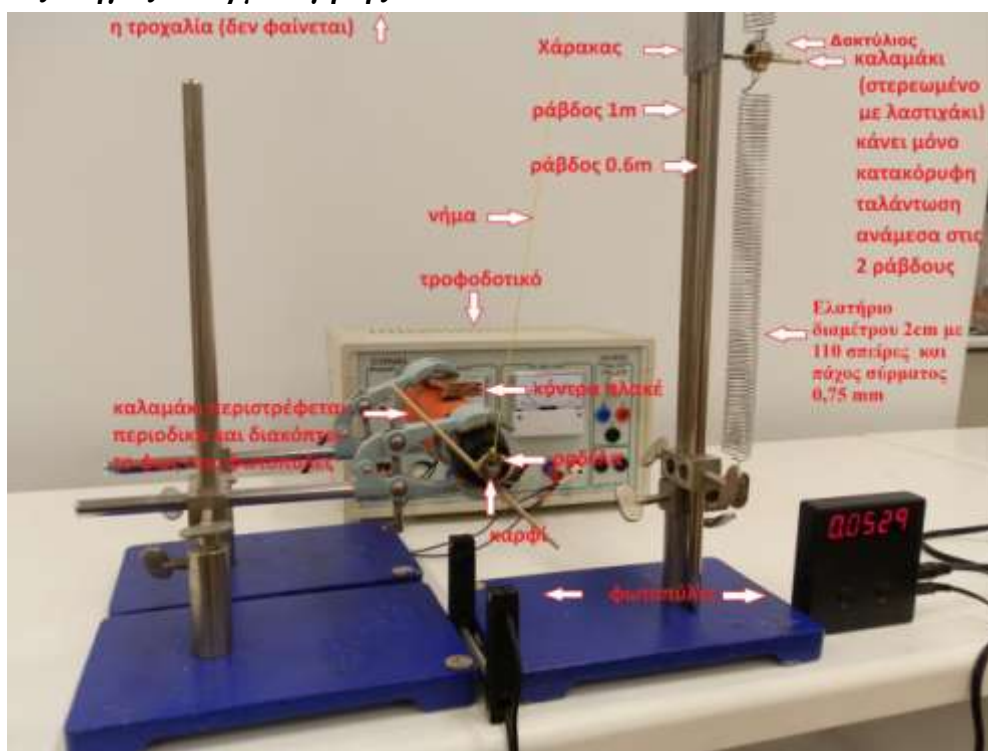
Η πειραματική διάταξη

Υλικά

- Βάσεις χυτοσιδήρου ΓΕ.010.0 (τεμ. 3)
- Ράβδος μεταλλική 0,30 m ΓΕ.030.1 (τεμ. 2)
- Ράβδος μεταλλική 0,60 m ΓΕ.030.2 (τεμ. 1)
- Σύνδεσμος απλός ΓΕ.020.0 (τεμ. 4)
- Τροχαλία ΜΣ.080.0 (τεμ. 1) και ένα καρφί να την στηρίζει
- μια μάζα 15-50gr η οποία ανάμεσα στα ελατήρια.
- Ελατήριο ΜΣ.020.0 διαμέτρου σύρματος 0,25 mm, διαμέτρου σπείρας 12 mm, με 15 σπείρες (τεμ. 2)
- Δακτύλιος ΓΕ.075.0 μάζας 15g (τεμ. 1)
- Τροφοδοτικό εργαστηρίου ΗΛ.625.0 τάσης 0-20 V (τεμ. 1)
- Ηλεκτρικό κατσαβίδι (τεμ. 1) με αλκαλικές μπαταρίες. Στη θήκη του θα προστεθούν δύο λεπτά καλώδια με μπανάνα για να παίρνει ρεύμα από το τροφοδοτικό.
- Χαρτόνι διαστάσεων 11 mm x 80 mm (τεμ. 2)

- Ροδέλα εσωτερικής διαμέτρου 4 mm και εξωτερικής 12 mm (τεμ. 1)
- Καρφί πάχους 3 mm και μήκους 20 mm κομμένο και σφιγμένο στη μύτη του κατσαβιδιού με σφικτήρα σωλήνα ή χαρτοταινία.
- Λαβίδα μεταλλική ΓΕ.045.0 (τεμ. 2)
- Νήμα (ψαρόνημα) μήκους 70 cm
- Χαρτοταινία
- ένα κομμάτι κόντρα πλακέ 2 cm X 6 cm περίπου με πρόσθετο κομματάκι το οποίο θα πιέζει το κατσαβίδι για συνεχή λειτουργία ή να κάνουμε κάτι άλλο ώστε το κατσαβίδι να λειτουργεί συνεχώς.
- δύο καλαμάκια περίπου 6-10 cm το καθένα. Το ένα στην άκρη του κατσαβιδιού για να δίνει εντολή στη φωτοπύλη και το άλλο στη μάζα που ταλαντώνεται για να διαβάσουμε τις ενδείξεις στον χάρακα.
- Φωτοπύλη P/N 1236 (τεμ. 1)

Συνοπτικές οδηγίες συναρμολόγησης



Εικόνα 1. Η πειραματική διάταξη

Με τη βοήθεια των μεταλλικών λαβίδων και των ράβδων στηρίζουμε το ηλεκτρικό κατσαβίδι (Εικόνα 1). Το ηλεκτρικό κατσαβίδι παίρνει ενέργεια από ένα τροφοδοτικό. Προσαρμόζουμε έκκεντρα με την βοήθεια ενός σφικτήρα σωλήνα στην μύτη του κατσαβιδιού ένα καρφί. Στην άκρη ενός νήματος δένουμε μια ροδέλα και την άλλη άκρη του νήματος την δένουμε στο σύστημα ελατηρίων μέσω μιας τροχαλίας η οποία στηρίζεται στο άνω άκρο των δυο ράβδων.

Το σύστημα ελατηρίων αποτελείται από δύο ελατήρια που στη μέση έχουν μια μάζα. Το άλλο άκρο του συστήματος ελατηρίων στερεώνεται σ' ένα σφικτήρα που είναι στη βάση των δυο κατακόρυφων ράβδων.

Στην μύτη του κατσαβιδιού και στην μάζα που ταλαντώνεται προσαρμόζουμε από ένα καλαμάκι. Τα καλαμάκια όταν το πρώτο περιστρέφεται και το δεύτερο ταλαντώνεται μπορούν να δώσουν εντολή στον αισθητήρα των φωτοπυλών και να μετρήσουμε τη συχνότητα περιστροφής του κατσαβιδιού (διεγέρτη) και τη ιδιοπερίοδο ταλάντωσης του συστήματος των ελατηρίων.

Εκτέλεση

Αρχικά απομακρύνουμε την μάζα από την θέση ισορροπίας και με την βοήθεια της φωτοπύλης μετράμε την ιδιοπερίοδο και υπολογίζουμε την ιδιοσυχνότητα του συστήματος.

Γνωρίζουμε τη μάζα m και το $k = k_1 + k_2$ του συστήματος. Από την σχέση

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

υπολογίζουμε την ιδιοσυχνότητα του συστήματος και την συγκρίνουμε με την ιδιοσυχνότητα που μας δίνουν οι φωτοπύλες.

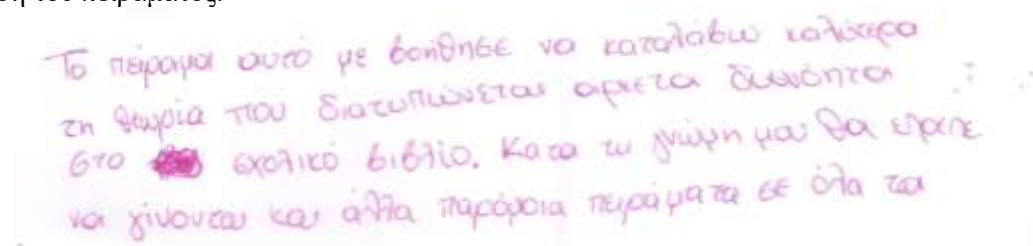
Στην συνέχεια τροφοδοτούμε τον διεγέρτη με χαμηλή τάση και προοδευτικά την αυξάνουμε. Παρατηρούμε ότι καθώς αυξάνουμε την συχνότητα, το πλάτος της ταλάντωσης αυξάνεται. Όταν η συχνότητα του διεγέρτη εξισωθεί με την ιδιοσυχνότητα του συστήματος τότε το πλάτος ταλάντωσης της μάζας που βρίσκεται ανάμεσα στα ελατήρια μεγιστοποιείται. Όταν η συχνότητα του διεγέρτη ξεπεράσει την ιδιοσυχνότητα του συστήματος το πλάτος ταλάντωσης της μάζας μειώνεται.

Συμπέρασμα

Μετά την λήψη και την επεξεργασία των μετρήσεων μπορούμε να συμπεράνουμε ότι: σε ένα σύστημα που διεγείρεται, το πλάτος της ταλάντωσης του συστήματος γίνεται μέγιστο όταν η συχνότητα του διεγέρτη εξισωθεί με την ιδιοσυχνότητα του συστήματος.

Αξιολόγηση –Αποτίμηση

Το πείραμα παρουσιάστηκε με επίδειξη σε 100 περίπου μαθητές και εκπαιδευτικούς. Παραθέτουμε στην Εικόνα 2 μερικές επισημάνσεις μαθητών από τα σημειώματα που μας έγραψαν μετά από την εκτέλεση του πειράματος.



Εικόνα 2. Η άποψη των μαθητών

Γενική εκτίμηση είναι ότι το πείραμα:

α) Έχει μεγάλη εκπαιδευτική προστιθέμενη αξία. Με τη βοήθεια του πειράματος μπόρεσαν οι μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα την θεωρία. Έτσι έννοιες που είναι σχετικές με το συντονισμό γίνονται προσιτές στους μαθητές. Το πείραμα το παρακολούθησαν με ενδιαφέρον οι μαθητές που δίνουν εξετάσεις. Άρα έχει προεκτάσεις και στις γενικές εξετάσεις πράγμα πολύ σημαντικό αφού γνωρίζουμε ότι στην Γ΄ Λυκείου αυτό είναι το κυρίως ζητούμενο.

β) Θα πρέπει να μπει στη διδακτέα ύλη (έτσι το διατυπώνουν), ένας καθηγητής θα έλεγε να μπει στα υποχρεωτικά πειράματα.

Το video που αναπριστά το πείραμα είναι αναρτημένο στη διεύθυνση:

<https://www.youtube.com/watch?v=Cgh08JCjOJY>

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Φθίνουσα μηχανική ταλάντωση

Βασίλης Νούσης

Φυσικός, Υπ. Ε.Κ.Φ.Ε. Θεσπρωτίας
ekfethesp@sch.gr

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αφορά την πειραματική διερεύνηση των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών της φθίνουσας μηχανικής ταλάντωσης. Για την καταγραφή των φθινουσών ταλαντώσεων χρησιμοποιείται το σύστημα συγχρονικής λήψης Multilog και ο αισθητήρας δύναμης. Η πειραματική διαδικασία έχει σχεδιαστεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί σε διερευνητικού στυλ διδασκαλία.

Λέξεις κλειδιά: Φθίνουσα ταλάντωση, Multilog, διερευνητική διδασκαλία

Εισαγωγή

Στο εγχειρίδιο Φυσικής της Γ' Λυκείου (Ιωάννου κ.ά., 2012, σ. 19), αλλά και σε διάφορα συγγράματα Γενικής Φυσικής (Serway & Vuille, 2012; Walker, 2010) αξιωματικά διατυπώνονται ποιοτικά και ποσοτικά συμπεράσματα σχετικά με τις φθίνουσες μηχανικές ταλαντώσεις συστήματος στο οποίο η δύναμη που αντιτίθεται στην κίνηση έχει μέτρο ανάλογο της ταχύτητας, όταν δηλαδή ισχύει $F_{\alpha} = -b \cdot v$:

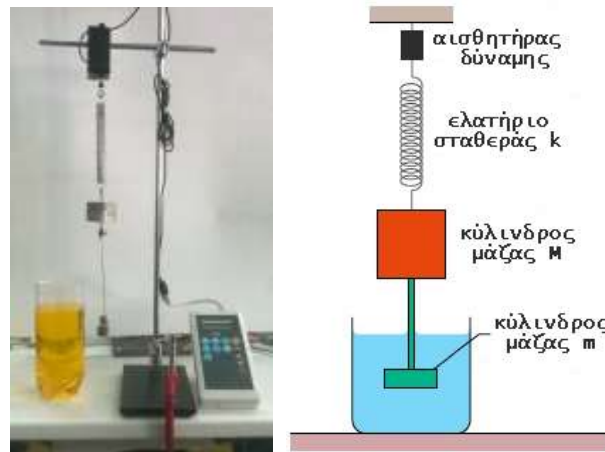
1. Η περίοδος για ορισμένη τιμή της σταθεράς απόσβεσης b , διατηρείται σταθερή και ανεξάρτητη από το πλάτος. Όταν η σταθερά b μεγαλώνει το πλάτος της ταλάντωσης μειώνεται πιο γρήγορα και η περίοδος παρουσιάζει μικρή αύξηση.
2. Σε ακραίες περιπτώσεις στις οποίες η σταθερά απόσβεσης παίρνει πολύ μεγάλες τιμές, η κίνηση γίνεται απεριοδική, δηλαδή ο ταλαντωτής επιστρέφει στη θέση ισορροπίας χωρίς ποτέ να την υπερβεί.
3. Το πλάτος της ταλάντωσης μειώνεται εκθετικά με το χρόνο, δηλαδή: $A = A_0 \cdot e^{-\Lambda t}$. Η σταθερά Λ εξαρτάται από τη σταθερά απόσβεσης και τη μάζα του ταλαντούμενου σώματος.

Με τη βοήθεια του συστήματος συγχρονικής λήψης και απεικόνισης Multilog και του συνοδευτικού λογισμικού Multilab με τα οποία είναι εφοδιασμένα τα εργαστήρια Φυσικών επιστημών των Λυκείων της χώρας είναι εύκολο οι μαθητές πειραματικά να οδηγηθούν στα συμπεράσματα αυτά. Στα θετικά στοιχεία αυτής της προσέγγισης πρέπει να αναφερθούν:

- Το γεγονός ότι αποτελεί ολοκληρωμένη πρόταση πειραματικής διδασκαλίας της φθίνουσας μηχανικής ταλάντωσης, θέμα για το οποίο δεν προβλέπεται σχετική άσκηση στον αντίστοιχο εργαστηριακό οδηγό.
- Οι πολλαπλές αναπαραστάσεις του φαινομένου λόγω της χρήσης του Multilog, και μάλιστα σε ρυθμό δειγματοληψίας απολύτως ικανοποιητικό τόσο για την ποιότητα της γραφικής αναπαράσταση του φαινομένου, όσο και για την ακρίβεια των μετρήσεων.

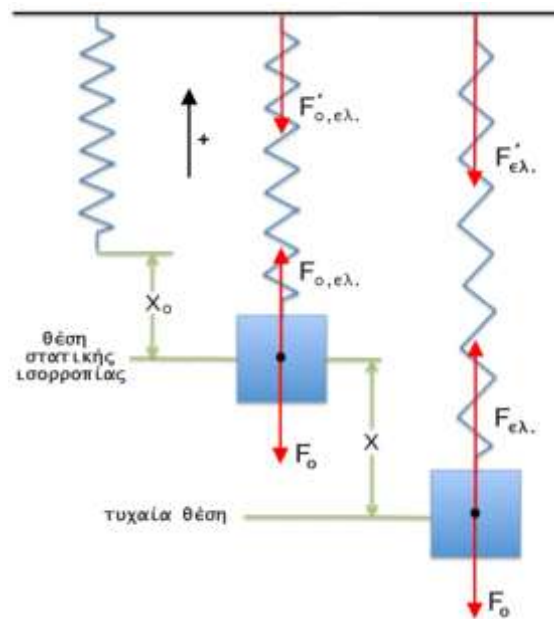
Πειραματική διάταξη - Θεωρητική ανάλυση

Δύο μεταλλικοί κύλινδροι με μάζες $M = 500 \text{ g}$ και $m = 50 \text{ g}$ αντίστοιχα συνδέονται μεταξύ τους με χοντρό χάλκινο σύρμα, ώστε να μπορούν να κινούνται ως συσσωμάτωμα. Το σύστημα των δύο κυλίνδρων συνδέεται στο κάτω άκρο κατακόρυφου ελατηρίου σταθεράς $k = 33 \text{ N/m}$ (πειραματικά μετρημένη). Το άλλο άκρο του ελατηρίου συνδέεται στον ακλόνητα στερεωμένο αισθητήρα δύναμης του Multilog (Εικόνα 1). Κατ' αυτό τον τρόπο το Multilog καταγράφει τη δύναμη του ελατηρίου καθώς το σύστημα ταλαντώνεται είτε ευρισκόμενο εξ ολοκλήρου στον αέρα, είτε με τον μικρότερο κύλινδρο βυθισμένο σε κάποιο ρευστό, ώστε να μεταβάλλονται οι δυνάμεις απόσβεσης.



Εικόνα 11. Φωτογραφία και σχηματική αναπαράσταση της πειραματικής διάταξης

Ας σημειωθεί πως θα ήταν απλούστερη η πειραματική διαδικασία αν χρησιμοποιούσαμε τον αισθητήρα απόστασης στα πειράματά μας. Προτιμήθηκε ο αισθητήρας δύναμης αφενός για την ευκολία στη συναρμολόγηση της πειραματικής διάταξης, και αφετέρου γιατί επιτρέπει δειγματοληψία με ρυθμό μεγαλύτερο των 50 Hz που αποτελεί το όριο για τον αισθητήρα απόστασης (Fourier Systems, σ. 173). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μικρότερα σφάλματα κατά τη μέτρηση του χρόνου. Για απεικόνιση σε πραγματικό χρόνο και δειγματοληψία στα 100 Hz, η διακριτική ικανότητα του Multilog είναι $\Delta t = (1/f) = 0,01 \text{ s}$, που οδηγεί σε αβεβαιότητα $\pm 0,005 \text{ s}$ στη μέτρηση χρόνου. Βεβαίως το σφάλμα στη μέτρηση του χρόνου επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες, όπως για παράδειγμα η ακρίβεια της συχνότητας χρονισμού του μικροελεγκτή που χρησιμοποιεί το Multilog.



Εικόνα 12. Το σύστημα σώμα - ελατήριο

Στο σχήμα της Εικόνας (2) το σύστημα σώμα – ελατήριο φαίνεται στη θέση ισορροπίας του και σε μια τυχαία θέση. Από τη συνθήκη ισορροπίας παίρνουμε: $F_o = -F_{o,ελ.}$ και με $x_o < 0$ προκύπτει:

$$F_o = k \cdot x_o \quad (1)$$

Στην εξίσωση (1) με F_o συμβολίσαμε τη συνισταμένη όλων των άλλων σταθερών κατά τη διάρκεια της κίνησης δυνάμεων (π.χ. βάρος, άνωση) που δρουν στο σύστημα. Προφανώς στη θέση στατικής ισορροπίας η ανάλογη της ταχύτητας αντίσταση του ρευστού δεν υφίσταται.

Στην τυχαία θέση ισχύει: $F_{ελ.} = -k \cdot (x_o + x)$, και τελικά από τη σχέση (1), παίρνουμε:

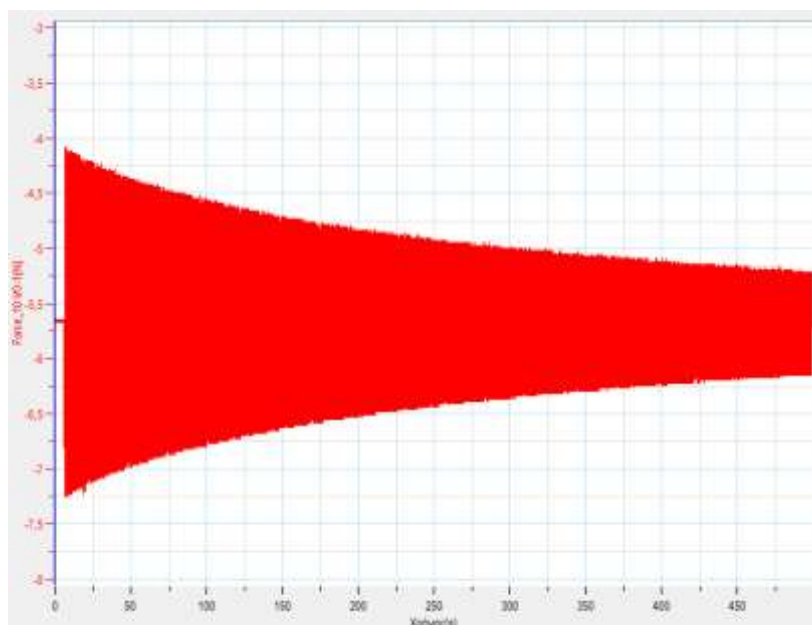
$$F_{ελ.} = -F_o - k \cdot x \quad (2)$$

Από τη σχέση (2) συμπεραίνουμε πως η απομάκρυνση της φθίνουσας ταλάντωσης και η δύναμη του ελατηρίου μεταβάλλονται με την ίδια περίοδο. Όμως ο αισθητήρας δύναμης μετράει τη δύναμη που του ασκεί το ελατήριο με το πάνω άκρο του, δηλ. την $F'_{o,ελ.}$ στη θέση ισορροπίας και την $F'_{ελ.}$ στην τυχαία θέση. Λαμβάνοντας υπόψη και τις φορές των δυνάμεων, από την εξίσωση (2) παίρνουμε: $kx = F'_{ελ.} - F'_{o,ελ.}$, μέσω της οποίας υπολογίζεται το πλάτος της ταλάντωσης ως:

$$A = \left| \frac{F'_{ελ..max} - F'_{o,ελ.}}{k} \right| = \left| \frac{F'_{ελ..min} - F'_{o,ελ.}}{k} \right| \quad (3)$$

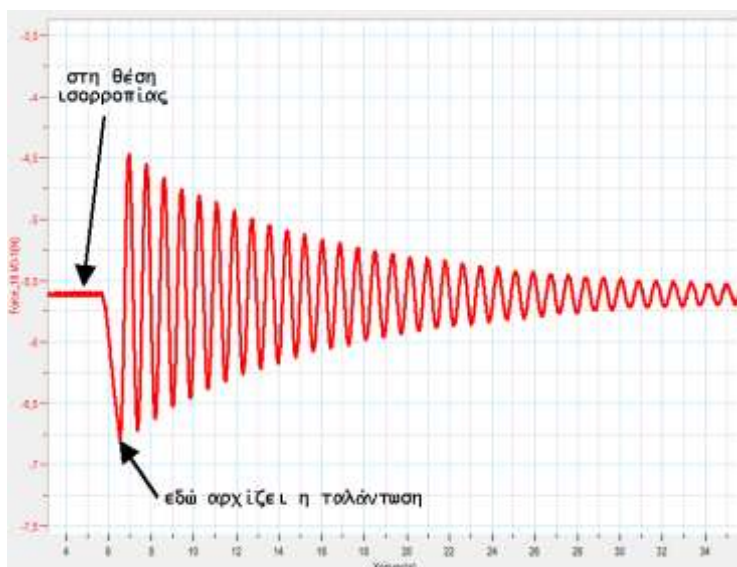
Τα πειράματα

Αρχικά το σύστημα των δύο συνδεδεμένων κυλίνδρων αφήνεται να ταλαντωθεί στον αέρα. Στον αισθητήρα δύναμης επιλέγεται η κλίμακα $\pm 10N$, ενώ στο συνοδευτικό του Multilog λογισμικό Multilab επιλέγεται ο αισθητήρας Force_10, ο ρυθμός δειγματοληψίας στις 100 μετρήσεις ανά δευτερόλεπτο και ο χρόνος δειγματοληψίας στα 17:40 λεπτά:δευτερόλεπτα. Με τις ρυθμίσεις αυτές δεν καταγράφεται το φαινόμενο σε όλη του τη διάρκεια, καθώς το Multilog μπορεί να καταγράψει μόνο 50.000 μετρήσεις ανά πείραμα (δηλαδή μόνο 8:20 λεπτά:δευτερόλεπτα με ρυθμό 100 Hz).



Εικόνα 13. Οι μετρήσεις του Multilog με το σύστημα να ταλαντώνεται στον αέρα

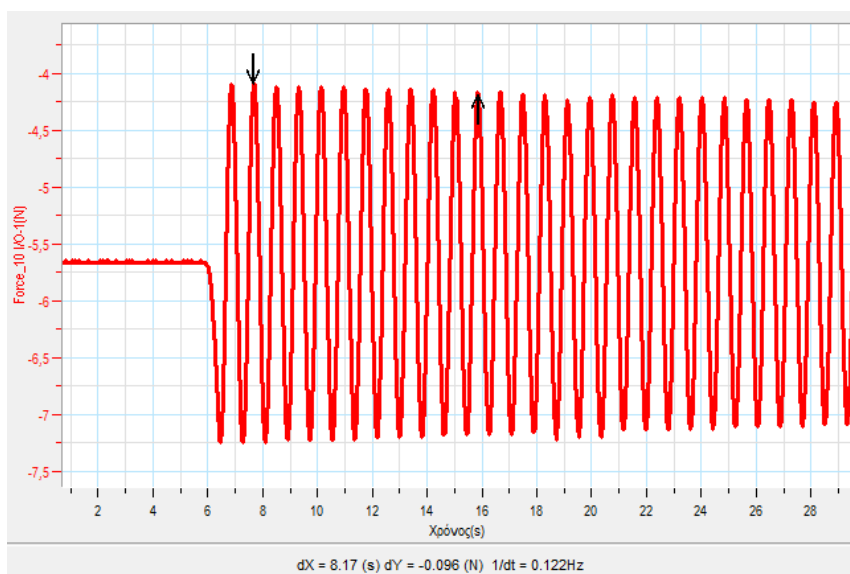
Έπειτα καταγράφονται οι ταλαντώσεις του συστήματος με το μικρότερο κύλινδρο (μάζας 50 g) πλήρως βυθισμένο καθ' όλη τη διάρκεια της κίνησης, αρχικά σε νερό, μετά σε λάδι και τέλος σε παχύρευστο υγρό απορρυπαντικό, ώστε να μεταβάλλεται η σταθερά απόσβεσης των ταλαντώσεων του συστήματος ($b_{αέρα} < b_{νερού} < b_{λαδιού} < b_{απορ.}$). Στις περιπτώσεις αυτές χειροκίνητα σταματάμε τη δειγματοληψία μόλις το σύστημα επανέλθει σε ισορροπία. Σε κάθε περίπτωση η καταγραφή αρχίζει με το σύστημα σε ηρεμία, ώστε να καταγράφεται και η τιμή της δύναμης του ελατηρίου στη θέση ισορροπίας.



Εικόνα 14. Οι μετρήσεις του Multilog με το μικρότερο κύλινδρο πλήρως βυθισμένο σε λάδι

Ανάλυση των πειραματικών δεδομένων

1. Για ορισμένη τιμή της σταθεράς απόσβεσης η περίοδος των φθινουσών ταλαντώσεων διατηρείται σταθερή και ανεξάρτητη από το πλάτος



Εικόνα 15. Μέτρηση περιόδου στο Multilab

Στο πρώτο πείραμα όπου καταγράφηκε η ταλάντωση του συστήματος στον αέρα με τη βοήθεια των δύο δεικτών του Multilab που μπορούν να μετακινούνται επί της γραφικής παράστασης, μετρήθηκε ο χρόνος Δt για N πλήρεις ταλαντώσεις σε πέντε διαφορετικές φάσεις της ταλάντωσης που αντιστοιχούν σε διαφορετικό μέσο πλάτος. Η περίοδος των ταλαντώσεων υπολογίστηκε ως $T = \frac{\Delta t}{N}$ και συμπληρώθηκε ο Πίνακας 1.

Πίνακας 4. Περίοδος φθίνουσας ταλάντωσης

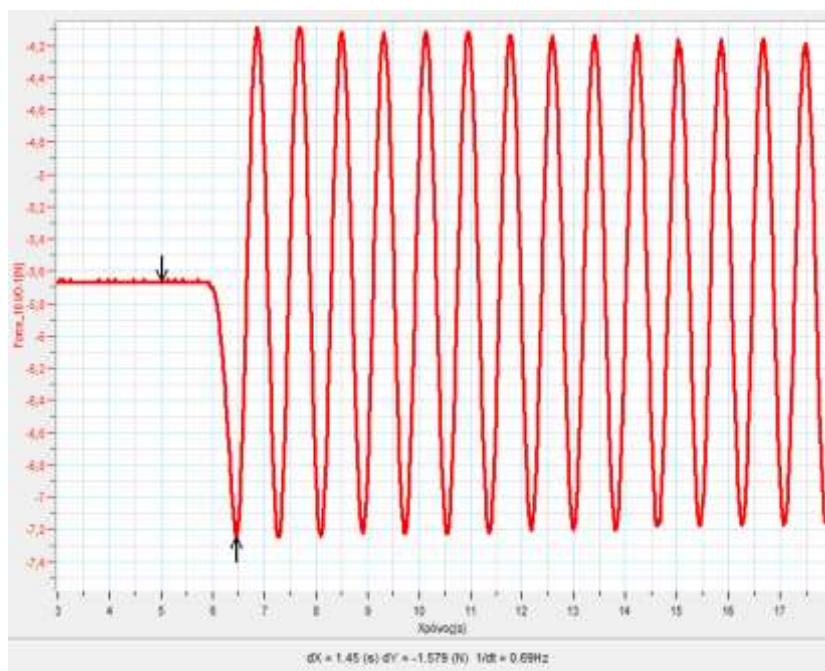
| a/a | N | Δt (s) | T (s) |
|-------|-----|----------------|---------|
| 1 | 10 | 8,17 | 0,817 |
| 2 | 10 | 8,16 | 0,816 |

| | | | |
|---|----|------|-------|
| 3 | 10 | 8,16 | 0,816 |
| 4 | 10 | 8,16 | 0,816 |
| 5 | 10 | 8,17 | 0,817 |

Γίνεται φανερό πως η περίοδος της φθίνουσας ταλάντωσης παρουσιάζει μια πολύ μικρή διακύμανση γύρω από τη μέση τιμή $\bar{T} = 0,8164 \text{ s}$. Καθώς η μέγιστη απόκλιση των τιμών της περιόδου από την αντίστοιχη μέση τιμή είναι μικρότερη από 0,1% μπορούμε να συμπεράνουμε πως «για ορισμένη τιμή της σταθεράς απόσβεσης b , η περίοδος διατηρείται σταθερή και ανεξάρτητη από το πλάτος».

2. Όταν η σταθερά απόσβεσης μεγαλώνει το πλάτος της φθίνουσας ταλάντωσης μειώνεται πιο γρήγορα

Παρότι δεν απαιτείται ιδιαίτερη ανάλυση για να επιβεβαιωθεί η ορθότητα της πρότασης, θα προσπαθήσουμε να δώσουμε μια εκτίμηση για το χρόνο ημιζωής του πλάτους σε κάθε περίπτωση φθίνουσας ταλάντωσης που μελετήσαμε.



Εικόνα 16. Προσδιορισμός του πλάτους της δύναμης ελατηρίου

Στη γραφική παράσταση της δύναμης του ελατηρίου σε συνάρτηση με το χρόνο που έχει σχηματιστεί το παράθυρο του Multilab, τοποθετούμε τον πρώτο δείκτη σε κάποιο σημείο που αντιστοιχεί στη φάση ηρεμίας του ταλαντωτή, και το δεύτερο δρομέα στο πρώτο κατ' απόλυτη τιμή μέγιστο της γραφικής παράστασης (Εικόνα 6). Το μέγεθος dY που επιστρέφει το Multilab αντιστοιχεί στη διαφορά των τιμών (πλάτος) της δύναμης του ελατηρίου στις χρονικές στιγμές t_1 και t_2 που ορίζουν οι θέσεις των δύο δεικτών στον οριζόντιο άξονα. Σύμφωνα με τις εξισώσεις (3), κατ' απόλυτη τιμή το μέγεθος dY είναι ευθέως ανάλογο του πλάτους της φθίνουσας ταλάντωσης τη χρονική στιγμή t_2 (ίση με τη συντεταγμένη του δεύτερου δείκτη στον άξονα των χρόνων). Έχουμε λοιπόν μια εκτίμηση του

αρχικού πλάτους της ταλάντωσης: $A_o = \frac{1,579}{k} \text{ (S.I.)}$. Έπειτα θα προσδιορίσουμε κατά το δυνατό

ακριβέστερα τη χρονική στιγμή που το πλάτος της ταλάντωσης γίνεται μισό του αρχικού, δηλαδή:

$A = \frac{A_o}{2} = \frac{0,7895}{k} \text{ (S.I.)}$, δηλαδή τη στιγμή που $|F'_{ελ..min} - F_{o,ελ.}| = 0,7895 \text{ N}$. Και πάλι με χρήση των

δεικτών του Multilab, τοποθετώντας τον ένα στη χρονική στιγμή έναρξης της ταλάντωσης και τον άλλο στη στιγμή που το πλάτος έχει περίπου υποδιπλασιαστεί, προσδιορίζουμε το χρόνο ημιζωής: $\tau = 228,54 \text{ s}$. Επαναλαμβάνοντας τη διαδικασία για όλες τις περιπτώσεις παίρνουμε:

Πίνακας 5. Χρόνος ημιζωής ταλαντώσεων

| a/a | Μέσο | Αρχικό πλάτος δύναμης (N) | Χρόνος ημιζωής (s) |
|-----|---------------------|---------------------------|--------------------|
| 1 | Ταλάντωση στον αέρα | 1,579 | 228,54 |
| 2 | Ταλάντωση στο νερό | 1,388 | 25,39 |
| 3 | Ταλάντωση στο λάδι | 1,172 | 6,80 |

Οι τιμές του χρόνου ημιζωής που υπολογίσαμε επιβεβαιώνουν πως «όταν η σταθερά απόσβεσης μεγαλώνει το πλάτος της ταλάντωσης μειώνεται πιο γρήγορα».

3. Όταν η σταθερά απόσβεσης μεγαλώνει η περίοδος παρουσιάζει μικρή αύξηση

Με τη μέθοδο που έχει περιγραφεί στην υποπαράγραφο (1) της ανάλυσης των πειραματικών δεδομένων, μπορούμε να υπολογίσουμε την περίοδο των φθινουσών ταλαντώσεων σε όλες τις περιπτώσεις που μελετήσαμε. Στην περίπτωση της κίνησης μέσα στο υγρό απορρυπαντικό μόνο τρεις (3) πλήρεις ταλαντώσεις ολοκληρώνει το σύστημα και συνεπώς στον υπολογισμό της περιόδου υπεισέρχεται μεγαλύτερο πειραματικό σφάλμα, περίπου $\pm 0,002$ s. Τα αποτελέσματα που πήραμε αποτυπώνονται στον Πίνακα 3.

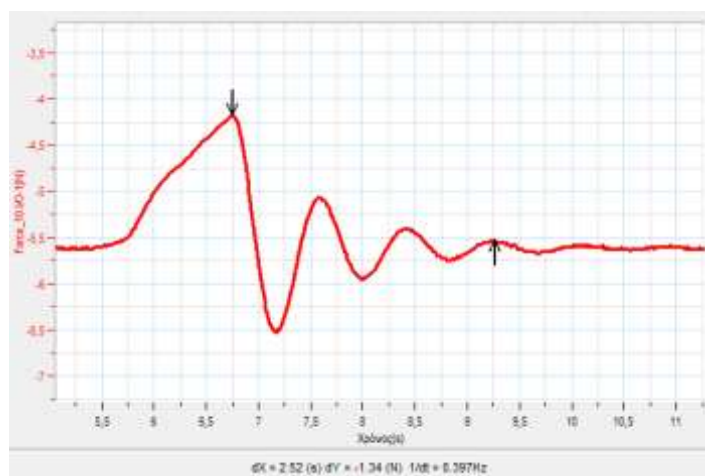
Πίνακας 6. Περίοδος των φθινουσών ταλαντώσεων

| a/a | Μέσο | Περίοδος (s) | Σφάλμα περιόδου (s) |
|-----|----------------------------------|--------------|---------------------|
| 1 | Ταλάντωση στον αέρα | 0,8164 | 0,0005 |
| 2 | Ταλάντωση στο νερό | 0,8200 | 0,0005 |
| 3 | Ταλάντωση στο λάδι | 0,8245 | 0,0005 |
| 4 | Ταλάντωση στο υγρό απορρυπαντικό | 0,840 | 0,002 |

Όπως ήδη αναφέρθηκε στις συνθήκες των πειραμάτων μας το σφάλμα στη μέτρηση του χρόνου είναι της τάξης του $\pm 0,005$ s ή λίγο μεγαλύτερο. Ο υπολογισμός της περιόδου έγινε διαιρώντας τη χρονική διάρκεια 10 περιόδων διά 10, και συνεπώς αντίστοιχα πρέπει να διαιρεθεί και το σφάλμα στη μέτρηση του χρόνου. Δηλαδή: $\sigma_T = \pm 0,0005$ s. Άρα οι πολύ μικρές παρατηρούμενες διαφορές στις περιόδους είναι εκτός των ορίων του πειραματικού σφάλματος και εντέλει επιβεβαιώνεται η πρόταση «όταν η σταθερά απόσβεσης μεγαλώνει η περίοδος παρουσιάζει μικρή αύξηση».

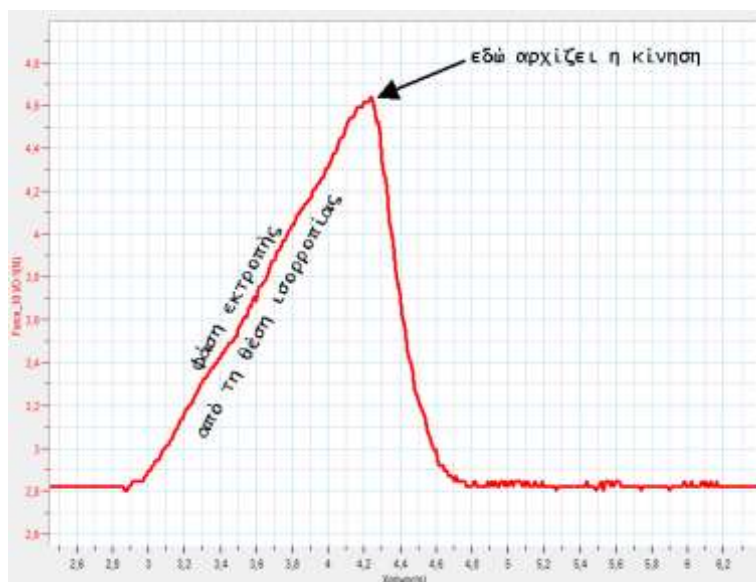
4. Σε ακραίες περιπτώσεις στις οποίες η σταθερά απόσβεσης παίρνει πολύ μεγάλες τιμές η κίνηση γίνεται απεριοδική

Όπως ήδη αναφέρθηκε, στην περίπτωση που ο μικρότερος κύλινδρος της πειραματικής διάταξης κινείται πλήρως βυθισμένος στο παχύρευστο υγρό απορρυπαντικό, το σύστημα εκτελεί μόνο τρεις πλήρεις ταλαντώσεις προτού επιστρέψει στην ηρεμία.



Εικόνα 17. Κίνηση μέσα στο υγρό απορρυπαντικό

Η φθίνουσα ταλάντωση διαρκεί πολύ μικρό χρονικό διάστημα, η κίνηση όμως εξακολουθεί να είναι περιοδική. Ελλείπει κάποιου περισσότερο παχύρευστου υγρού, μπορούμε να ελέγξουμε την περίπτωση πολύ μεγάλων αποσβέσεων είτε χρησιμοποιώντας στη θέση του μικρού κυλίνδρου έναν άλλο μεγαλύτερης διατομής, είτε ένα σύστημα μικρότερης συνολικά αδράνειας. Επιτεύχθηκαν τα καλύτερα αποτελέσματα με ένα συνδυασμό των παραπάνω μεθόδων: Ο ανώτερος κύλινδρος (αυτός που ταλαντώνεται μένοντας διαρκώς στον αέρα) αντικαταστάθηκε με άλλον μάζας $M = 200\text{ g}$, και ο κατώτερος με άλλο αλουμινένιο κύλινδρο μάζας $m = 100\text{ g}$, ύψους $h = 5,8\text{ cm}$ και διαμέτρου $d = 3\text{ cm}$. Έτσι και η σταθερά απόσβεσης αυξήθηκε, και η αδράνεια του συστήματος συνολικά μειώθηκε.

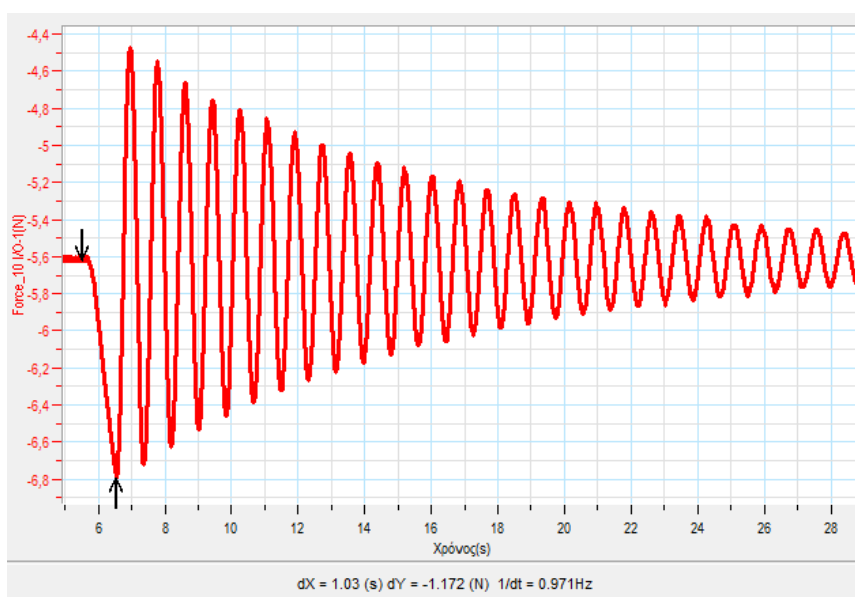


Εικόνα 18. Για πολύ μεγάλες τιμές της σταθεράς απόσβεσης το φαινόμενο γίνεται απεριοδικό

Το σύστημα ταλαντώθηκε με τον κατώτερο κύλινδρο εξ ολοκλήρου βυθισμένο στο παχύρευστο υγρό απορρυπαντικό. Στην καταγραφή του φαινομένου με το Multilog (Εικόνα 8), διαπιστώνουμε πως το σύστημα επιστρέφει πολύ γρήγορα στη θέση ισορροπίας χωρίς να την υπερβεί.

4. Το πλάτος της ταλάντωσης μειώνεται εκθετικά με το χρόνο

Θα μελετήσουμε την περίπτωση που ο μικρότερος κύλινδρος της πειραματικής διάταξης κινείται πλήρως βυθισμένος μέσα σε λάδι.

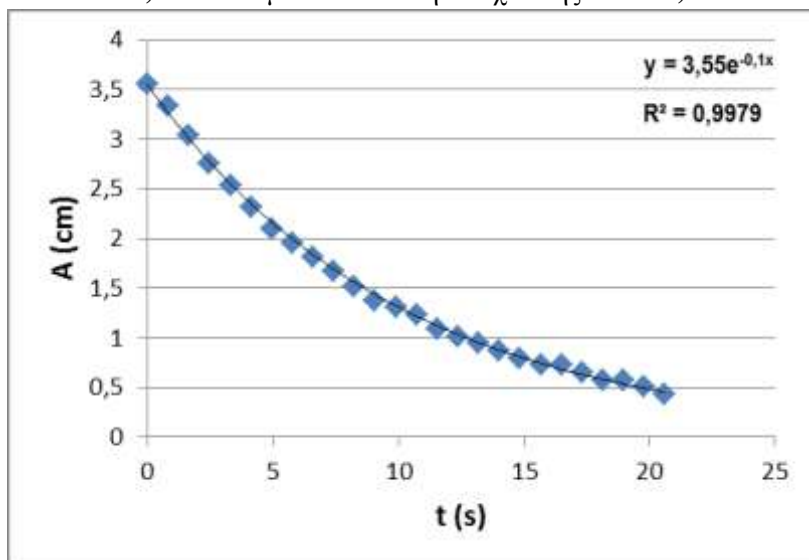


Εικόνα 19. Κίνηση στο λάδι

Στη γραφική παράσταση της δύναμης ελατηρίου σε συνάρτηση με το χρόνο τοποθετούμε τον πρώτο δείκτη σε κάποιο σημείο που αντιστοιχεί στην κατάσταση της αρχικής ηρεμίας του συστήματος, ώστε να προσδιορίζουμε την τιμή της δύναμης του ελατηρίου ($F'_{o,ελ.}$) στη θέση ισορροπίας. Στη συνέχεια τοποθετούμε το δεύτερο δείκτη στο σημείο έναρξης της φθίνουσας ταλάντωσης, ώστε να υπολογίσουμε το πρώτο τοπικό ελάχιστο της δύναμης του ελατηρίου ($F'_{ελ.,min}$). Τη χρονική στιγμή που αρχίζει η φθίνουσα ταλάντωση τη θεωρούμε ως $t_o = 0$. Το μέγεθος dY που επιστρέφει το Multilab αντιστοιχεί στην ποσότητα ($F'_{ελ.,min} - F'_{o,ελ.}$), ενώ το πλάτος της ταλάντωσης θα υπολογιστεί με βάση την εξίσωση (3). Η πειραματικά μετρημένη τιμή της σταθεράς του ελατηρίου που χρησιμοποιήθηκε στη σειρά των πειραμάτων είναι: $k = 33 \text{ N} / \text{m}$.

Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία τοποθετώντας το δεύτερο δείκτη στο δεύτερο, τρίτο κ.ο.κ. τοπικό ελάχιστο της γραφικής παράστασης. Η αντίστοιχη χρονική στιγμή υπολογίζεται από τη σχέση: $t_N = N \cdot T$ με N τον αύξοντα αριθμό του τοπικού ελαχίστου ($N = 0$ στο πρώτο ελάχιστο) και $T = 0,8245 \text{ s}$ η περίοδος των φθινουσών ταλαντώσεων του συστήματος στο λάδι. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων μεταφέρονται στο Excel, όπου σχεδιάζεται και η γραφική παράσταση $A = f(t)$. Σχεδιάζοντας επίσης και την καμπύλη καλύτερης προσέγγισης των πειραματικών δεδομένων πλάτους - χρόνου διαπιστώνεται η μορφή εκθετικής μείωσης που ακολουθούν (Εικόνα 10):

$$A = 3,55 \cdot e^{-0,1t} \text{ με συντελεστή συσχέτισης } R^2 = 0,9979$$



Εικόνα 20: Γραφική παράσταση $A = f(t)$

Για την περίπτωση που ο μικρότερος κύλινδρος κινείται πλήρως βυθισμένος σε νερό (μελετώντας 30 σημεία ανά μία περίοδο), προέκυψε:

$$A = 4,06 \cdot e^{-0,028t} \text{ με συντελεστή συσχέτισης } R^2 = 0,993$$

ενώ για την περίπτωση κίνησης στον αέρα (30 σημεία ανά 10 περιόδους):

$$A = 4,53 \cdot e^{-0,003t} \text{ με συντελεστή συσχέτισης } R^2 = 0,991$$

Είναι φανερό πως αυξανόμενης της σταθεράς απόσβεσης b (αέρας - νερό - λάδι), και ενώ παραμένει σταθερή η μάζα του συστήματος, αυξάνεται και η τιμή της σταθεράς A στην εξίσωση $A = A_o \cdot e^{-\Lambda t}$ της εκθετικής μείωσης του πλάτους των φθινουσών ταλαντώσεων.

Συμπεράσματα

Όλα τα ποιοτικά αλλά και τα ποσοτικά συμπεράσματα για τη φθίνουσα ταλάντωση με απόσβεση ανάλογη της ταχύτητας, όπως αξιωματικά αναφέρονται στο αντίστοιχο Σχολικό εγχειρίδιο, επιβεβαιώνονται πειραματικά με την περιγραφόμενη διάταξη και διαδικασία.

Περαιτέρω διερεύνηση θα μπορούσε να αφορά την εξάρτηση της σταθεράς A στην εξίσωση εκθετικής μείωσης του πλάτους των φθινουσών ταλαντώσεων, μεταβάλλοντας για παράδειγμα τη μάζα του μεγαλύτερου από τους δύο κυλίνδρους της διάταξης και αφήνοντας σταθερό το μικρότερο, ώστε κατά την κίνηση σε κάποιο ρευστό να παραμένει σταθερή η σταθερά απόσβεσης b .

Αναφορές

Fourier Systems. (n.d.). *Multilog - Οδηγίες χρήσης και πειράματα*. a-Lab.

Serway, R. A., & Vuille, C. (2012). *College Physics*. Boston: Brooks/Cole Cengage Learning.

Walker, J. S. (2010). *Physics*. San Francisco: Pearson.

Ιωάννου, Α., Ντάνος, Γ., Πήττας, Α., & Ράπτης, Σ. (2012). *Φυσική Γ' Γενικού Λυκείου Θετικής & Τεχνολογικής κατεύθυνσης*. Αθήνα: Υπουργείο Παιδείας, Δια Βίου Μάθησης και Θρησκευμάτων/ΙΤΥΕ-ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Συνεδρία Π4

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στις πρώτες βαθμίδες εκπαίδευσης με τη χρήση κινουμένων σχεδίων

Ελένη Κολοκούρη
Νηπιαγωγός (PhD)
ekolokouri@gmail.com

Κατερίνα Πλακίτση
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Π.Τ.Ν. Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
kplakits@gmail.com

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αποτελεί μέρος της ευρύτερης μελέτης: Activity Theory in Formal and Informal Science Education (@fise project), η οποία έχει ως στόχο τη μεταφορά της καινοτομίας και την εφαρμογή της Θεωρίας της Δραστηριότητας στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Σύμφωνα με τη Θεωρία της Δραστηριότητας, η μάθηση, η γνώση και η εξειδίκευση επιτελούνται ουσιαστικά μέσα από τη συμμετοχή των ατόμων στην κοινότητα. Στο πλαίσιο αυτό αναπτύχθηκε ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα μέσα από το οποίο προσεγγίζονται έννοιες όπως η επίπλευση και η βύθιση στερεών στο νερό, το φως, οι σκιές και τα χρώματα και χρησιμοποιεί ως βασικό πολιτισμικό εργαλείο το κινούμενο σχέδιο. Η συνολική πορεία του εκπαιδευτικού προγράμματος μας δείχνει ότι το κοινωνικοπολιτισμικό πλαίσιο της Θεωρίας της Δραστηριότητας αποτελεί πρόσφορο έδαφος σχεδιασμού και ανάλυσης εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων. Μέσα από το εκπαιδευτικό πρόγραμμα οι μαθητές απέκτησαν μαθησιακές εμπειρίες από τον κόσμο των Φυσικών Επιστημών και εργάστηκαν σύμφωνα με την επιστημονική μέθοδο.

Λέξεις κλειδιά: Θεωρία της Δραστηριότητας, έννοιες των Φυσικών Επιστημών, κινούμενα σχέδια

Εισαγωγή-Θεωρητικό πλαίσιο

Η παρούσα εργασία αποτελεί μέρος της ευρύτερης μελέτης: Activity Theory in Formal and Informal Science Education (@fise project), η οποία πραγματοποιείται στο Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων και έχει ως στόχο τη μεταφορά της καινοτομίας και την εφαρμογή της Θεωρίας της Δραστηριότητας (Cultural Historical Activity Theory) στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών.

Η Θεωρία της Δραστηριότητας, είναι μια κοινωνικο-ιστορική θεωρία, η οποία υιοθετήθηκε και ερευνήθηκε από τους Ρώσους ψυχολόγους S.L. Rubinstein and A.N. Leontiev, (1978) στις αρχές του 20ου αιώνα. Βασική της επιδίωξη είναι να αναλύσει τις κοινωνικές και πολιτιστικές εργασίες μέσα στο ιστορικό, κοινωνικό και πολιτιστικό πλαίσιο στο οποίο αυτές λαμβάνουν χώρα. Η Θεωρία της Δραστηριότητας προτείνει ότι το ελάχιστο κατάλληλο πλαίσιο μέσα στο οποίο εντάσσονται οι ατομικές ή ομαδικές πράξεις συνιστά τη μονάδα ανάλυσης (Engeström, 1999). Η μονάδα αυτή καλείται δραστηριότητα (activity). Η ιστορική, κοινωνική και πολιτισμική ανάλυση όλων των εργασιών που επιτελούνται σε ένα σύστημα δραστηριοτήτων καθώς και το συνεργατικό πλαίσιο δράσης δείχνουν ότι η Θεωρία της Δραστηριότητας μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο και στην εκπαίδευση (Plakitsi, 2013).

Πιο συγκεκριμένα σύμφωνα με τη Θεωρία της Δραστηριότητας, η μάθηση, η γνώση και η εξειδίκευση επιτελούνται ουσιαστικά μέσα από τη συμμετοχή των ατόμων στην κοινότητα. Ο Davydov (1999), θεωρεί σημαντικό το γεγονός ότι η δραστηριότητα απεικονίζει μια ιδιαίτερη πλευρά της κοινωνικής συνύπαρξης των ανθρώπων και επιφέρει μια σκόπιμη αλλαγή στη φυσική και κοινωνική πραγματικότητα. Σημαντική επίσης παράμετρος της θεωρίας αυτής είναι ότι αμφισβητείται η έννοια της αυθεντίας και της εξειδίκευσης, καθώς αυτές εντοπίζονται μέσα στο άτομο. Αντίθετα δείχνει με ποιο τρόπο η αυθεντία μορφοποιείται και εξελίσσεται μέσα σε μια ομάδα ανάμεσα στα άτομα. Ένα σύστημα δραστηριότητας μελετά το ενδοπροσωπικό, το διαπροσωπικό επίπεδο και την ευρύτερη κοινότητα (Engeström, 1987; Leontiev, 1981). Στο πλαίσιο αυτό, η Θεωρία της

Δραστηριότητας συμβάλλει σημαντικά στη μελέτη ανάπτυξης των συστημάτων δραστηριοτήτων που εξελίσσονται ιστορικά στο χρόνο μέσα από συνεργατικές διαδικασίες και είναι από τη φύση τους καινοτόμα.

Οι διδακτικές προσεγγίσεις της θεωρίας ενισχύουν την άμεση εμπλοκή των μαθητών σε δραστηριότητες των Φυσικών Επιστημών που επηρεάζουν και επηρεάζονται άμεσα από την καθημερινή ζωή των μαθητών και χαρακτηρίζονται από σύνθετες ομαδικές εργασίες σύμφωνα με τις διαδικασίες της επιστημονικής μεθόδου και με στοιχεία από τη φύση της επιστήμης. Όλη αυτή η διαδικασία είναι πολύ κοντά στη φύση της επιστήμης καθώς επίσης και στη φύση της διδασκαλίας και της μάθησης στις πρώτες βαθμίδες εκπαίδευσης και μπορεί να θέσει τα θεμέλια για το σχεδιασμό και την ανάλυση δραστηριοτήτων των Φυσικών Επιστημών που θα στοχεύουν προς τον επιστημονικό εγγραμματισμό.

Τα τελευταία χρόνια, πολλές χώρες έχουν προχωρήσει σε ανασύνταξη των Αναλυτικών Προγραμμάτων Φυσικών Επιστημών και σημαντικοί οργανισμοί έχουν επισημάνει την ανάγκη του επιστημονικού εγγραμματισμού και αναπτύσσουν προγράμματα τόσο για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της διδασκαλίας των Φ.Ε. (Programme for International Student Assessment -PISA) όσο και για την προαγωγή της Επιστήμης (Project 2061) (Κολοκούρη κ.ά., 2011). Σύμφωνα με τις εκθέσεις αναφοράς του PISA (2012), υπάρχει αναγκαιότητα αναθεώρησης των Αναλυτικών Προγραμμάτων των Φυσικών Επιστημών καθώς και των σχολικών εγχειριδίων στην Ελλάδα και στην Ευρώπη. Οι μαθητές μέσω των Αναλυτικών Προγραμμάτων και των σχολικών εγχειριδίων θα πρέπει να εξοικειώνονται με την επίλυση ζητημάτων που σχετίζονται με καταστάσεις της καθημερινής ζωής, με τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών και με τις διαδικασίες της επιστημονικής μεθόδου για την ερμηνεία των επιστημονικών δεδομένων.

Η βάση για την προώθηση της επιστημονικής γνώσης και την ενίσχυση του ενδιαφέροντος των μαθητών θα πρέπει να δημιουργείται από τις πρώτες βαθμίδες εκπαίδευσης. Ο Roth (2011), θεωρεί την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες πρωταρχικής σημασίας και τονίζει ότι η προσχολική ηλικία είναι το κατάλληλο χρονικό σημείο για να δημιουργηθούν στα παιδιά οι δομές οι οποίες θα διαμορφώσουν προσωπικότητες που θα αντιλαμβάνονται τις επιστημονικές έννοιες και θα έχουν διαβίωση ενδιαφέρον για την επιστήμη.

Κατά καιρούς έχουν προταθεί ποικίλοι τρόποι για μια πιο αποτελεσματική διδασκαλία των εννοιών των Φυσικών Επιστημών και ένα σημαντικό πολιτισμικό εργαλείο που δίνει κίνητρα και αυξάνει το ενδιαφέρον των μαθητών είναι τα κινούμενα σχέδια. Τα κινούμενα σχέδια έχουν χρησιμοποιηθεί από ερευνητές για τη διδασκαλία και μάθηση εννοιών σε παιδιά και εφήβους με αποτελεσματικό τρόπο εφόσον σχεδιάστηκαν για την επεξεργασία συγκεκριμένων διδακτικών αντικειμένων (Madden et al, 2009; Tsou Wang & Tzeng, 2006; Peacock, 1995).

Σύμφωνα με τους Heitzmann και Ellman (1982), τα κινούμενα σχέδια αποτελούν σημαντικό εργαλείο σχεδιασμού εκπαιδευτικού υλικού καθώς δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να αναπτύξουν υψηλές γνωστικές λειτουργίες. Καθώς οι ήρωες των κινουμένων σχεδίων βρίσκονται υψηλά στις προτιμήσεις των παιδιών και συνδέονται με τη καθημερινότητά τους, προσφέρεται στους εκπαιδευτικούς η ευκαιρία να προσεγγίζουν τους μαθητές δημιουργώντας οικεία περιβάλλοντα διδασκαλίας και μάθησης και να σχεδιάζουν εκπαιδευτικό υλικό σε διαφορετικά θεματικά πεδία του προγράμματος σπουδών.

Η μελέτη του θεωρητικού πλαισίου μας οδήγησε στο σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός εκπαιδευτικού προγράμματος για τις πρώτες βαθμίδες εκπαίδευσης το οποίο διαπραγματεύεται έννοιες των Φυσικών Επιστημών με τη χρήση κινουμένων σχεδίων.

Στόχοι

Οι στόχοι του εκπαιδευτικού προγράμματος της έρευνας διαμορφώθηκαν στο πλαίσιο της Θεωρίας της Δραστηριότητας σύμφωνα με το οποίο η γνώση είναι μια συλλογική διαδικασία η οποία ξεπερνά τα όρια της σχολικής τάξης και συνδέεται με την κοινωνία. Επομένως, οι στόχοι δεν είναι πάντοτε προκαθορισμένοι αλλά συνδιαμορφώνονται και εξελίσσονται ανάλογα με τις ανάγκες και τα ενδιαφέροντα της κοινότητας μάθησης.

Ειδικότερα, οι στόχοι προσανατολίζονται στο να είναι σε θέση οι μαθητές, μέσα από ένα σύνολο δραστηριοτήτων να:

- αποκτήσουν μαθησιακές εμπειρίες σχετικά με έννοιες και φυσικά φαινόμενα όπως η επίπλευση και η βύθιση στερεών στο νερό, το φως, οι σκιές και τα χρώματα

- συμμετέχουν ενεργά στην επίλυση προβλημάτων και στη λήψη αποφάσεων
- καλλιεργήσουν διαδικασίες επιστημονικής μεθόδου μέσα από τις οποίες θα προσεγγίσουν τον επιστημονικό τρόπο σκέψης
- αντιλαμβάνονται τη μάθηση ως ενεργή διαδικασία που ξεπερνά τα όρια της σχολικής τάξης και συνδέεται με την κοινωνία

Μεθοδολογία

Βασικός άξονας του μεθοδολογικού πλαισίου αποτέλεσε η προσέγγιση της κοινωνικο-πολιτισμικής πλευράς της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν το θεωρητικό πλαίσιο ανάλυσης για τη Θεωρία της Δραστηριότητας του Yrjö Engeström (2005) και η κοινωνικο-πολιτισμική προσέγγιση για την ανάπτυξη των παιδιών της Marilyn Fleer και Marianne Hedegaard (2008, 2010). Η μελέτη του θεωρητικού πλαισίου των κοινωνικοπολιτισμικών θεωριών με έμφαση στη Θεωρία της Δραστηριότητας (CHAT), η κριτική θεώρηση των Αναλυτικών Προγραμμάτων των Φυσικών Επιστημών, σε ελληνικό και διεθνές επίπεδο, καθώς επίσης και του τρόπου με τον οποίο αυτά συνδέονται με τις υπάρχουσες θεωρήσεις στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών οδήγησε στη διαμόρφωση ενός προγράμματος διδασκαλίας για τις πρώτες βαθμίδες εκπαίδευσης.

Το πρόγραμμα αναπτύχθηκε σταδιακά και σπονδυλωτά και διατηρήθηκαν ορισμένες διδακτικές στρατηγικές και τεχνικές από την αρχή ως το τέλος. Περιλαμβάνει μια σειρά δραστηριοτήτων μέσα από τις οποίες προσεγγίζονται έννοιες όπως η επίπλευση και η βύθιση στερεών στο νερό, το φως, οι σκιές και τα χρώματα. Οι έννοιες αυτές περιλαμβάνονται στα Νέα Προγράμματα Σπουδών για το Νηπιαγωγείο (2011) στο οποίο δίνεται έμφαση στην κατανόηση του περιβάλλοντος ως ένα σύστημα μέσα στο οποίο αναπτύσσονται σχέσεις και ισορροπίες με στόχο την εκπαίδευση ενεργών πολιτών. Οι ενότητες νερό και φως αποτελούν βασικά στοιχεία του περιβάλλοντος καθώς και εναλλακτικές μορφές ενέργειας στο σύγχρονο κόσμο, επομένως η απόκτηση από τα παιδιά εμπειριών μέσω της παρούσας έρευνας θέτει τα θεμέλια για την ανάπτυξη του επιστημονικού εγγραμματισμού από την προσχολική ηλικία.

Στο πρόγραμμα δίνεται έμφαση κυρίως στην ανάπτυξη εννοιολογικών εργαλείων με σκοπό την κατανόηση του διαλόγου και των δικτύων αλληλεπιδρώντων συστημάτων και στη διδασκαλία εννοιών των Φυσικών Επιστημών με τη χρήση κινουμένων σχεδίων. Το διδακτικό σενάριο σχεδιάστηκε με βάση τις αρχές της Θεωρίας της Δραστηριότητας, τεχνικές του εκπαιδευτικού δράματος, βασικές αρχές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, και το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών για το Νηπιαγωγείο (2011). Οι δραστηριότητες του διδακτικού σεναρίου υλοποιούνται μέσα από μια διαδικασία αλληλεπιδράσεων, συνδέονται με το κοινωνικο-πολιτισμικό πλαίσιο των μαθητών και δίνουν αφορμή για σχεδιασμό νέου υλικού για το Νηπιαγωγείο.

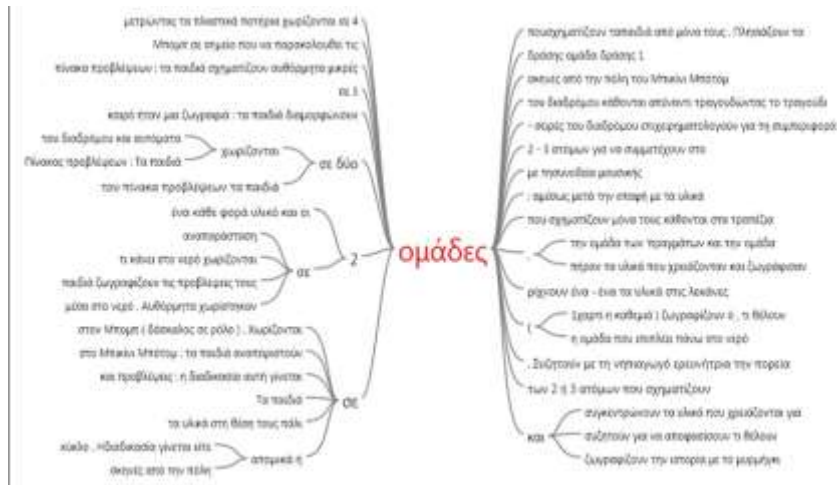
Προς αυτή την κατεύθυνση σχεδιάστηκε αρχικά η διδασκαλία των εννοιών επίπλευση-βύθιση των στερεών στο νερό με τη χρήση του προσφιλούς στα παιδιά κινουμένου σχεδίου, του Μπομπ Σφουγγαράκη.

Στη συνέχεια σχεδιάστηκε ένα πρόγραμμα δραστηριοτήτων εμπνευσμένο από τον κόσμο των Φυσικών Επιστημών σε συνδυασμό με την Ιστορία της Επιστήμης. Στο πλαίσιο του προγράμματος αυτού, πραγματοποιήθηκε η συγγραφή μιας ιστορίας για το φως και τα χρώματα σε σχέση με τη θεωρία των χρωμάτων του Νεύτωνα. Ακολούθησε η εξέλιξη του καινοτόμου προγράμματος και η κατασκευή μιας πολυμεσικής εφαρμογής, animation με το εκπαιδευτικό λογισμικό δημιουργίας και εφαρμογής κινουμένων σχεδίων scratch (<http://scratch.mit.edu/>). Αναπτύχθηκε ένα διδακτικό σενάριο το οποίο περιλαμβάνει μία σειρά δραστηριοτήτων μέσα από τις οποίες προσεγγίζονται οι έννοιες φως, χρώματα και σκιές.

Το πρόγραμμα υλοποιήθηκε κατά το σχολικό έτος 2012-2013 σε 4 σχολεία της πόλης των Ιωαννίνων και η χρονική του διάρκεια ήταν 10 εβδομάδες. Κατά τη διάρκεια εφαρμογής του εκπαιδευτικού προγράμματος πραγματοποιήθηκαν 20 μαθήματα από τον εκπαιδευτικό ερευνητή διάρκειας 30'-55', ανάλογα με τον αριθμό των δραστηριοτήτων κάθε διδακτικής ενότητας αλλά και του ενδιαφέροντος των μαθητών. Σε κάθε περίπτωση η συμμετοχή του εκπαιδευτικού της τάξης ήταν προαιρετική.

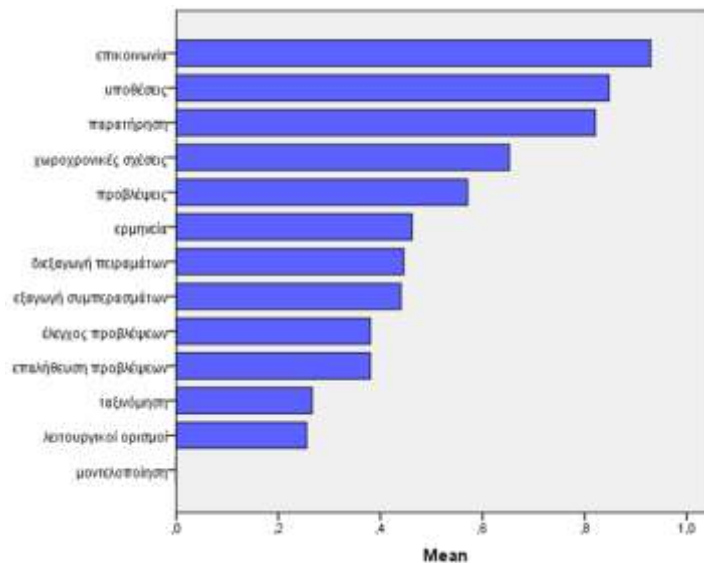
Για την επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων της παρούσας έρευνας επιλέχθηκε το λογισμικό ανάλυσης ποιοτικών δεδομένων QDA (Qualitative Data Analysis) Nvivo 9 (<http://www.qsrinternational.com/>). Μέσα από το υπολογιστικό περιβάλλον του προγράμματος έγινε η

συζητούν για να αποφασίσουν τι θέλουν» οδηγούν σε αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους και σε ανταλλαγή ιδεών, διαδικασίες εξαιρετικά σημαντικές για την ενίσχυση του πλαισίου μάθησης.



Εικόνα 4. Γράφημα αναζήτησης (Tree text search) για τη λέξη ‘ομάδες’

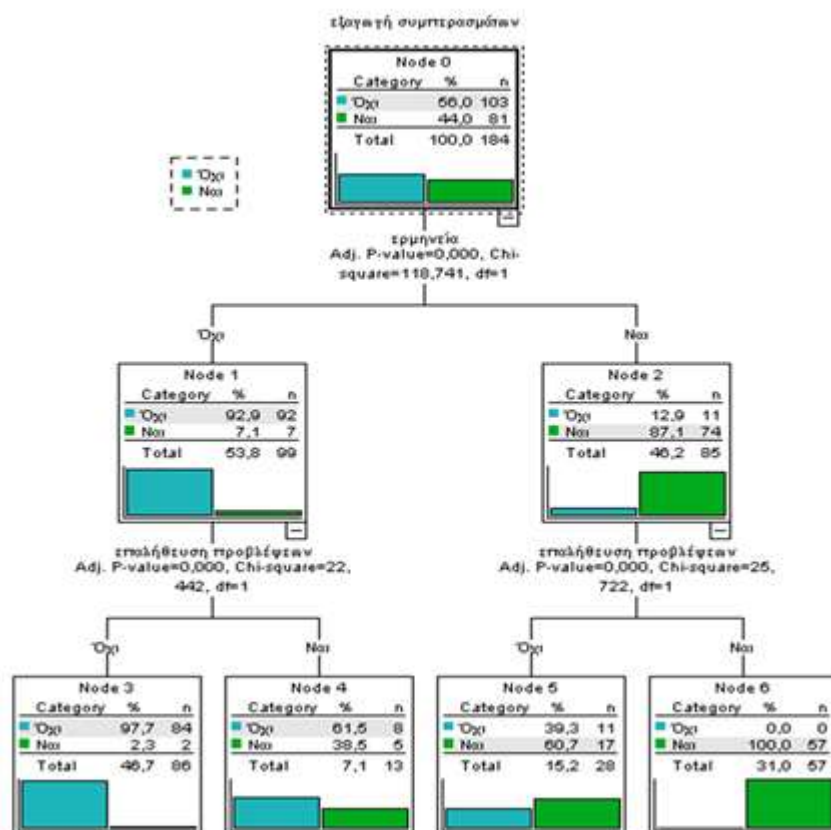
Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε ποσοτική ανάλυση σε σχέση με τα δεδομένα τα οποία εξήχθησαν από το λογισμικό ανάλυσης Nvivo 9. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων αφορά κυρίως στην κατανομή των διαδικασιών επιστημονικής μεθόδου στις δύο ενότητες του εκπαιδευτικού προγράμματος. Στην Εικόνα 5 που ακολουθεί δίνεται ένα ραβδόγραμμα στο οποίο είναι στοιχισμένες οι διαδικασίες επιστημονικής μεθόδου από την συχνότερη προς την λιγότερο συχνή. Από την εικόνα αυτή προκύπτει ότι οι συχνότερες διαδικασίες επιστημονικής μεθόδου είναι η επικοινωνία, οι υποθέσεις και η παρατήρηση ενώ η λιγότερο συχνή είναι ταξινόμηση και οι λειτουργικοί ορισμοί.



Εικόνα 5. Οι διαδικασίες επιστημονικής μεθόδου από την συχνότερη προς την λιγότερο συχνή

Μέσω της εφαρμογής του αλγορίθμου tree clustering με το πρόσθετο Clementine εντοπίστηκαν οι συνθήκες κάτω από τις οποίες οι μαθητές οδηγούνται στην κατάκτηση της γνώσης μέσω της εξαγωγής συμπερασμάτων. Είναι εμφανές ότι υπάρχει σημαντικός βαθμός αλληλεξάρτησης ανάμεσα στην εξαγωγή συμπερασμάτων και στις διαδικασίες επιστημονικής μεθόδου της επαλήθευσης προβλέψεων και της ερμηνείας. Η εξαγωγή συμπερασμάτων εξαρτάται άμεσα από την εμφάνιση ή όχι της δεξιότητας ερμηνείας και έμμεσα από την δεξιότητα επαλήθευσης προβλέψεων. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι μέσα από την εργασία σύμφωνα με τις διαδικασίες επιστημονικής μεθόδου, οι μαθητές επιτυγχάνουν την «εξαγωγή συμπερασμάτων» που σχετίζονται με τις έννοιες των Φυσικών

Επιστημών και την «ερμηνεία» αυτών με τρόπο που συνδέεται άμεσα με την επιστημονική μέθοδο. Πιο συγκεκριμένα, από τα αποτελέσματα του αλγόριθμου και τα περιεχόμενα του γραφήματος (Εικόνα 6) προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:



Εικόνα 6. Η γραφική μορφή των διαδικασιών επιστημονικής μεθόδου από τον αλγόριθμο tree clustering

- Η «εξαγωγή συμπερασμάτων», ως δεξιότητα, εμφανίζεται σε ποσοστό 44% των παρατηρήσεων.
- Η επίτευξη της δεξιότητας «εξαγωγή συμπερασμάτων» εξαρτάται άμεσα από την εμφάνιση ή όχι της δεξιότητας «ερμηνεία» και έμμεσα από την δεξιότητα «επαλήθευση προβλέψεων».
- Αν δεν υπάρχει η δεξιότητα «ερμηνεία» τότε αποτυγχάνει να υπάρξει εξαγωγή συμπερασμάτων με πιθανότητα 92%.
- Αν υπάρξει η δεξιότητα «ερμηνεία» τότε, ανεξαρτήτως οποιουδήποτε άλλου παράγοντα, υπάρχει εμφάνιση της δεξιότητας «εξαγωγή συμπερασμάτων» σε ποσοστό (πιθανότητα) 87%. Άρα η ερμηνεία είναι καθοριστικός παράγοντας για την επίτευξη της «εξαγωγής συμπερασμάτων».
- Χωρίς «επαλήθευση προβλέψεων» και χωρίς «ερμηνεία» σχεδόν κανένας δεν εξάγει συμπεράσματα.
- Χωρίς «ερμηνεία» αλλά με «επαλήθευση προβλέψεων» τότε περίπου σε ποσοστό 40% εμφανίζεται η «εξαγωγή συμπερασμάτων».
- Παρουσία «ερμηνείας» και απουσία «επαλήθευσης προβλέψεων» οδηγούμαστε σε «εξαγωγή συμπερασμάτων» σε ποσοστό 60%.
- Παρουσία «ερμηνείας» και «επαλήθευσης προβλέψεων» οδηγούμαστε σε «εξαγωγή συμπερασμάτων» σε ποσοστό 100%.
- Συμπερασματικά, η αλυσίδα είναι: «επαλήθευση προβλέψεων» + «ερμηνεία» = «εξαγωγή συμπερασμάτων».

Συμπεράσματα

Η συνολική πορεία του εκπαιδευτικού προγράμματος μας δείχνει ότι το κοινωνικοπολιτισμικό πλαίσιο της Θεωρίας της Δραστηριότητας αποτελεί πρόσφορο έδαφος σχεδιασμού και ανάλυσης εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων ιδιαίτερα στο πεδίο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Στο πλαίσιο αυτό, η πορεία προς τον τελικό στόχο είναι μια διαδικασία συνεχούς αναζήτησης και διερεύνησης των μαθητών μέχρι την έκβαση του αποτελέσματος. Στην πορεία αυτή οι μαθητές αξιοποιούν χειραπτικά και νοητικά εργαλεία και διαμορφώνουν κανόνες οι οποίοι συνδέονται με τη χρήση των εργαλείων αλλά και με τις λειτουργίες των ομάδων. Συνδέουν τη νέα γνώση με τις εμπειρίες από την καθημερινότητά τους και εργάζονται σύμφωνα με την επιστημονική μέθοδο. Αποτυπώνονται επιπλέον οι εσωτερικές λειτουργίες της κοινότητας μάθησης ενώ κάθε κατάσταση ανάγκης που προκύπτει δίνει το ερέθισμα για οργάνωση νέων δράσεων οι οποίες συμβάλλουν τόσο στην επίτευξη του τελικού στόχου όσο και στην εξέλιξη ολόκληρου του συστήματος δραστηριότητας.

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων του εκπαιδευτικού προγράμματος μας δείχνει ότι ο τρόπος εργασίας των μαθητών συνέβαλλε στην εξοικειώσή τους με τον επιστημονικό τρόπο σκέψης, την επιστημονική μεθοδολογία (παρατήρηση, διατύπωση υποθέσεων και πειραματικό έλεγχο, συγκέντρωση-αξιοποίηση πληροφοριών, ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, εξαγωγή συμπερασμάτων) καθώς και με ερευνητικές διαδικασίες. Οι μαθητές απέκτησαν μαθησιακές εμπειρίες από τον κόσμο των Φυσικών Επιστημών ως μέρος του πολιτισμικού – ιστορικού και κοινωνικού τους πλαισίου και εργάστηκαν σύμφωνα με την επιστημονική μέθοδο.

Γίνεται λοιπόν σαφές, ότι η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών δε στοχεύει στη μονόπλευρη διδασκαλία των επιμέρους γνωστικών αντικειμένων, αλλά στην επίτευξη μιας ευρύτερης έννοιας, που αποτελεί ζητούμενο για τη σύγχρονη εκπαίδευση και τις ανάγκες του σύγχρονου πολίτη, και δεν είναι άλλη από τον επιστημονικό εγγραμματισμό. Επιπλέον, δίνεται έμφαση στο γεγονός ότι ο επιστημονικός εγγραμματισμός που συμβάλλει στη δημιουργία υπεύθυνων πολιτών πρέπει να θεωρηθεί ως διαδικασία που λαμβάνει χώρα στην καθημερινή ζωή των μαθητών και μέσα από την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον και τα άλλα άτομα που ζουν σε αυτό και όχι αποκλειστικά ως αποτέλεσμα μετρήσεων και εξετάσεων που λαμβάνουν χώρα στις αίθουσες διδασκαλίας και στο εργαστήριο (Eijck & Roth, 2010). Η εκπαιδευτική πολιτική αυτού του είδους αποσκοπεί στη διαμόρφωση του επιστημονικά εγγράμματου πολίτη, που δρα στο κοινωνικό του περιβάλλον και συμβάλλει στη βιώσιμη ανάπτυξη και εργάζεται για την ειρήνη και την αειφορία.

Αναφορές

- American Association for the Advancement of Science (1993, 2009). *Benchmarks for Scientific Literacy: Project 2061*. Ανακτήθηκε 23 Μαΐου, 2015, από <http://www.project2061.org/publications/bsl/>
- Davydov, V. (1999). The content and unsolved problems of activity theory, in Engeström, Y., Miettinen, R., Punamäki, R., *Perspectives on Activity Theory*, NY: Cambridge University Press.
- Eijck, van M. & Roth, W-M. (2010). Theorizing Scientific Literacy in the Wild. *Educational Research Review*, 5, 184-194. doi:10.1016/j.edurev.2010.03.002
- Ellman, N. (1982) Comic in the classroom. In J. L. Thomas (Ed.), *Cartoon and comic in the classroom: A reference for teachers and librarians* (pp. 29-32). Littleton, CO: Libraries Unlimited.
- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding*. Helsinki: Orienta - Konsultit.
- Engeström, Y. (1999). Activity theory and individual and social transformation. In Y. Engeström, R. Miettinen & R-L. Punamäki (Eds.), *Perspectives on Activity Theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Engeström, Y. (2005). *Developmental work research: Expanding activity theory in practice*. Berlin: Lehmanns Media.
- Fleer, M. & Hedegaard, M. (2010). Children's development as participation in everyday practices across different institutions. *Mind, Culture and Activity*, 17, 2, 149-168.
- Hedegaard, M., & Fleer, M. (2008). *Studying Children. A Cultural-Historical Approach*. London: Open University Press.
- Heitzmann, W. R. (1982). The political cartoon as a teaching device. In J. L. Thomas (Ed.), *Cartoon and comic in the classroom: A reference for teachers and librarians* (pp. 50-62). Littleton, CO: Libraries Unlimited.
- Leontiev, A. N. (1981). *Problems of the development of the mind*. Moscow: Progress.
- Leontiev, A.N. (1978). *Activity, consciousness and personality*. NJ: Prentice-Hall.
- Madden, M., Chung, P.W.H. & Dawson, C.W. (2009). Cartoons beyond clipart: A computer tool for storyboarding and storywriting. *Computers & Education*, 52:1, 188-200.

Organisation for Economic Co-operation and Development (2012). *PISA 2012: Volume I, What Students Know and Can Do: Student Performance in Mathematics, Reading and Science, summarises the performance of students in PISA 2012*. OECD.

Peacock, A. (1995). An agenda for research on text material in primary science for second language learners of English in developing countries. *Journal of Multilingual and Multicultural Development*, 16, 389-401.

Plakitsi, K. (2013). *Activity Theory in Formal and Informal Science Education*. The Netherlands: Sense Publishers.

Roth, W.-M. (2011). Science in/for early childhood: More than lip service. In K. Plakitsi (Ed.), *Sociocultural and Sociocognitive Approaches in the Didactics of Natural Sciences in Early Childhood*. Athens: Patakis.

Tsou, W., Wang, W. & Tzeng, Y. (2006). Applying a multimedia storytelling website in foreign language learning. *Computer & Education*, 47, 17-28.

Κολοκούρη, Ε., Νάννη, Ε., Θεοδωράκη, Χ. & Πλακίτση, Κ. (2012). Ο Επιστημονικός Εγγραμματισμός και οι σύγχρονες κοινωνικο-πολιτισμικές προσεγγίσεις στην εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες ως μοχλός ανάπτυξης νέων αναλυτικών προγραμμάτων στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Στο Κ. Πλακίτση (Επιμ.), *Κοινωνιογνωστικές και Κοινωνικοπολιτισμικές προσεγγίσεις στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών στην προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία*. Αθήνα: εκδ. Πατάκης.

Νέα Προγράμματα σπουδών για το Νηπιαγωγείο (2011). Ανακτήθηκε 13 Οκτώβρη, 2015, από: <http://digitalschool.minedu.gov.gr/info/newps/%CE%A0%CF%81%CE%BF%CF%83%CF%87%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20-%20%CE%A0%CF%81%CF%8E%CF%84%CE%B7%20%CE%A3%CF%87%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%97%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AF%CE%B1%1%CE%BF%20%CE%9C%CE%AD%CF%81%CE%BF%CF%82.pdf>

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Η διδασκαλία της ενότητας του ηλεκτρομαγνητισμού μέσα από τα νέα προγράμματα σπουδών του Δημοτικού

Κατερίνα Πλακίτση

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Π.Τ.Ν. Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
kplakits@gmail.com

Ευθύμιος Σταμούλης

Δάσκαλος (PhD)
estamoulis@sch

Περίληψη

Το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικών Επιστημών για την υποχρεωτική εκπαίδευση βασίζεται στην καινοτομική προσέγγιση και στη σύγχρονη έρευνα στα Προγράμματα Σπουδών και προωθεί τη συγκρότηση επιστημονικής επιχειρηματολογίας και την ανάπτυξη διαλόγου, στο πλαίσιο της διαθεματικότητας. Το σκεπτικό της ενσωμάτωσης της τεχνολογίας στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση, το πλαίσιο μάθησης – διδασκαλίας, η ενσυνείδητη εμπλοκή σε διαδικασίες επιστημονικής και τεχνολογικής έρευνας, η ιστορική αίσθηση και αισθητική θεώρηση των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας είναι μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά του νέου προγράμματος σπουδών των Φυσικών επιστημών. Στην παρούσα μελέτη παρουσιάζεται μια πρόταση για τη διδασκαλία της ενότητας του ηλεκτρικών και μαγνητικών φαινομένων και η ενοποιητικής της διάσταση υπό το πρίσμα της κοινωνικοπολιτισμικής θεωρίας της δραστηριότητας και της επεκτατικής μάθησης.

Λέξεις κλειδιά: Νέο Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικών Επιστημών, CHAT, Κοινωνικοπολιτισμική Θεωρία της Δραστηριότητας, Ηλεκτρομαγνητισμός

Εισαγωγή

Οι συντάκτες του Προγράμματος Σπουδών επιδιώκουν μια μαθητοκεντρική και ομαδοσυνεργατική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, που θα έχει νόημα για τους μαθητές και θα απολήγει σε όφελος της κοινότητάς τους. Ταυτόχρονα οι εκπαιδευτικοί είναι σημαντικό να αναγνωρίσουν το έλλειμμα σε κάθε διδασκαλία, που είναι αγκιστρωμένη στο σχολικό εγχειρίδιο και χρησιμοποιεί ελάχιστα τις «minds on» και «hands on» προσεγγίσεις. Φιλοδοξία του παρόντος Προγράμματος Σπουδών, σε συνάρτηση με τον οδηγό του εκπαιδευτικού, είναι να τους βοηθήσει να σχεδιάζουν αποτελεσματικά μαθησιακά περιβάλλοντα και ενεργές κοινότητες μάθησης για τις Φυσικές Επιστήμες και όχι να παρέχουν απλώς πληροφορίες (Πλακίτση et al, 2014). Από την άλλη πλευρά η έννοια της δραστηριότητας θεωρείται ως πολύ σημαντική παράμετρος της κοινωνικής αυτορρύθμισης και υποδεικνύεται ως η σημαντικότερη μονάδα ανάλυσης της ανθρώπινης κουλτούρας. Οι κοινωνικοπολιτισμικές προσεγγίσεις αποτελούν τη σύγχρονη πρόκληση για τη μετάβαση από μια ισχυρή περιχάραξη της παραδοσιακής διδακτικής των Φυσικών Επιστημών προς μια επανασυγκρότησή της ως ένα εφικτό παράδειγμα στην τομή της ψυχολογίας και της κοινωνιολογίας με έμφαση στην συλλογικότητα. Παράλληλα, η διεθνής αναδυόμενη ατζέντα (http://www.iscar.org/el/Sociocultural_approaches_to_Science__Technology__Engineering_and_Mathematics_Education.) και καλές πρακτικές υποστηρίζουν αυτό το εγχείρημα (Stamoulis & Plakitsi, 2013).

Ιστορική αίσθηση και αισθητική θεώρηση των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας και ο ρόλος τους στο γραμματισμό στις Φυσικές Επιστήμες

Οι Φυσικές Επιστήμες και η Τεχνολογία αποτελούν σημαντικές συνιστώσες της πνευματικής και πολιτισμικής μας κληρονομιάς. Η δυνατότητα «διαλόγου» με τη φύση μπορεί να προσφέρει στο μαθητή αισθητική συγκίνηση, διότι του επιτρέπει να εκφραστεί συναισθηματικά για την ομορφιά, την ποικιλία, την απλότητα αλλά και την πολυπλοκότητα, που την χαρακτηρίζει. Υπό το πρίσμα αυτό, στο

συγκεκριμένο Πρόγραμμα Σπουδών, η ανάπτυξη του επιστημονικού και τεχνολογικού γραμματισμού των μαθητών και μαθητριών στηρίζεται πάνω στη διδασκαλία ενός «μίγματος» επιστημονικών εννοιών, νόμων, μοντέλων, καθώς και στοιχείων της ιστορίας των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας. Δίνεται έμφαση στην ανησυχία των επιστημόνων και στην κρίση των ιδεών τους για το πώς είναι ο κόσμος και πώς μπορούμε να τον αλλάξουμε (Πλακίτση et al, 2011).

Η έννοια του γραμματισμού θεωρείται πολιτισμικό κατασκεύασμα που οριοθετεί ικανότητες και δεξιότητες σε σχέση με τη γραφή, ανάγνωση και κατανόηση, ενώ ιστορικά σχετίζεται με το γραπτό λόγο και τα έντυπα μέσα. Σήμερα οι σύγχρονες τεχνολογικές και κοινωνικοπολιτισμικές απαιτήσεις έχουν διαφοροποιήσει σε μεγάλο βαθμό την επικοινωνία των ατόμων, καθώς η ανάγνωση και η γραφή διεξάγονται σε νέα ηλεκτρονικά περιβάλλοντα και εντάσσονται στη νέα κειμενικότητα που βασίζεται στα πολυτροπικά - πολυμεσικά κείμενα. Επομένως διαφοροποιείται και η έννοια του γραμματισμού η οποία σχετίζεται πλέον με το σύνολο των δυνατοτήτων του ατόμου να μπορεί να επικοινωνεί σε ποικίλες περιστάσεις επικοινωνίας, να εντάσσεται αποτελεσματικά σε διάφορα περιβάλλοντα και να προσεγγίζει κριτικά το λόγο σε όλους τους σημειωτικούς του κώδικες μέσα σε συγκεκριμένα κοινωνικά και πολιτισμικά πλαίσια (Dimasi & Aravani, 2013; Kalantzis & Cope, 2001). Τις τελευταίες δεκαετίες πολλοί ερευνητές και συγγραφείς έχουν ασχοληθεί με την έννοια του επιστημονικού γραμματισμού (Allchin, 2014; Brush, 1989; Deboer, 2000; Klein, 2006; Lederman, 2007; Plakitsi, 2010a; Καρύδας, 2013; Χαλκιά, 2010; Χατζή, 2010).

Βασικές παραδοχές για το χαρακτηρισμό ενός ατόμου ως εγγράμματου στις Φ.Ε. αποτελούν οι παρακάτω (Matthews, 1994, 2007; Καρύδας & Κουμαράς, 2003; Καρύδας, 2013):

- Να κατανοεί τις βασικές έννοιες, τους νόμους, τις αρχές και τα δεδομένα των φυσικών επιστημών.
- Να αντιλαμβάνεται την ποικιλία των επιστημονικών μεθοδολογιών, στάσεων και διαθέσεων, όπως και να τις αξιοποιεί κατάλληλα.
- Να συνδέει την επιστημονική θεωρία με την καθημερινή ζωή και να αναγνωρίζει χημικές, φυσικές και βιολογικές διεργασίες στον κόσμο που τον περιβάλλει.
- Να αναγνωρίζει τους ποικίλους τρόπους με τους οποίους οι Φυσικές Επιστήμες και η σχετική με αυτές τεχνολογία αλληλεπιδρούν με τις οικονομικές, πολιτισμικές και πολιτικές πλευρές της κοινωνίας.
- Να κατανοεί μέρη της ιστορίας των επιστημών και τους τρόπους με τους οποίους οι επιστήμες έχουν διαμορφώσει αλλά και έχουν οι ίδιες διαμορφωθεί από πολιτισμικές, ηθικές και θρησκευτικές επιρροές.
- Να διαθέτει μια σειρά από «ικανότητες κλειδιά» ή «ικανότητες ζωής» (ικανότητα παρατήρησης, διατύπωσης υποθέσεων, εξαγωγής συμπερασμάτων, ικανότητα σχεδιασμού και ανάλυσης, ικανότητα συνεργασίας σε ομάδες και δίκτυα κ.ο.κ.).

Ο ορισμός της επιστήμης με την ευρεία έννοια του όρου μπορεί να περιλαμβάνει και την τεχνολογία που χρησιμοποιεί τη γνώση των Φυσικών Επιστημών για να αναπτύξει και να σχεδιάσει νέα προϊόντα. Θα πρέπει να δεχθούμε το γεγονός ότι, ο επιστημονικός γραμματισμός είναι συνώνυμος με την κατανόηση της επιστήμης από το κοινό και αυτό εκ των πραγμάτων αποτελεί μια ευρεία έννοια (Deboer, 2000). Η έλλειψη της κατανόησης των τεχνο-επιστημονικών εννοιών από μέρους του κοινού εξισώνεται κατά τους Κουλαϊδής et al. (2002), με ένα γνωστικό κενό. Η άγνοια αυτή που εκδηλώνει το κοινό πάνω στα θέματα της Επιστήμης και της Τεχνολογίας αποτελεί μια ενεργητική κοινωνική στάση που καθορίζεται από τον αυτοπροσδιορισμό διαφόρων τμημάτων του κοινού σε σχέση με αυτές τις δύο περιοχές παρά μια παθητική στάση έλλειψης των κατάλληλων διανοητικών ικανοτήτων (Κουλαϊδής et al, 2002). Αυτό καθιστά αναγκαία την απόκτηση από τους μαθητές ατομικών και κοινωνικών δεξιοτήτων που θα τους βοηθήσουν ως ενήλικες να διαδραματίσουν υπεύθυνο ρόλο στην κοινωνία, από την άποψη (Roth & Lee, 2004):

α) της ανάπτυξης κοινωνικών αξιών που θα τους επιτρέψουν να λειτουργήσουν με υπεύθυνο τρόπο εντός της ομάδας, της κοινότητας, του έθνους

β) της δυνατότητας να λειτουργήσουν στον κόσμο της εργασίας ανεξάρτητα από τις ικανότητες και το επίπεδο ευθύνης και

γ) της κατοχής εννοιολογικού υποβάθρου και δεξιοτήτων μάθησης για να αντιμετωπίσουν την ανάγκη να έχουν μια σχετική δημόσια κατανόηση της επιστήμης και της τεχνολογίας σε μια μεταβαλλόμενη κοινωνία.

Έτσι, στο ΝΠΣ προτείνονται δραστηριότητες για τους μαθητές και τις μαθήτριες που θα προαγάγουν τον προβληματισμό τους για την ευκολία λάθους στην ερμηνεία ενός φαινομένου ή στις λύσεις ενός τεχνολογικού προβλήματος. Η εξέλιξη των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας αναγνωρίζεται ως προϊόν συνεργασίας πολλών διαφορετικών επιστημόνων από διαφορετικές κουλτούρες και σε διαφορετικές χρονικές στιγμές της ιστορίας.

Η διδακτική ενότητα των ηλεκτρικών και μαγνητικών φαινομένων ως κυρίαρχη δραστηριότητα

Σε αναζήτηση μιας απάντησης στο αίτημα της προέλευσης και της ανάπτυξης του νου, ο Leontyev διατύπωσε την έννοια της δραστηριότητας, ως βασική μονάδα ανάλυσης για την κατανόηση των αντικειμενικών και υποκειμενικών κόσμων του ατόμου. Πρόθεσή του ήταν να ξεφύγει από τα συμβατικά καρτεσιανά μοντέλα και τις παραδοσιακές μεθόδους της ψυχολογίας - όπως και ο μέντοράς του και συνάδελφός του Vygotsky - και να αναπτύξει μια νέα θεωρία που θα μπορούσε να συνδυάσει τον υλικό κόσμο με τον υποκειμενικό, ψυχικό κόσμο. Ενώ η ριζοσπαστική προσέγγισή του είχε παρόμοιες αρχές με αυτές του Vygotsky, ο Leontyev πήγε ένα βήμα παραπέρα προσδιορίζοντας την έννοια της δραστηριότητας, τονίζοντας τον εγγενώς συλλογικό χαρακτήρα της μάθησης (Barab, Evans, & Baek, 2004; Cole & Engeström, 1993; Cole, 1999; Davydov, 1999; Engeström, 1999b).

Σύμφωνα με την Πολιτιστική Ιστορική Θεωρία Δραστηριότητας (CHAT), η ανθρώπινη δραστηριότητα μπορεί να οριστεί ως μια διαδικασία που έχει έναν συγκεκριμένο στόχο, ο οποίος διαμορφώνει το πλαίσιο και αποτελεί ταυτόχρονα και το κίνητρο της δραστηριότητας. Αποτελείται από τις διαφορετικές στοχο-οριοθετημένες δράσεις οι οποίες διαμορφώνονται από αυτοματοποιημένες λειτουργικές διαδικασίες (πράξεις - ενέργειες). Η δραστηριότητα απεικονίζει μια ιδιαίτερη πλευρά της κοινωνικής συνύπαρξης των ανθρώπων και αποτελεί μια σκόπιμη αλλαγή της φυσικής και κοινωνικής πραγματικότητας (Davydov, 1999). Οι δραστηριότητες είναι μακροπρόθεσμοι σχηματισμοί των οποίων τα αντικείμενα μετασχηματίζονται σε αποτελέσματα διαμέσου μιας διαδικασίας, η οποία τυπικά συνίσταται σε σημαντικά βήματα και φάσεις (Jonassen & Murphy-Rohrer, 1999).

Η δραστηριότητα είναι μια μη προσθετική μονάδα, της φυσικής, υλικής υπόστασης του υλικού υποκειμένου. Με μια στενότερη έννοια, δηλαδή στο ψυχολογικό επίπεδο, αυτή είναι μια μονάδα της ζωής, διαμεσολαβημένη από νοητική αντανάκλαση, από μια εικόνα που η πραγματική της λειτουργία είναι να προσανατολίσει το υποκείμενο στον αντικειμενικό κόσμο (Leontyev, 2009a).

Τα παραδοσιακά στάδια ανάπτυξης σχεδιάστηκαν σε σχέση με το είδος της δραστηριότητας που κυριαρχεί στις ζωές των ανθρώπων σε μια δεδομένη ηλικία. Η **κυρίαρχη δραστηριότητα** είναι ιδιαίτερα ισχυρή πηγή των κινήτρων,

... ορισμένοι τύποι δραστηριοτήτων είναι οι βασικοί σε ένα συγκεκριμένο στάδιο και έχουν μεγαλύτερη σημασία για την μετέπειτα εξέλιξη του ατόμου, και άλλοι είναι λιγότερο σημαντικοί Μπορούμε να πούμε, επομένως, ότι κάθε στάδιο της ψυχικής ανάπτυξης χαρακτηρίζεται από μια καθορισμένη σχέση του παιδιού με την πραγματικότητα που είναι μεγαλύτερη σε κάθε στάδιο και με σαφή, ηγετικό ρόλο κάποιας δραστηριότητας (Leontyev, 2009b, p. 359).

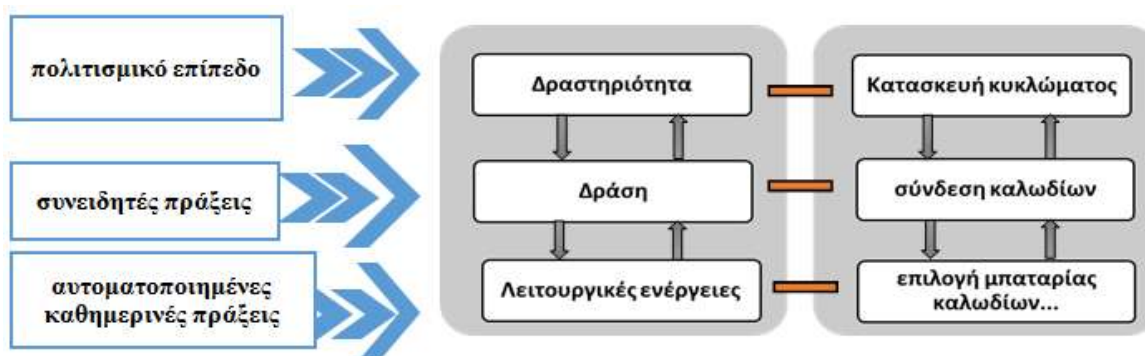
Μια σύντομη συσχέτιση μεταξύ των τυπικών σταδίων ανάπτυξης και της κυρίαρχης δραστηριότητας μας δίνουν οι Cole & Engeström (2007) όπως παρακάτω:

- Η αρχική, κύρια δραστηριότητα είναι ο συντονισμός με την ομάδα της οικογένειας, στην οποία κανείς γεννιέται.
- Στην προσχολική ηλικία το παιχνίδι αποτελεί την κυρίαρχη δραστηριότητα.
- Στη σχολική ηλικία η τυπική μάθηση γίνεται κυρίαρχη δραστηριότητα.
- Αργότερα στην εφηβεία οι σχέσεις με τους συνομήλικους γίνονται η κυρίαρχη δραστηριότητα.
- Στην ώριμη ηλικία, μετά την ηλικία των 18-19, η εργασία και το έργο αποτελούν την κυρίαρχη δραστηριότητα.

Στην παρούσα εργασία ασχολούμαστε με τη μελέτη της διδασκαλίας του ηλεκτρομαγνητισμού, η οποία θα μπορούσε να αποτελέσει ένα μέρος της τυπικής μάθησης ως **κυρίαρχης δραστηριότητας στη σχολική ηλικία**, καθώς τα παιδιά εκτελούν αρκετές δραστηριότητες με το ηλεκτρικό ρεύμα, είτε

στα παιχνίδια τους, είτε στην καθημερινή ζωή. Ο ηλεκτρομαγνητισμός αποτελεί βασικό κεφάλαιο των Φυσικών Επιστημών καθώς στην εξέλιξή του βασίζεται ολόκληρος ο σύγχρονος πολιτισμός με τη παραγωγή και τη χρήση του ηλεκτρικού ρεύματος. Μόνο ο ηλεκτρικός φωτισμός έχει κάνει την ανάγνωση και τη μελέτη το βράδυ δυνατή και εδώ και εκατό χρόνια η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας μεταβάλλει ριζικά τα μαθησιακά περιβάλλοντα στα περισσότερα σπίτια και σχολεία. Η ηλεκτροδότηση έχει παίξει σημαντικό ρόλο στην εκπαίδευση, κυρίως στον τομέα των επιστημών, και η πρόσβαση στην ηλεκτρική ενέργεια έχει ενισχύσει τη μάθηση με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους.

Η δραστηριότητα είναι κοινωνική πρακτική που προσανατολίζεται στο αντικείμενο. Το αντικείμενο μεταβάλλεται στον στόχο της δραστηριότητας που προσπαθεί να επιτύχει το άτομο. Μια οντότητα γίνεται ένα αντικείμενο της δραστηριότητας όταν ικανοποιεί μια ανθρώπινη ανάγκη. Το υποκείμενο κατασκευάζει το αντικείμενο, επιλέγοντας εκείνες τις ιδιότητες που αποδεικνύονται ουσιαστικές για την ανάπτυξη της κοινωνικής πρακτικής, χρησιμοποιώντας τα πολιτισμικά εργαλεία που λειτουργούν ως μορφές έκφρασης των γνωστικών κανόνων, των προτύπων, και των στόχων του ή των υποθέσεων που υποβάλλει για τη διενέργεια της δραστηριότητας. Το αντικείμενο καθορίζει τον ορίζοντα των πιθανών ενεργειών (Engeström, 1999a).



Σχήμα 1. Ιεραρχικά επίπεδα της δραστηριότητας

Επομένως, σύμφωνα με τον Leontyev, η θεμελιώδης αρχή της ανάλυσης είναι η ιεραρχική δόμηση της δραστηριότητας. Έτσι, ο Leontyev πρότεινε τρία ιεραρχικά επίπεδα της δραστηριότητας: των λειτουργικών ενεργειών, της δράσης και της δραστηριότητας (Leontyev, 2009a, 2009b). Τα ιεραρχικά αυτά επίπεδα θα μπορούσαμε να τα αντιπαραθέσουμε, με τον κίνδυνο να θυσιάσουμε τις λεπτές αποχρώσεις της ιδέας, με τις αυτοματοποιημένες καθημερινές πράξεις, με τις συνειδητές πράξεις και τέλος με το πολιτισμικό επίπεδο της συμπεριφοράς μας (Σχήμα 1) (Kuutti, 1996).

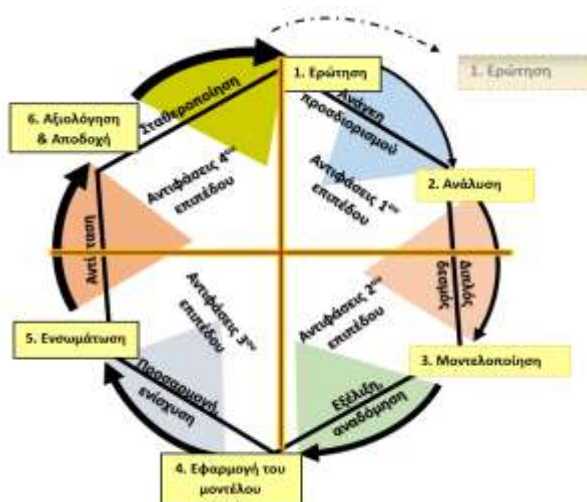
Ένα παράδειγμα της λειτουργικής διαδικασίας μπορεί να είναι η κατασκευή ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος. Στην αρχή κάθε βήμα της διαδικασίας (σύνδεση ενός καλωδίου με το θετικό πόλο της μπαταρίας και τον λαμπτήρα - ενός άλλου καλωδίου με τον αρνητικό πόλο της μπαταρίας και το ένα άκρο του διακόπτη - σύνδεση καλωδίου με το άλλο άκρο του διακόπτη και με τον λαμπτήρα) είναι μια συνειδητή δράση που πραγματικά χρειάζεται σχεδιασμό, αλληλουχία και λήψη αποφάσεων. Πολλές φορές είναι αναγκαίος και ένας σύντομος σχεδιασμός της συνδεσμολογίας. Σύντομα όμως οι συνειδητές ενέργειες αρχίζουν να μετατρέπονται σε αυτοματοποιημένες διαδικασίες.

Ακολουθία των ενεργειών μιας μαθησιακής δραστηριότητας

Η διαδικασία της επεκτατικής μάθησης πρέπει να νοηθεί και ως δημιουργία και επίλυση των αντιφάσεων (Engeström & Sannino, 2010). Συστημικές αντιφάσεις που εκδηλώνονται με διαταραχές και καινοτομίες, προσφέρουν δυνατότητες για επεκτατικούς αναπτυξιακούς μετασχηματισμούς. Τέτοιοι μετασχηματισμοί προχωρούν μέσα από τους σταδιακά αναπτυσσόμενους επεκτατικούς κύκλους της μάθησης, οι οποίοι αρχίζουν με δράσεις που αμφισβητούν την υπάρχουσα πρακτική, στη συνέχεια προχωρούν σε δράσεις για την ανάλυση των αντιφάσεων και στη μοντελοποίηση για τη ζώνη της επικείμενης ανάπτυξης. Ακολουθούν δράσεις για την εξέταση και την εφαρμογή του νέου μοντέλου. Επίσης, η επεκτατική μάθηση περιλαμβάνει και την οριζόντια διεύρυνση της συλλογικής εμπειρίας, μέσω της συζήτησης και της διαπραγμάτευσης νέων διαφορετικών προοπτικών και εννοιών (Engeström, 2003).

Η επεκτατική μάθηση οδηγεί στον σχηματισμό ενός νέου, διευρυμένου αντικειμένου και στον επανασχεδιασμό της δραστηριότητας που είναι προσανατολισμένη προς το αντικείμενο/στόχο. Αυτό περιλαμβάνει τον σχηματισμό μιας θεωρητικής έννοιας της νέας δραστηριότητας, η οποία βασίζεται στην αντίληψη και μοντελοποίηση της αρχικής απλής σχέσης, που δίνει αφορμή για τη νέα δραστηριότητα και δημιουργεί ποικίλες συγκεκριμένες εκφάνσεις της. Η δημιουργία ενός νέου, διευρυμένου αντικειμένου και των αντίστοιχων νέων συστατικών στοιχείων της δραστηριότητας, απαιτεί και επιφέρει συλλογική και κατανομημένη εργασία. Η αμφισβήτηση και το ξεπέρασμα των περιορισμών της υφιστάμενης δραστηριότητας οδηγεί στην είσοδο σε όλη την ανεξερεύνητη έκταση της ζώνης της επικείμενης ανάπτυξης. Με άλλα λόγια, το «τι;» της επεκτατικής μάθησης αναπτύσσεται σε μια τριπλή διάσταση: σε ένα διευρυμένο μοντέλο της δραστηριότητας, στην αντίστοιχη θεωρητική έννοια, και σε μια νέα μορφή δράσης και λειτουργίας (Engeström & Sannino, 2010).

Ένας τυπικός επεκτατικός κύκλος μπορεί να απεικονιστεί διαγραμματικά με τη βοήθεια του Σχήματος 2. Τα παχύτερα βέλη δείχνουν το πεδίο επέκτασης και τη συμμετοχή στις εκπαιδευτικές δράσεις. Ο κύκλος της επεκτατικής μάθησης δεν είναι μια καθολική φόρμουλα από φάσεις ή στάδια. Στην πραγματικότητα, δεν μπορεί να βρεθεί ποτέ μια συγκεκριμένη συλλογική διαδικασία μάθησης, που να ακολουθεί καθαρά το ιδανικό-τυπικό μοντέλο.



Σχήμα 2. Οι φάσεις – στάδια του επεκτατικού κύκλου

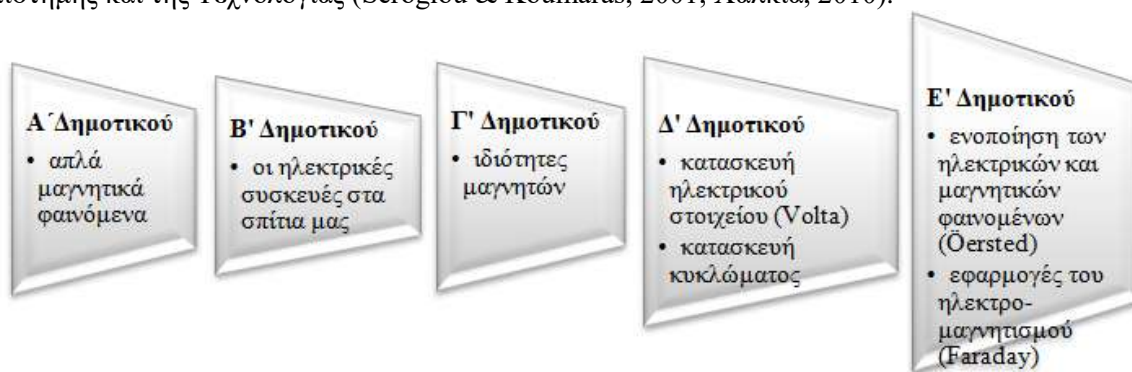
Το μοντέλο είναι μια εννοιολογική διαδικασία που προέρχεται από τη λογική της μετάβασης από το αφηρημένο στο συγκεκριμένο. Η μαθησιακή δραστηριότητα ή η επεκτατική μάθηση οδηγεί στον σχηματισμό των θεωρητικών εννοιών. Κάθε φορά που κάποιος μελετά μια δυναμικά επεκτατική διαδικασία μάθησης με τη βοήθεια του μοντέλου, η κρίση και η αξιολόγηση εμπλουτίζει τις θεωρητικές ιδέες του μοντέλου. Υπό το πρίσμα αυτό, είναι απαραίτητο το μοντέλο της επεκτατικής μάθησης να είναι ακριβές και λεπτομερές (Engeström & Sannino, 2010).

Μια χαρακτηριστική ακολουθία των ενεργειών μιας μαθησιακής δραστηριότητας σε έναν επεκτατικό κύκλο περιγράφεται από τον Engeström (1999) ως εξής: **Ερώτημα, Ανάλυση της κατάστασης, Μοντελοποίηση, Εφαρμογή του μοντέλου, Ενσωμάτωση του μοντέλου, Αξιολόγηση και Αποδοχή.**

Θεματική ενότητα: Ηλεκτρικά και Μαγνητικά φαινόμενα

Η διδακτική ενότητα του ηλεκτρομαγνητισμού μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να αυξήσουν τη διάθεσή τους να πειραματιστούν, να εμπλακούν πιο εύκολα σε διερευνητικές δραστηριότητες, να αλληλεπιδράσουν και να αυτενεργήσουν. Ως εκ τούτου, ο ηλεκτρομαγνητισμός θεωρείται ένα από τα πλέον κατάλληλα αντικείμενα της Σχολικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, του οποίου η μάθηση περιλαμβάνει το πέρασμα από το κοινωνικό στο προσωπικό επίπεδο (Πλακίτση et al, 2014). Στοιχεία της Ιστορίας των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας, π.χ. ιστορικά πειράματα που βοήθησαν στην αλλαγή των επιστημονικών ιδεών, μπορούν να συμβάλουν ουσιαστικά στο εν λόγω πέρασμα,

θέτοντας ως πρωταρχικό σκοπό την πολιτισμική ενσωμάτωση των μαθητών στην κουλτούρα της Επιστήμης και της Τεχνολογίας (Seroglou & Koumaras, 2001; Χαλκιά, 2010).



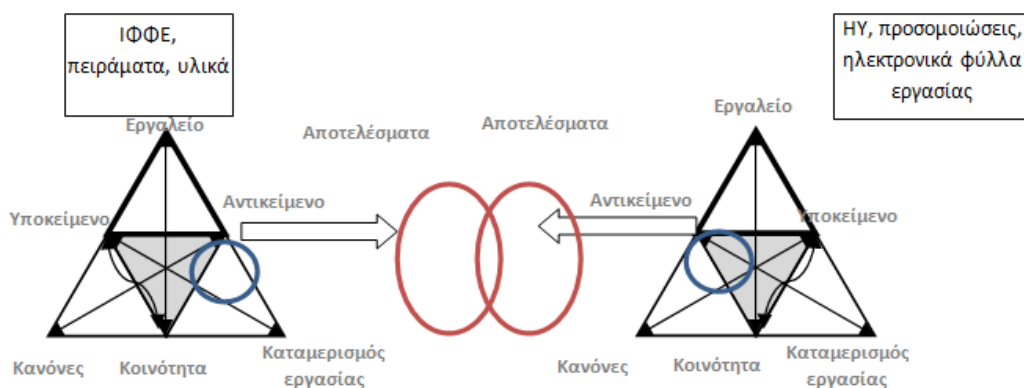
Σχήμα 3. Η οργάνωση της διδασκαλίας του ηλεκτρομαγνητισμού στο Νέο Πρόγραμμα Σπουδών

Με βάση το παραπάνω σκεπτικό, επιλέχθηκε αρχικά η ιστορική προσέγγιση της ενότητας από την Α' μέχρι την Ε' τάξη και η περαιτέρω ένταξή της στη Στ' τάξη στο περιεχόμενο της ενέργειας (ηλεκτρική ενέργεια, μεταφορά, μετατροπή).

Από την Α' έως την Δ' τάξη τα ηλεκτρικά και μαγνητικά φαινόμενα εισάγονται ξεχωριστά ακολουθώντας την ιστορική εξέλιξη των Φυσικών Επιστημών (σχήμα 3).

Στην Ε' τάξη τα ηλεκτρικά και μαγνητικά φαινόμενα ενοποιούνται. Κομβικό χαρακτηριστικό της διδακτικής προσέγγισης είναι η «αφηγηματική γραμμή» (Stinner et al. 2003), η οποία ακολουθεί την ιστορική εξέλιξη της έννοιας του ηλεκτρομαγνητισμού από τον 15ο έως τον 19ο αιώνα. Η δημιουργία μιας «αφηγηματικής γραμμής» (story line), μέσω της οποίας θα αναδεικνύεται η κεντρική ιδέα/έννοια (ηλεκτρομαγνητισμός), μπορεί να είναι εννοιολογική ή ιστορική (Πλακίτση κ.ά., 2011).

Δημιουργείται ένα σύστημα από δύο δραστηριότητες, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 4, με την πρώτη δραστηριότητα να προσανατολίζεται από το αντικείμενο, τον ιδιαίτερο στόχο της διδασκαλίας, με έκβαση την ανάπτυξη της έννοιας του ηλεκτρομαγνητισμού, με τη διαμεσολάβηση των εργαλείων που είναι τα στοιχεία από την Ιστορία και τη Φιλοσοφία των Φυσικών Επιστημών (ΙΦΦΕ) και το γνωστικό μέρος της κλασικής Φυσικής. Η δεύτερη δραστηριότητα προσανατολίζεται προς το αντικείμενο της διδασκαλίας/δραστηριότητας με τη συμβολή της συνεργατικής μάθησης και τη βοήθεια του υπολογιστή. Η κάθε μια δραστηριότητα του συστήματος παράγει αποτελέσματα, η τομή των οποίων αποτελεί την έκβαση του συστήματος και τη γνωστική ανάπτυξη της έννοιας του ηλεκτρομαγνητισμού και τη χρήση της από τους μαθητές στην καθημερινότητά τους. Φυσικά σύμφωνα με τον Engeström τόσο οι μαθητές όσο και οι εκπαιδευτικοί λαμβάνουν μέρος ταυτόχρονα σε πολλές δραστηριότητες με αντικρουόμενα πολλές φορές αντικείμενα-στόχους κατά τη συμμετοχή τους σε μια μαθησιακή διαδικασία. Μπορούμε να εντοπίσουμε ένα δεύτερο σύστημα δραστηριοτήτων σχετικά με τη συμμετοχή των «σημαντικών» τρίτων στη μάθηση των μαθητών όπως είναι οι γονείς και τα αδέρφια. Όμως αυτός ο στόχος ξεφεύγει κατά πολύ από τα όρια της παρούσας μελέτης και γι αυτό δεν λαμβάνεται υπόψη.



Σχήμα 4. Σύστημα δραστηριοτήτων ανάπτυξης της έννοιας του ηλεκτρομαγνητισμού

Με βάση αυτό το αρχικό σύστημα δραστηριοτήτων, όπου οι μαθητές δρουν και εργάζονται, σχεδιάστηκαν επτά δραστηριότητες για τη διδασκαλία του ηλεκτρομαγνητισμού με δική τους στοχοθεσία κάθε φορά, οι οποίες αποτέλεσαν ξεχωριστές διδασκαλίες (μία δραστηριότητα σε κάθε μάθημα). Κάθε δραστηριότητα δομείται με βάση τις αρχές και τα στάδια της επεκτατικής μάθησης.

- Πρώτη δραστηριότητα: Από τα παιχνίδια με μαγνήτες στα ηλεκτρικά & μαγνητικά φαινόμενα.
- Δεύτερη δραστηριότητα: Από την έλξη του μαγνήτη στην έλξη άλλων σωμάτων.
- Τρίτη δραστηριότητα: Από τον ηλεκτρισμό των ζώων στην κατασκευή της μπαταρίας.
- Τέταρτη δραστηριότητα: Από τον ηλεκτρισμό στον μαγνητισμό: Το πείραμα του Oersted.
- Πέμπτη δραστηριότητα: Από τον ηλεκτρισμό στον μαγνητισμό – ο ηλεκτρομαγνήτης.
- Έκτη δραστηριότητα: Οι νέες ανακαλύψεις που άλλαξαν τον κόσμο – ο κινητήρας.
- Έβδομη δραστηριότητα: Οι νέες ανακαλύψεις που άλλαξαν τον κόσμο - η γεννήτρια.

Συμπεράσματα

Τα βασικά χαρακτηριστικά που αναδεικνύονται από ένα ισχυρό περιβάλλον μάθησης ενισχύει τη βέλτιστη διαδικασία μάθησης στο οποίο αντανακλώνται οι βασικές πτυχές, όπως διαμορφώθηκαν και περιγράφηκαν στην παρούσα εργασία. Εν κατακλείδι, η διάκριση των παρακάτω βασικών χαρακτηριστικών των ισχυρών περιβαλλόντων μάθησης (Smeets, 2005) ευελπιστούμε να αναδεικνύονται και από τη δική μας μελέτη:

- Τα πλούσια περιβάλλοντα να είναι αυθεντικά και να συνδέονται όσο το δυνατό περισσότερο με την πραγματική ζωή, έξω από την αίθουσα διδασκαλίας.
- να διεγείρεται η ενεργός και ανεξάρτητη μάθηση.
- να διαμορφώνονται οι καλύτερες το δυνατό συνθήκες για τη συνεργατική μάθηση.
- το πρόγραμμα σπουδών να είναι προσαρμοσμένο στις ιδιαίτερες ανάγκες και τις δυνατότητες του κάθε μαθητή.

Η αξιοποίηση - μεταφορά της επεκτατικής μάθησης της θεωρίας της δραστηριότητας στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών μπορεί να λειτουργήσει αποτελεσματικά για το σχεδιασμό των μαθημάτων των Φ.Ε. Η εφικτότητα του μοντέλου διαπιστώνεται από τη δυνατότητα εφαρμογής του στο καθημερινό σχολικό περιβάλλον, έτσι ώστε η διαμόρφωση και η οργάνωση των σταδίων σύμφωνα με τις αρχές της επεκτατικής μάθησης, να βοηθάει αποτελεσματικά τους μαθητές να προχωρήσουν σε εκείνες τις εννοιολογικές αλλαγές που τους οδηγούν τελικά σε ουσιαστική μάθηση.

Ο συνδυασμός πολυμέσων και διαδικτυακών εργαλείων μας επιτρέπει να δημιουργήσουμε ένα προσιτό σύστημα δραστηριότητας - διδασκαλίας - που ενθαρρύνει την κατάρτιση και προσφέρει συγχρόνως τη δυνατότητα στο υποκείμενο να αποκτήσει πρόσβαση σε έναν εμπειρογνώμονα ή σε έναν ικανότερο συμμαθητή του, όποτε κρίνει ότι του είναι απαραίτητος. Επιπλέον, λαμβάνει υπόψη την προσωπική τοποθέτηση των συμμαθητών του και των προβλημάτων που υπάρχουν στις σχέσεις τους. Αυτό τους βοηθά να αναπτύξουν αυτονομία και πρωτοβουλίες για την ενίσχυση της ικανότητας αλληλεπίδρασης και συνεργασίας με τους συμμαθητές τους, καθώς και του περιορισμού των χρονικών προβλημάτων. Οι Roth & Lee (2004) ισχυρίζονται ότι στην κοινότητα, η γνώση των πολιτών είναι συλλογική και κατανομημένη σε κάθε μέλος της κοινωνίας και ότι η ζωή μας μέσα στην κοινωνία βασίζεται θεμελιωδώς στην κατανομή της εργασίας. Αυτός ο ισχυρισμός μπορεί να είναι μια κεντρική προϋπόθεση για τη διδασκαλία οποιωνδήποτε κοινωνικών πρακτικών στην εκπαίδευση των Φ.Ε. (Plakitsi, 2010b).

Επίσης η «συλλογική δράση» (Nardi, 1996) είναι ένα αναλυτικό εργαλείο για την κατανόηση των αναδυόμενων αντιφάσεων κατά τη διάρκεια της συνεργατικής εργασίας, αλλά και ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την αναδόμηση και επίλυση των αντιφάσεων με δημιουργικό αποτέλεσμα για τους μαθητές. Είναι επομένως αυτονόητη, η ενθάρρυνση των εκπαιδευτικών για την χρήση συλλογικών δραστηριοτήτων κατά τη διδασκαλία τους στο μάθημα των φυσικών επιστημών.

Έτσι οι μαθητές ενώ συμμετέχουν σε πολλαπλά συστήματα δραστηριοτήτων ταυτόχρονα, η κάθε δραστηριότητα είναι σαφώς προσδιορισμένη και καθορισμένη. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στον εκπαιδευτικό να οριοθετεί τις σχέσεις μεταξύ εμπλεκόμενων σε κάθε δραστηριότητα.

Η εσωτερίκευση της λειτουργίας αποτελεί σημαντικό μηχανισμό για την επιτάχυνση της ταχύτητας των αυτοματοποιημένων διαδικασιών και επομένως και των δράσεων, επειδή η ψυχική λειτουργία δεν περιορίζεται από την ταχύτητα κίνησης των μυών (Cole, 2007), για παράδειγμα η

εσωτερικήυση από τους μαθητές του μηχανισμού της κατασκευής ηλεκτρικού κυκλώματος. Ο μηχανισμός της λειτουργίας του ηλεκτρικού κυκλώματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν οι μαθητές θα κληθούν να κατασκευάσουν ιδιαίτερα και πολύπλοκα ηλεκτρικά κυκλώματα, κάτι που όμως δεν αποτελεί αντικείμενο των φυσικών επιστημών στο δημοτικό.

Η διαμεσολάβηση των εργαλείων στην εκτέλεση της δραστηριότητας βοηθά τους μαθητές να συνειδητοποιήσουν ότι η ατομική και συλλογική συμπεριφορά επηρεάζει τα χαρακτηριστικά ενός εξελισσόμενου μαθησιακού αντικείμενου.

Η ιστορικοπολιτισμική ανάπτυξη του αντικείμενου - στόχου που οδηγεί στην οικοδόμηση της έννοιας του ηλεκτρομαγνητισμού, αρχίζει να διαμορφώνεται στην πρώτη δραστηριότητα, εξελίσσεται και αναπτύσσεται σταδιακά μέχρι και την τελευταία διδασκαλία. Οι ίδιοι, οι μαθητές διαμορφώνουν τους κανόνες που είναι απαραίτητοι, στα πλαίσια της μαθητικής κοινότητας ώστε να εξελιχθεί η δραστηριότητα.

Αναφορές

- Allchin, D. (2014). From Science Studies to Scientific Literacy: A View from the Classroom. *Science & Education*. <http://doi.org/10.1007/s11191-013-9672-8>
- Barab, S. A., Evans, M. A., & Baek, E. (2004). Activity theory as a lens for characterizing the participatory the unit. In D. H. Jonassen (Ed.), *Handbook of Research for Educational Communications and Technology* (pp. 199–214). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Brush, S. G. (1989). History of science and science education. *Interchange*, 20(2), 60–70. <http://doi.org/10.1007/BF01807048>
- Cole, M. (1999). Cultural Psychology: Some general principles and a concrete example. In Y. Engeström, R. Miettinen, & R. Punamäki (Eds.), *Perspectives on Activity Theory*. NY: Cambridge University Press.
- Cole, M. (2007). Phylogeny and cultural history in ontogeny. *Journal of Physiology, Paris*, 101(4-6), 236–246. <http://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2007.11.007>
- Cole, M., & Engeström, Y. (1993). A cultural historical approach to distributed cognition. In G. Salomon (Ed.), *Distributed Cognitions: Psychological and Educational Considerations* (p. 275). Cambridge: Cambridge University Press.
- Cole, M., & Engeström, Y. (2007). Cultural-historical approaches to designing for development. In J. Valsiner & A. Rosa (Eds.), *The Cambridge handbook of sociocultural psychology* (pp. 484–507). New York: Cambridge University Press.
- Davydov, V. (1999). The content and unsolved problems of activity theory. In Y. Engeström, R. Miettinen, & R. Punamäki (Eds.), *Perspectives on Activity Theory*. NY: Cambridge University Press.
- Deboer, G. E. (2000). Scientific Literacy : Another Look at Its Historical and Contemporary Meanings and Its Relationship to Science Education Reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582–601.
- Dimasi, M., & Aravani, E. (2013). Η παιδαγωγική των πολυγραμματισμών στα σχολικά εγχειρίδια της Νεοελληνικής γλώσσας του Γυμνασίου: ουτοπία ή πραγματικότητα; *MAJESS*, (2), 55–64. <http://doi.org/10.6007/MAJESS/v1-i2/458>
- Engeström, Y. (1999a). Activity theory and individual social transformation. In Y. Engeström, R. Miettinen, & R.-L. Punamäki (Eds.), *Perspectives on Activity Theory* (pp. 19–38). NY: Cambridge University Press.
- Engeström, Y. (1999b). Introduction to the German edition of Learning by Expanding. In Y. Engeström (Ed.), *Lernen durch Expansion*. Marburg: BdWi-Verlag.
- Engeström, Y. (2003). The horizontal dimension of expansive learning: Weaving a texture of cognitive trails in the terrain of health care in Helsinki. In *Paper presented at the international symposium "New Challenges to Research on Learning"*, March 21-23. University of Helsinki, Finland.
- Engeström, Y., & Sannino, A. (2010). Studies of expansive learning : Foundations , findings and future challenges. *Educational Research Review*, 5, 1–24. <http://doi.org/10.1016/j.edurev.2009.12.002>
- Jonassen, D. H., & Murphy-Rohrer, L. (1999). Activity Theory as a Framework for Designing Constructivist Learning Environments. *Educational Technology Research & Design*, 47(1), 61–79.
- Kalantzis, M., & Cope, B. (2001). Πολυγραμματισμοί. In A. Χριστίδης (Ed.), *Εγκυκλοπαιδικός οδηγός για τη γλώσσα* (pp. 214 – 216). Θεσσαλονίκη: Κέντρο Ελληνικής Γλώσσας.
- Klein, P. D. (2006). The Challenges of Scientific Literacy: From the viewpoint of second-generation cognitive science. *International Journal of Science Education*, 28(2-3), 143–178. <http://doi.org/10.1080/09500690500336627>
- Kuutti, K. (1996). Activity Theory as a potential framework for human- computer interaction research. In B. A. Nardi (Ed.), *Context and Consciousness: Activity Theory and Human Computer Interaction* (pp. 17–44). Cambridge: Mit Press.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of Science : Past , Present , and Future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 831–880). Taylor & Francis.

- Leontyev, A. N. (2009a). *Activity and Consciousness*. Pacifica, CA 94044; USA: Marxists Internet Archive.
- Leontyev, A. N. (2009b). *The Development of Mind*. Printed by Bookmasters, Inc., Ohio: 2009 by Marxists Internet Archive, Erythrós Press and Media.
- Matthews, M. (1994). *Science Teaching, The role of History and Philosophy of Science*, Routledge, New York. Routledge.
- Matthews, M. (2007). *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες: Ο ρόλος της ιστορίας και της φιλοσοφίας των φυσικών επιστημών στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών*. (Φ. Σέρογλου, Ed., Α. Μουμτζή, Trans.). Θεσσαλονίκη: Επίκεντρο.
- Nardi, B. A. (1996). *Context and Consciousness: Activity Theory and Human-Computer Interaction*. Mit Press.
- Plakitsi, K. (2010a). Collective curriculum design as a tool for rethinking scientific literacy. *Cultural Studies of Science Education*, 5(3), 577–590. <http://doi.org/10.1007/s11422-010-9288-0>
- Plakitsi, K. (2010b). Collective curriculum design as a tool for rethinking scientific literacy. *Cultural Studies of Science Education*, 5(3), 577–590. <http://doi.org/10.1007/s11422-010-9288-0>
- Roth, W.-M., & Lee, S. (2004). Science education as/for participation in the community. *Science Education*, 88(2), 263–291.
- Seroglou, F., & Koumaras, P. (2001). The contribution of the history of physics in physics education: A review. *Science & Education*, 10, 153–172.
- Smeets, E. (2005). Does ICT contribute to powerful learning environments in primary education? *Computers & Education*, 44(3), 343–355. <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2004.04.003>
- Stamoulis, E., & Plakitsi, K. (2013). Activity Theory, History and Philosophy of science, and ICT technologies in science teaching applications. In K. Plakitsi (Ed.), *Activity Theory in Formal and Informal Science Education* (pp. 111–157). Sense Publishers.
- Καρύδας, Α. (2013). Γραμματισμός στις Φυσικές Επιστήμες και πρακτικές εφαρμογές στο σχολείο. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα & Πράξη*, (44-45), 18–26. Retrieved from <http://www.lib.uoi.gr/serp>
- Καρύδας, Α., & Κουμαράς, Π. (2003). Επιστημονικός και Τεχνολογικός Αλφαριθμητισμός: Ιστορικές, κοινωνικές και Σημασιολογικές προσεγγίσεις. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, (6), 9–21.
- Κουλαϊδής, Β., Δημόπουλος, Κ., Σκλαβενίτη, Σ., & Χρηστίδου, Β. (2002). *Τα κείμενα της τεχνο- επιστήμης στον δημόσιο χώρο* (2nd ed.). Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Πλακίτση, Κ., Σπύρτου, Α., Παπαδοπούλου, Π., Τσαπαρλής, Γ., Καλογιαννάκης, Μ., Μαλανδράκης, Γ., ... Σταμούλης, Ε. (2011). *Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικών Επιστημών Δημοτικού για το «Νέο Σχολείο»*. Διαθέσιμο στο Ψηφιακό Σχολείο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://ebooks.edu.gr/new/ps.php>.
- Πλακίτση, Κ., Σταμούλης, Ε., Παπαδοπούλου, Π., Καλογιαννάκης, Μ., Μαλανδράκης, Γ., Σούλιος, Ι., ... Ζουπίδης, Α. (2014). Το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικών Επιστημών για την Υποχρεωτική Εκπαίδευση – Προτεινόμενο Εκπαιδευτικό Υλικό. In Μ. Σκουμιός & Χ. Σκουμπουρδή (Eds.), *1ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή, «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»* (pp. 137–172). Ρόδος.
- Χαλκιά, Κ. (2010). *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες: Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις*. Αθήνα: Πατάκης.
- Χατζή, Μ. (2010). *Γραμματισμός και φυσικές επιστήμες στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση*. Πανεπιστήμιο Αθηνών, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης. Retrieved from <http://phdtheses.ekt.gr/eadd/handle/10442/24216>

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Εξ αποστάσεως σεμινάριο επιμόρφωσης εκπαιδευτικών σε θέματα διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών: οι ζωντανοί οργανισμοί

Ευτυχία Νάννη

Δασκάλα (MSc), Υπ. Διδάκτορας Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

e.nanni@hotmail.com

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ένα σεμινάριο επιμόρφωσης εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης που υλοποιήθηκε από ερευνητές του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Πρόκειται για μια πρόταση επιμορφωτικού σεμιναρίου με τη μέθοδο της εξ' αποστάσεως εκπαίδευσης σε θέματα διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Το σεμινάριο πραγματοποιήθηκε μέσω της υπηρεσίας ασύγχρονης τηλεεκπαίδευσης (Moodle) του Πανεπιστημίου και διήρκεσε συνολικά 5 εβδομάδες. Η θεματική του αφορούσε στη διδασκαλία εννοιών της έμβιας ύλης στο δημοτικό και αποσκοπούσε στην επιμόρφωση εν ενεργεία εκπαιδευτικών. Το διαδικτυακό σεμινάριο παρακολούθησαν 28 εκπαιδευτικοί από διάφορους νομούς της Ελλάδος, οι οποίοι κατά τη διάρκεια του συμμετείχαν σε ομαδικές εργασίες και διαδικτυακές συζητήσεις, εκπονούσαν ατομικές εργασίες ή μελετούσαν εκπαιδευτικό υλικό. Με την ολοκλήρωση του σεμιναρίου, οι εκπαιδευτικοί εφάρμοσαν στην σχολική τάξη τους ένα διδακτικό σενάριο διδασκαλίας εννοιών της έμβιας ύλης, δικής τους επιλογής, και συμμετείχαν προαιρετικά σε μια διαδικασία αναστοχασμού των διδακτικών πρακτικών τους. Τα αποτελέσματα του σεμιναρίου καταδεικνύουν τη θετική συμβολή της συγκεκριμένης επιμορφωτικής δράσης.

Λέξεις κλειδιά: εξ' αποστάσεως εκπαίδευση εκπαιδευτικών, moodle, έμβια ύλη, πρωτοβάθμια εκπαίδευση

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια έχει διαπιστωθεί ένα διαρκές και συνεχώς αυξανόμενο ενδιαφέρον της παγκόσμιας εκπαιδευτικής κοινότητας για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης (Next Generation Science Standards, 2013; American Association for the Advancement of Science [AAAS], 1989; Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2007; Osborne & Dillon, 2008). Σε ανακοίνωσή της, το 2012, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αναφέρει ότι οι δεξιότητες που σχετίζονται με την Επιστήμη, την Τεχνολογία, την Ενέργεια και τα Μαθηματικά (STEM) εξακολουθούν να αποτελούν υψηλή προτεραιότητα για την εκπαίδευση, συγκαταλέγοντάς τες στις βασικές δεξιότητες του 21ου αιώνα (European Commission [EC], 2012). Στα πλαίσια αυτών των προτάσεων και συζητήσεων, τονίζεται διαρκώς η αναγκαιότητα σχεδιασμού νέων αναλυτικών προγραμμάτων που παρέχουν διεπιστημονική προσέγγιση στην εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και στην Τεχνολογία, βασικές γνώσεις και δεξιότητες και επιστημονικό εγγραμματισμό για όλους. Συγχρόνως, η ατζέντα της Ευρωπαϊκής Ένωσης επισημαίνει ότι η διά βίου μάθηση θα πρέπει να θεωρείται ως θεμελιώδης αρχή στην οποία θα βασίζεται ολόκληρο το εκπαιδευτικό πλαίσιο, το οποίο έχει σχεδιασθεί ώστε να καλύπτει κάθε είδους μάθηση - τυπική, μη τυπική και άτυπη - σε όλα τα επίπεδα: από την προσχολική και την πρωτοβάθμια εκπαίδευση έως την τριτοβάθμια εκπαίδευση, την επαγγελματική εκπαίδευση και κατάρτιση και την εκπαίδευση των ενηλίκων.

Η εξέλιξη της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών ως αυτόνομος επιστημονικός κλάδος διεθνώς, συνοδεύτηκε από πλήθος επιστημονικών ερευνών και μελετών σχετικά με τη μάθηση και τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Ποικίλες έρευνες που εστιάζουν στην καταγραφή και ανίχνευση των αντιλήψεων των μαθητών για έννοιες των Φυσικών Επιστημών, στις διαφορετικές διδακτικές προσεγγίσεις που προτείνονται, στο σχεδιασμό κατάλληλου διδακτικού υλικού, στις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και σε πλήθος άλλες ερευνητικές περιοχές που σχετίζονται με τη διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Σημαντικό μερίδιο του ερευνητικού αυτού ενδιαφέροντος κατέχει και η μελέτη του ρόλου που διαδραματίζει ο εκπαιδευτικός των Φυσικών Επιστημών στην διδακτική και μαθησιακή διαδικασία. Και αυτό γιατί η ποιότητα της εκπαιδευτικής διαδικασίας είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τον εκπαιδευτικό, ο οποίος οφείλει να συνδιαμορφώνει τη σχολική πραγματικότητα και συμβάλλει στην προώθηση των εκπαιδευτικών αλλαγών και στην

αποτελεσματικότητα της παιδαγωγικής πράξης. Η επιμόρφωση του εκπαιδευτικού αναγνωρίζεται πλέον ως αναπόσπαστο μέρος της επαγγελματικής τους ανάπτυξης, καθώς αποτελεί μια από τις σημαντικότερες συνιστώσες των διαχρονικών προσπαθειών για την βελτίωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας και συνδέεται με τον μετασχηματισμό του σε ενεργό και κριτικό συνδημιουργό του νέου εκπαιδευτικού περιβάλλοντος (Αναστασιάδης, 2013).

Ο τρόπος ανάπτυξης των προγραμμάτων επιμόρφωσης για τις Φυσικές Επιστήμες διαφέρει από χώρα σε χώρα και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η παράδοση της επιμόρφωσης, η αρχική εκπαίδευση των εκπαιδευτικών, τα αναλυτικά προγράμματα, η επίδραση της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (Μπαγάκης κ.ά, 1997). Σε κάθε περίπτωση, όμως, κρίνεται αναγκαία μια συνεχής επιμόρφωση, καθώς τα αναλυτικά προγράμματα και τα σχολικά εγχειρίδια διαρκώς ανανεώνονται, λόγω της προόδου των επιστημών που σχετίζονται με τη διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Για να διαδραματίσει ο εκπαιδευτικός επιτυχώς το ρόλο του στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, απαιτείται μια πιο συστηματική και μακροχρόνια εκπαίδευση των εκπαιδευτικών, με υπόβαθρο ένα επιστημολογικό πλουραλισμό στη διαπραγμάτευση των εννοιών και των θεμάτων. Παράλληλα, χρειάζεται παράπλευρη υποστήριξη και βιωματική εμπλοκή των εκπαιδευτικών σε διαδικασίες έρευνας δράσης και ομάδες ειδικών (Πλακίτση, 2008). Να δίνεται η δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να αλληλεπιδρούν με τους συναδέλφους τους και να ανταλλάσσουν ιδέες και εμπειρίες από τη διδακτική και μαθησιακή διαδικασία.

Η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών εντάσσεται στον τομέα της εκπαίδευσης των ενηλίκων, ένας τομέας που αναπτύσσεται ραγδαία τα τελευταία χρόνια και στη χώρα μας, προκειμένου να εξυπηρετήσει τις ανάγκες που ανακύπτουν από την αλματώδη ανάπτυξη των επιστημών και των τεχνολογιών. Η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στόχο έχει να ευαισθητοποιήσει τους εκπαιδευτικούς σχετικά με τις νέες εκπαιδευτικές ανάγκες και προκλήσεις του 21ου αιώνα, την υψηλή ποιότητα της παρεχόμενης εκπαίδευσης, την αξιοποίηση της εκπαιδευτικής τεχνολογίας, τη σύνδεση του σχολείου με την κοινωνική, οικονομική, πολιτισμική και περιβαλλοντική πραγματικότητα και την ενεργητική συμμετοχή των εκπαιδευτικών στην αναβάθμιση της εκπαίδευσης. Στην κατεύθυνση αυτή, σε ό,τι αφορά την εκπαίδευση ενηλίκων γενικά και ειδικότερα την εκπαίδευση των εκπαιδευτικών, η σύγχρονη κοινωνικοοικονομική πραγματικότητα έχει θέσει ως προϋπόθεση την υιοθέτηση νέων καινοτόμων μορφών εκπαίδευσης, όπως η εξ αποστάσεως εκπαίδευση.

Ο όρος εξ αποστάσεως εκπαίδευση, στην πιο γενική του διάσταση, χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις εκπαιδευτικές δραστηριότητες κατά τις οποίες ο εκπαιδευόμενος βρίσκεται σε μια φυσική απόσταση από τον εκπαιδευτή του και χρησιμοποιεί κάποια μορφής τεχνολογία για να επικοινωνήσει μαζί του και να έχει πρόσβαση στο εκπαιδευτικό υλικό. Η εξ αποστάσεως εκπαίδευση βρίσκεται στις μέρες μας στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος και ολοένα και περισσότεροι φορείς παροχής εκπαίδευσης ενηλίκων την υιοθετούν, σε μια προσπάθεια να προσφέρουν εκπαίδευση σε ένα ευρύτερο κοινό από αυτό που είναι δυνατόν να παρακολουθήσει εκπαιδευτικές δραστηριότητες με τις συμβατικές εκπαιδευτικές μεθόδους (εκπαίδευση σε αίθουσες διδασκαλίας και εργαστήρια) (Μουζάκης, 2006). Η αξιοποίηση μεθόδων σύγχρονης και ασύγχρονης εξ αποστάσεως εκπαίδευσης και η χρήση νέων τεχνολογιών, ως μια καινοτόμα και ευέλικτη μέθοδος εκπαίδευσης, προωθείται τόσο από πανεπιστημιακούς φορείς (Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, πλατφόρμες Πανεπιστημίων e-class, κτλ.) όσο και από Κέντρα Επαγγελματικής Κατάρτισης (δημόσια ή ιδιωτικά). Η δημοφιλέστερη πλατφόρμα για τη διεξαγωγή ηλεκτρονικών μαθημάτων μέσω διαδικτύου που προσφέρει ολοκληρωμένες υπηρεσίες Ασύγχρονης Τηλεκπαίδευσης, είναι η πλατφόρμα Moodle.

Ακολουθώντας τις εξελίξεις στον τομέα της εκπαίδευσης ενηλίκων και τις νέες μεθόδους επιμόρφωσης, σχεδιάσαμε και υλοποιήσαμε στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων ένα διαδικτυακό σεμινάριο επιμόρφωσης εκπαιδευτικών σε θέματα διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών και ειδικότερα σε θέματα που σχετίζονται με την ενότητα της έμβιας ύλης.

Η έννοια της έμβιας ύλης αποτελεί το αντικείμενο μελέτης της βιολογικής επιστήμης, ως ένας κλάδος των Φυσικών Επιστημών που μελετά τη δομή και τη λειτουργία όλων των έμβιων οργανισμών. Συγχρόνως, η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην υποχρεωτική εκπαίδευση επιδιώκει πρωτίστως να συμβάλλει στην ενίσχυση του επιστημονικού εγγραμματισμού, μέσω της απόκτησης γνώσεων σχετικών με θεωρίες, νόμους και αρχές που αφορούν τα επιμέρους γνωστικά αντικείμενα των Φυσικών Επιστημών. Με αυτόν τον τρόπο, οι μαθητές είναι ικανοί να ερμηνεύουν τα φυσικά, χημικά, βιολογικά και γεωλογικά/γεωγραφικά φαινόμενα, αλλά και καταστάσεις ή διαδικασίες που αφορούν τους οργανισμούς και τις σχέσεις τους με το περιβάλλον στο οποίο ζουν. Η διδασκαλία εννοιών της έμβιας ύλης συμπεριλαμβάνεται στα περισσότερα προγράμματα σπουδών ως

μια βασική γνώση, από την προσχολική ακόμη ηλικία. Παρόλα αυτά, πλήθος ερευνών έχουν δείξει ότι ακόμη και στο τέλος της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, ένα σημαντικό ποσοστό των μαθητών δεν αντιλαμβάνονται την έννοια της έμβιας ύλης, με τέτοιο τρόπο που να ανταποκρίνεται σε βιολογικούς όρους (Venville, 2004). Το γεγονός ότι το μάθημα της βιολογίας περιλαμβάνει πολλές αφηρημένες έννοιες δημιουργεί στους μαθητές δυσκολία στην κατασκευή της γνώσης τους (Keles & Kefeli, 2010).

Στο νέο πρόγραμμα σπουδών για τις Φυσικές Επιστήμες στην υποχρεωτική εκπαίδευση, το οποίο δομείται πάνω σε εννέα θεματικές ενότητες, τα θέματα διδασκαλίας της έμβιας ύλης περιλαμβάνονται στην ενότητα **Η ζωή γύρω μας**. Η θεματική αυτή ενότητα απαντάται και διατρέχει όλες τις τάξεις του δημοτικού.

Στην παρούσα εργασία θα περιγράψουμε λεπτομερώς τη δομή και τον τρόπο υλοποίησης του διαδικτυακού σεμιναρίου επιμόρφωσης εκπαιδευτικών που διοργανώθηκε από τη Σχολή Επιστημών Αγωγής (Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών) του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Περιγραφή του επιμορφωτικού σεμιναρίου

Στο πλαίσιο ευρύτερης έρευνας με σκοπό τη διερεύνηση της διαδικασίας επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών σε θέματα διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε διαδικτυακό σεμινάριο επιμόρφωσης εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης με θέμα *Διδασκαλία θεμάτων των Φυσικών Επιστημών - Οι ζωντανοί οργανισμοί*. Το σεμινάριο διεξήχθη κατά το σχολικό έτος 2013-2014 και ειδικότερα στο διάστημα από 13/11/2013 έως 16/12/2013 και υλοποιήθηκε με τη μέθοδο της εξ αποστάσεως εκπαίδευσης, μέσω της υπηρεσίας ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης (πλατφόρμα Moodle) που φιλοξενείται στον ιστότοπο του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων (<http://ecourse.uoi.gr/course/index.php?categoryid=61>).

Αρχικά πραγματοποιήθηκε ανοικτή πρόσκληση μέσω των Διευθύνσεων Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης της Περιφέρειας Ηπείρου (νομοί Ιωαννίνων, Θεσπρωτίας, Άρτας και Πρέβεζας), της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης Κέρκυρας και του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων σε όσους εκπαιδευτικούς επιθυμούσαν να υποβάλλουν αίτηση για συμμετοχή στο σεμινάριο. Επιλέγηκαν 28 εκπαιδευτικοί που υπηρετούσαν σε διαφορετικούς τύπους σχολείων (12/θέσιο, 6/θέσιο, 1/θέσιο, Ειδικό) και δίδασκαν σε διάφορα τμήματα και τάξεις του δημοτικού σχολείου (Α' έως και ΣΤ' τάξη, ολοήμερο τμήμα, τμήμα ένταξης). Οι επιμορφούμενοι ήταν εκπαιδευτικοί με λίγα χρόνια υπηρεσίας (3-4 έτη), με παραπάνω (10-15 έτη) ή και με πολλά (20-25 έτη), με ορισμένους να κατέχουν μεταπτυχιακούς τίτλους σπουδών ή μετεκπαίδευσης.

Το σεμινάριο είχε διάρκεια 5 εβδομάδων (50 ωρών συνολικά) και σκοπός του ήταν η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σε θέματα διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών και ειδικότερα σε θεματικές εννοιών της έμβιας ύλης. Οι επιμέρους στόχοι του σεμιναρίου ήταν με την ολοκλήρωση του σεμιναρίου οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί να είναι σε θέση:

- ✓ να αναγνωρίζουν τη σημασία διδασκαλίας ενοτήτων της έμβιας ύλης
- ✓ να γνωρίζουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των ενοτήτων της έμβιας ύλης στο δημοτικό
- ✓ να σχεδιάσουν και να οργανώσουν δραστηριότητες για τη διδασκαλία ενοτήτων της έμβιας ύλης
- ✓ να εφαρμόζουν νέες μεθόδους διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών
- ✓ να αλληλεπιδρούν μέσα σε μια κοινότητα μάθησης.

Το σεμινάριο δομούνταν σε 6 ενότητες, η καθεμία από τις οποίες διήρκεσε 5 ή 6 ημέρες. Πρόκειται για τις ενότητες:

Α' ενότητα. Εισαγωγή στην εξ αποστάσεως εκπαιδευτική μεθοδολογία και στο σεμινάριο

Στόχος της εισαγωγικής ενότητας ήταν η εξοικείωση των εκπαιδευομένων με την πλατφόρμα, η γνωριμία των συμμετεχόντων μεταξύ τους, καθώς και η συμμετοχή σε διαδικτυακή συζήτηση σχετικά με τις προσδοκίες των συμμετεχόντων από το σεμινάριο και τους λόγους που τους οδήγησαν σε αυτό.

Β' ενότητα. Ο εκπαιδευτικός ως οργανωτής κοινωνικών αλληλεπιδράσεων

Σε αυτή την ενότητα οι εκπαιδευόμενοι μελέτησαν το ρόλο του εκπαιδευτικού στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Εργάστηκαν ατομικά και ομαδικά. Αρχικά, μελέτησαν σχετικό εκπαιδευτικό υλικό που τους διατέθηκε ψηφιακά και στη συνέχεια εργάστηκαν σε ομάδες των 4 ή 5 ατόμων προκειμένου να εκπονήσουν την εργασία τους. Η συνεργασία των ομάδων πραγματοποιούνταν σε forum συζήτησης, όπου και αναρτούσαν το υλικό τους.

Γ' ενότητα. Η ζωή γύρω μας

Στην τρίτη ενότητα οι εκπαιδευόμενοι μελέτησαν την ενότητα "Η ζωή γύρω μας" που διατρέχει όλο το πρόγραμμα σπουδών των Φυσικών Επιστημών από την Α' έως και την ΣΤ' Δημοτικού. Αφού μελέτησαν το διατεθέν υλικό, εργάστηκαν στις ομάδες τους για την εκπόνηση της δεύτερης εργασίας που αφορούσε την θεματική της έμβιας ύλης στο δημοτικό σχολείο.

Δ' ενότητα. Καλλιερμώντας στάσεις και δεξιότητες για τη ζωή γύρω μας

Στόχος της τέταρτης ενότητας ήταν η ανάπτυξη δραστηριοτήτων για τη διδασκαλία των εννοιών της έμβιας ύλης από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς. Διατέθηκε στους εκπαιδευόμενους πλούσιο και ποικίλο υλικό με εναλλακτικές δραστηριότητες διδασκαλίας της έμβιας ύλης, με στόχο την απεμπλοκή τους από το σχολικό εγχειρίδιο. Δραστηριότητες που επικεντρώνονται κυρίως σε δράσεις έξω από τη σχολική αίθουσα, σε αυθεντικά μαθησιακά περιβάλλοντα, που δεν περιορίζονται μόνο στην απόκτηση γνώσεων, αλλά και στην καλλιέργεια στάσεων, αξιών και συναισθημάτων για το φυσικό περιβάλλον. Οι εκπαιδευόμενοι εργάστηκαν ομαδικά για την ανάπτυξη πρωτότυπων δραστηριοτήτων για τη διδασκαλία μιας ενότητας της θεματικής της έμβιας ύλης.

Ε' ενότητα. Εξέλιξη των δραστηριοτήτων για τη διδασκαλία εννοιών της έμβιας ύλης

Η ενότητα αυτή στόχευε στην αλληλεπίδραση των εκπαιδευομένων και την εξέλιξη των δραστηριοτήτων που είχαν ήδη αναπτυχθεί από τις ομάδες. Οι συμμετέχοντες εργάστηκαν ατομικά και μελέτησαν το σύνολο των δραστηριοτήτων που πρότειναν στην προηγούμενη ενότητα όλες οι ομάδες. Στη συνέχεια, κλήθηκαν να εξελίξουν 2 ή 3 δραστηριότητες της επιλογής τους και να καταγράψουν τις προτάσεις τους.

ΣΤ' ενότητα. Οργάνωση της διδασκαλίας εννοιών της έμβιας ύλης

Η τελευταία ενότητα του σεμιναρίου περιελάμβανε το σχεδιασμό ενός ολοκληρωμένου εκπαιδευτικού σεναρίου από τη θεματική *Η ζωή γύρω μας* από τον κάθε συμμετέχοντα. Οι εκπαιδευόμενοι εργάστηκαν ατομικά και συνέθεσαν πρωτότυπα διδακτικά σενάρια, τα οποία και "μοιράστηκαν" με τους συναδέλφους τους.

Με την ολοκλήρωση του σεμιναρίου ζητήθηκε από τους επιμορφούμενους η εφαρμογή ενός διδακτικού σεναρίου σε μία σχολική τάξη (με ελεύθερη επιλογή από τα αναρτημένα στο σεμινάριο από τους ίδιους ή τους συναδέλφους τους ή ακόμη και εκτός σεμιναρίου). Η εφαρμογή στην τάξη είχε προαιρετικό χαρακτήρα. Ανταποκρίθηκαν 19 εκπαιδευτικοί (το 68%), οι οποίοι αφού εφάρμοσαν σε βάθος χρόνου 2-3 μηνών το διδακτικό σενάριο στην τάξη τους, κλήθηκαν να συμπληρώσουν ένα εργαλείο αναστοχασμού που αφορούσε τη διδασκαλία τους. Σε 8 από αυτές τις διδασκαλίες η διδάσκουσα του σεμιναρίου είχε ρόλο παρατηρητή, χωρίς καμία παρέμβαση στη διδασκαλία. Μετά τη διδασκαλία όμως ακολούθησε μια μακρά συζήτηση μεταξύ της διδάσκουσας και του επιμορφούμενου εκπαιδευτικού σε θέματα που αφορούσαν το σεμινάριο και τη διδασκαλία των εννοιών της έμβιας ύλης.

Το σύνολο των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στο σεμινάριο παρέλαβαν με την ολοκλήρωσή του *Βεβαιώσεις Επιτυχούς Παρακολούθησης Σεμιναρίου*.

Αποτίμηση του επιμορφωτικού σεμιναρίου

Στο πλαίσιο της ανάγκης για ανατροφοδότηση σχετικά με το σχεδιασμό και την αποτελεσματικότητα του εν λόγω διαδικτυακού σεμιναρίου, πραγματοποιήθηκαν μια σειρά από ενέργειες σε διάφορα στάδια της επιμόρφωσης. Οι ενέργειες αυτές αποσκοπούσαν στη συλλογή δεδομένων σχετικά με τη διερεύνηση των προσδοκιών των συμμετεχόντων εκπαιδευτικών, τις αντιλήψεις τους για θέματα διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, την αποτίμηση των γνώσεων που αποκόμισαν από το σεμινάριο, την εφαρμογή της νέας γνώσης και την αξιολόγηση της διαδικασίας και της λειτουργικότητας του μοντέλου της εξ αποστάσεως επιμόρφωσης. Η διαδικασία αποτίμησης και αξιολόγησης του σεμιναρίου πραγματοποιήθηκε με τη χρήση τόσο ποιοτικών όσο και ποσοτικών μεθοδολογικών εργαλείων. Η μεικτή προσέγγιση και η υιοθέτηση ενός συνδυασμού ποιοτικών και ποσοτικών προσεγγίσεων, τεχνικών και εννοιών οδηγεί σε μια σφαιρικότερη, πληρέστερη και συμπληρωματική διερεύνηση ερευνητικών ερωτημάτων (Καλογεράκη, 2013). Παράλληλα, η

μεθοδολογική πρακτική της συνδυαστικής αξιοποίησης διαφορετικών μεθόδων προφυλάσσει τον ερευνητή από στρεβλώσεις που μπορεί να προκύψουν από τη μονοδιάστατη χρήση μιας και μοναδικής μεθόδου (Μακράκης, 1998). Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

α) Ερωτηματολόγιο διερεύνησης και καταγραφής των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών για θέματα διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών και διδασκαλίας ενοτήτων της έμβιας ύλης. Το ερωτηματολόγιο περιελάμβανε τόσο ανοικτού όσο και κλειστού τύπου ερωτήσεις και συμπληρώθηκε από τους επιμορφούμενους στην έναρξη του σεμιναρίου. Το ίδιο εργαλείο χρησιμοποιήθηκε και στην λήξη του σεμιναρίου, μετά την κατάλληλη επαναδιατύπωση των ερωτήσεων.

β) Διαδικτυακές συζητήσεις των εκπαιδευόμενων σχετικά με θέματα του σεμιναρίου, που ελάμβαναν χώρα σε καθορισμένα forums.

γ) Ημερολόγιο καταγραφής και αναλυτικής περιγραφής των γεγονότων που συντελούνταν κατά στη διάρκεια του σεμιναρίου με τη μορφή αναφορών (log files), διαθέσιμων από την εκπαιδευτική πλατφόρμα.

δ) Ερωτηματολόγιο διερεύνησης του βαθμού επίτευξης των προσδοκιών των εκπαιδευτικών από το σεμινάριο και αποτίμησης των γνώσεων που αποκόμισαν από το σεμινάριο. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση του σεμιναρίου σε σχέση με τη γενική ικανοποίηση των συμμετεχόντων, τη λειτουργικότητα της πλατφόρμας και τη δομή του σεμιναρίου. Το ερωτηματολόγιο περιελάμβανε τόσο ανοικτού όσο και κλειστού τύπου ερωτήσεις και συμπληρώθηκε από τους επιμορφούμενους μετά τη λήξη του σεμιναρίου.

ε) Παρατήρηση από την πλευρά της διδάσκουσας-ερευνήτριας κατά τη διάρκεια της εφαρμογής του διδακτικού σεναρίου από τους εκπαιδευτικούς στην σχολική τους τάξη.

στ) Μη δομημένη (ή σε βάθος) συνέντευξη που έλαβε χώρα μετά την ολοκλήρωση της διδακτική εφαρμογής ανάμεσα στην διδάσκουσα-ερευνήτρια του σεμιναρίου και τον εκάστοτε εκπαιδευτικό.

ζ) Εργαλείο αναστοχασμού των εκπαιδευτικών μετά από διδασκαλία. Το συγκεκριμένο εργαλείο συμπληρώθηκε από τους εκπαιδευτικούς αμέσως μετά την εφαρμογή του διδακτικού σεναρίου στην σχολική τους τάξη και περιελάμβανε τον αναστοχασμό του εκπαιδευτικού σε διάφορους τομείς/πεδία του μαθήματος (στοχοθεσία, οργάνωση, δραστηριότητες, μοντέλα διδασκαλίας, κ.ά.).

Τα στενά όρια μιας ολιγοσέλιδης εργασίας δεν μας επιτρέπουν, προφανώς, να παρουσιάσουμε το σύνολο των αποτελεσμάτων από την επεξεργασία των παραπάνω δεδομένων που ελήφθησαν από το επιμορφωτικό σεμινάριο. Θα προσπαθήσουμε όμως, εν συντομία, να παραθέσουμε μια γενική αποτίμηση του σεμιναρίου, σε διάφορα επίπεδα της επιμορφωτικής αυτής δράσης.

Αρχικά, με την έναρξη του σεμιναρίου πραγματοποιήθηκε διερεύνηση των προσδοκιών των εκπαιδευτικών από το επιμορφωτικό σεμινάριο. Οι εκπαιδευτικοί κλήθηκαν μέσω συγκεκριμένου χώρου ανοικτής συζήτησης να εκφράσουν τόσο τις προσδοκίες τους όσο και τους λόγους που τους οδήγησαν στο σεμινάριο. Η συντριπτική πλειοψηφία των εκπαιδευτικών δήλωσαν ότι ο κυριότερος λόγος που αιτήθηκαν τη συμμετοχή τους στο συγκεκριμένο σεμινάριο ήταν ο τρόπος διεξαγωγής του. Το γεγονός, δηλαδή, ότι το σεμινάριο διεξάγονταν μέσω ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης και δεν απαιτούσε τη φυσική παρουσία των εκπαιδευόμενων. Βασικό επίσης λόγο έπαιξε και η θεματολογία του σεμιναρίου, καθώς για τους περισσότερους εκπαιδευόμενους οι Φυσικές Επιστήμες είτε ήταν μέσα στα ενδιαφέροντά τους. Ενδεικτικά, αναφέρουμε ορισμένες από τις απαντήσεις που έδωσαν οι εκπαιδευόμενοι σχετικά με τα κίνητρα συμμετοχής τους.

«Ο καθοριστικότερος όλων των παραγόντων που με οδήγησε στη συμμετοχή μου σ' αυτό το σεμινάριο ήταν ο λόγος της ελεύθερης κατανομής του χρόνου (ενασχόληση/συμμετοχή/επικοινωνία) συγκριτικά με σεμινάρια που απαιτούν τη φυσική παρουσία».

«Ο λόγος που επέλεξα να παρακολουθήσω το συγκεκριμένο σεμινάριο, είναι πρωτίστως το θέμα του και ακολούθως, ο καινοτόμος τρόπος διεξαγωγής του».

«Οι λόγοι που με οδήγησαν να παρακολουθήσω αυτό το επιμορφωτικό σεμινάριο ήταν η επιθυμία μου για εκμάθηση καινοτόμων πρακτικών αλλά και ο τρόπος διεξαγωγής του».

Αναφορικά με τις προσδοκίες των συμμετεχόντων από το σεμινάριο, το σύνολο των εκπαιδευτικών εξέφρασαν υψηλές προσδοκίες από αυτό, οι οποίες αφορούσαν κυρίως την οργάνωση της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών και την αναζήτηση καινοτόμων τρόπων διδασκαλίας του συγκεκριμένου αντικειμένου. Με τις απαντήσεις τους, οι εκπαιδευτικοί δήλωσαν την επιθυμία τους να

γίνουν «καλύτεροι εκπαιδευτικοί» στην πράξη και να αντλήσουν από το σεμινάριο ό,τι περισσότερο μπορούσαν για να βελτιώσουν τον τρόπο διδασκαλίας τους. Από τη διατύπωση των προσδοκιών, είναι σαφές ότι οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί αναζητούν μια ουσιαστική επιμόρφωση που θα έχει αντίκρυσμα στην διδασκαλία τους, μακριά από θεωρητικές προσεγγίσεις που δεν συμβάλλουν στην ανάπτυξη πρακτικών δεξιοτήτων. Ορισμένες από τις απαντήσεις τους ήταν:

«Συμμετέχοντας σε αυτήν την επιμόρφωση περιμένω να ενημερωθώ για τον τρόπο που θα μπορέσω να οργανώσω τη διδασκαλία μου σύμφωνα με τα νέα προγράμματα σπουδών. Να μάθω ποια άλλα μέσα μπορώ να χρησιμοποιήσω για να πετύχω τους διδακτικούς μου στόχους».

«Ο τρόπος με τον οποίο θα βοηθήσουμε τα παιδιά κατά τη διδασκαλία των Φ.Ε., αλλά και να εμπλουτίσουμε τη μεθοδολογία μας, είναι το ζητούμενο για μένα. Πιστεύω ότι το σεμινάριο θα μας βοηθήσει να γίνουμε καλύτεροι εκπαιδευτικοί ως προς το κομμάτι αυτό».

«Θεωρώ ότι η εμπειρία μου με το συγκεκριμένο διαδικτυακό σεμινάριο θα βελτιώσει τις μεθόδους και τρόπους διδασκαλίας και θα με βοηθήσει άμεσα αλλά και μελλοντικά».

«Προσδοκώ μετά το τέλος του σεμιναρίου να έχω έρθει σε επαφή και να έχω αντλήσει νέες ιδέες για τον τρόπο με τον οποίο μπορούμε να σχεδιάσουμε και να οργανώσουμε δραστηριότητες για τη διδασκαλία ενοτήτων των Φ. Επιστημών, πέρα από τις συνηθισμένες».

Όπως αναφέρθηκε και προηγούμενα, κατά τη διάρκεια του σεμιναρίου, οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί αφού μελέτησαν και μοιράστηκαν ποικίλο εκπαιδευτικό υλικό που τους διατέθηκε σε ψηφιακή μορφή, εργάστηκαν ατομικά ή ομαδικά για την εκπόνηση διαφόρων εργασιών που κυρίως σχετίζονταν με δραστηριότητες διδασκαλίας ενοτήτων της έμβιας ύλης. Συγκεντρωτικά, οι εκπαιδευόμενοι εκπόνησαν 18 ομαδικές εργασίες, που αφορούσαν τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο δημοτικό και τη διδασκαλία ενοτήτων της έμβιας ύλης. Οι ομαδικές αυτές εργασίες περιελάμβαναν συγχρόνως και την ανάπτυξη πρωτότυπων δραστηριοτήτων για τη διδασκαλία της ενότητας σε όλες τις τάξεις του δημοτικού. Αναπτύχθηκαν έτσι μετά από ομαδική εργασία περίπου 40 δραστηριότητες, οι οποίες και αναρτήθηκαν ψηφιακά σε κατάλληλο χώρο της πλατφόρμας του σεμιναρίου. Στη συνέχεια, ο καθένας ατομικά πρότεινε την εξέλιξη ορισμένων από αυτές τις δραστηριότητες. Μέσα από αυτή διαδικασία προέκυψαν ακόμη περίπου 100 δραστηριότητες, οι οποίες επίσης αναρτήθηκαν και είναι διαθέσιμες στην πλατφόρμα. Οι δραστηριότητες αυτές περιλαμβάνουν διάφορες προτάσεις διδασκαλίας, όπως παρουσιάσεις, βίντεο, χρήση εκπαιδευτικών λογισμικών, φύλλα εργασίας, αφηγήσεις, θέατρο, βιωματικά εργαστήρια, επισκέψεις στο πεδίο, κ.ά. Στην τελευταία ενότητα του σεμιναρίου, οι εκπαιδευόμενοι εργάστηκαν ατομικά και σχεδίασαν 28 ολοκληρωμένα πρωτότυπα εκπαιδευτικά σενάρια. Το σύνολο του παραπάνω υλικού που διατέθηκε και παράχθηκε κατά τη διάρκεια του σεμιναρίου, παραμένει διαθέσιμο στους εκπαιδευτικούς, ως μια πολύτιμη πηγή εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία ενοτήτων της έμβιας ύλης σε όλες τις τάξεις του δημοτικού.

Με την ολοκλήρωση του σεμιναρίου, πραγματοποιήθηκε σε δεύτερο χρόνο, μέσω του τελικού ερωτηματολογίου, διερεύνηση του βαθμού εκπλήρωσης των προσδοκιών των συμμετεχόντων από το σεμινάριο. Από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών προκύπτει ότι το σεμινάριο ανταποκρίθηκε σε μεγάλο βαθμό στις προσδοκίες τους. Ειδικότερα, εξέφρασαν την ικανοποίησή τους σε ό,τι αφορά τον τρόπο διεξαγωγής τους, που αποτέλεσε άλλωστε και για την πλειοψηφία βασικό λόγο για την συμμετοχή τους στο σεμινάριο, την καινοτομία που αφορούσε στο σχεδιασμό του, τις δυνατότητες που έδινε για σύνδεση θεωρίας και πράξης και το γενικότερο επίπεδο γνώσεων και εμπειριών που απέκτησαν. Αξιοσημείωτο είναι ότι το σύνολο των εκπαιδευτικών, τοποθέτησαν σε πρωταρχική θέση όσων αποκόμισαν την αλληλεπίδρασή τους με τους άλλους εκπαιδευτικούς. Παρόλο που για τους περισσότερους δεν αποτέλεσε αρχικά ούτε κίνητρο για τη συμμετοχή τους, αλλά ούτε και ζητούμενο από την επιμόρφωση, μετά την ολοκλήρωση του σεμιναρίου εκφράστηκαν πολύ θετικά και ενθουσιωδώς για αυτό το κομμάτι της εμπειρίας τους. Παράλληλα, σημαντική θέση, σχεδόν εξίσου με την αλληλεπίδρασή τους, κατείχε στις απαντήσεις τους η ικανοποίησή τους από το γεγονός ότι όσα έμαθαν είχαν άμεση πρακτική εφαρμογή στην τάξη τους και δεν αναλώθηκαν σε θεωρητικές γνώσεις. Παρακάτω αναφέρουμε μερικές ενδεικτικές απαντήσεις τους στον τομέα αυτό:

«Υπήρχε πολύ καλή οργάνωση και υποστήριξη. Με βοήθησε πολύ η εργασία σε ομάδες και πήρα πολλά από τους συναδέλφους μου. Πολύ σημαντική για μένα ήταν η διαπίστωση της δυναμικής και της επίδρασης της ομάδας στη νέα γνώση. Είδα βιωματικά κάτι που καλούμαι να εφαρμόσω στους μαθητές μου».

«Είναι αναγκαίο να επισημάνω την καινοτομία και την πρωτοποριακή δομή του σεμιναρίου. Μας βοήθησε τόσο σε επίπεδο γνωστικό όσο και στη συνεργατικότητα».

«Έκανα πραγματικά ένα μεγάλο αλλά ευχάριστο "ταξίδι" στον κόσμο της γνώσης και της μάθησης. Όλα αυτά που διάβασα, είδα, άκουσα... αποτελούν ένα πολύτιμο εφόδιο, αλλά και πηγή έμπνευσης για μελλοντικές δραστηριότητες!! ».

«Με την ποικιλία του υλικού και την αλληλεπίδραση μέσα από τις ομάδες εμπλουτίσατε τις γνώσεις μου και με εμπνεύσατε για βιωματικές διδασκαλίες που θα ενθουσιάσουν τους μαθητές μου και θα διευκολύνουν τη μετάδοση των γνώσεων και συμπεριφορών».

«Πρακτικό και επίκαιρο και άμεσα συνδεδεμένο με την καθημερινή μου εκπαιδευτική πράξη».

Παράλληλα με τη διερεύνηση του βαθμού ικανοποίησης και των προσδοκιών των συμμετεχόντων, ζητήθηκε από τους εκπαιδευτικούς να εκφράσουν τυχόν αρνητικές εμπειρίες από το σεμινάριο ή να προτείνουν τρόπους βελτίωσης και εξέλιξης τους. Σε γενικές γραμμές δεν αναφέρθηκαν αρνητικά σχόλια, παρά μόνο 2-3 μεμονωμένες περιπτώσεις που αναφέρονταν κυρίως στη διάρκεια του σεμιναρίου. Επιθυμούσαν μικρότερη ή μεγαλύτερη διάρκεια. Στις προτάσεις τους όμως αρκετοί ήταν αυτοί που εξέφρασαν την επιθυμία τους για επέκταση του συγκεκριμένου σεμιναρίου και σε άλλες ενότητες των Φυσικών Επιστημών. Μια πρόταση πολύ ενδιαφέρουσα, που αποτελεί συγχρόνως και πρόκληση για τους γράφοντες. Παρακάτω ακολουθούν μερικές από τις προτάσεις:

«Μεγαλύτερο χρονικό διάστημα ώστε να γίνονται περισσότερες δραστηριότητες».

«Θα με ενδιέφερε πολύ αν το διαδικτυακό σεμινάριο επεκτεινόταν και σε άλλες ενότητες των Φυσικών Επιστημών».

«Χρειάζονται διαλείμματα ανατροφοδότησης. Θα μπορούσε μελλοντικά να επεκταθεί σε όλες τις ενότητες των Φ.Ε.».

Συμπεράσματα

Η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες βρίσκεται στο επίκεντρο των συζητήσεων της παγκόσμιας εκπαιδευτικής κοινότητας, τόσο γιατί συνδέεται άρρηκτα με την ανάπτυξη του επιστημονικού εγγραμματισμού όσο και γιατί μεταβάλλεται με γοργούς ρυθμούς λόγω της συνεχούς προόδου των επιστημών. Σημαίνοντα ρόλο στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών κατέχει ο εκπαιδευτικός που θα αναλάβει να διδάξει το συγκεκριμένο μάθημα, καθώς προκειμένου να εφαρμόσει την κατάλληλη διδακτική προσέγγιση και να συντάξει αντίστοιχα σχέδια μαθήματος και πορείες διδασκαλίας θα πρέπει να λάβει υπόψη του πλήθος παραγόντων. Το κοινωνικοπολιτισμικό πλαίσιο που λαμβάνει χώρα η διδασκαλία, το διδακτικό αντικείμενο, τα διαθέσιμα διδακτικά εργαλεία, τα γνωστικά και συναισθηματικά χαρακτηριστικά των μαθητών, οι θεωρίες μάθησης αποτελούν ορισμένους μόνο από τους παράγοντες αυτούς.

Σε αυτή την πολύπλευρη και πολυδιάστατη διαδικασία, η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών αποτελεί αναπόσπαστο μέρος για τη βελτίωση του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος. Ειδικά στο τομέα των Φυσικών Επιστημών, πλήθος ερευνών καταδεικνύουν την ανάγκη και επιθυμία των εκπαιδευτικών για επιμόρφωση. Συγχρόνως, οι εκπαιδευτικοί αναζητούν νέες μορφές επιμόρφωσης, που να υποστηρίζουν ευέλικτες εκπαιδευτικές διαδικασίες, όπως η εξ αποστάσεως ασύγχρονη εκπαίδευση όπου ο εκπαιδευτής και οι εκπαιδευόμενοι δεν εργάζονται στον ίδιο χώρο ή χρόνο.

Το εξ αποστάσεως σεμινάριο επιμόρφωσης εκπαιδευτικών για θέματα διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών που υλοποιήσαμε στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, μας κατέδειξε ορισμένα χρήσιμα

συμπεράσματα, αναφορικά με την διαδικασία επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών. Καταρχήν, η εκπαιδευτική πλατφόρμα Moodle παρέχει ένα ικανοποιητικό περιβάλλον με μεγάλη ευελιξία για την οργάνωση αντίστοιχων σεμιναρίων. Η λειτουργία της πλατφόρμας ικανοποιεί πλήρως τις ανάγκες του σεμιναρίου και οι εκπαιδευτικοί είναι σε θέση να παρακολουθήσουν και να συμμετέχουν επιτυχώς στο σεμινάριο ακόμη και αν δεν κατέχουν προχωρημένες γνώσεις χρήσης ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί επέλεξαν να συμμετάσχουν στο σεμινάριο, κυρίως λόγω του τρόπου διεξαγωγής του, κάτι που επεσήμαναν ως θετική εμπειρία και με την ολοκλήρωσή του. Τοποθετούν σε υψηλή θέση τα πλεονεκτήματα της ασύγχρονης εκπαίδευσης (μη φυσική παρουσία, ευελιξία χρόνου, αλληλεπίδραση με συναδέλφους, κτλ.) έναντι των συμβατικών μορφών εκπαίδευσης. Το γεγονός αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά το σχεδιασμό επιμορφωτικών προγραμμάτων για εκπαιδευτικούς. Επιπρόσθετα, αξίζει να τονίσουμε ιδιαίτερα την πολύ θετική στάση που ανέπτυξαν οι εκπαιδευόμενοι στις συνεργατικές δράσεις του σεμιναρίου. Η συνεργασία και η αλληλεπίδραση των εκπαιδευτικών αποτελεί ζητούμενο της εκπαιδευτικής κοινότητας τόσο σε επίπεδο σχολείων, όσο και σε επίπεδο πολλαπλών δικτύων εκπαιδευτικών. Παρόμοιες επιμορφωτικές δράσεις και συναντήσεις μπορεί να αποτελούν το κλειδί για την προώθηση της συνεργασίας ανάμεσα στους εκπαιδευτικούς.

Σε γενικές γραμμές η αποτίμηση του επιμορφωτικού σεμιναρίου ήταν θετική από τους επιμορφούμενους εκπαιδευτικούς, επισημαίνοντας ιδιαίτερα την πρακτική προσέγγιση του σεμιναρίου. Σύμφωνα με τις δηλώσεις του, τα επιμορφωτικά σεμινάρια που απευθύνονται σε ενεργειακά εκπαιδευτικούς οφείλουν να εμπεριέχουν δράσεις που προάγουν τις πρακτικές δεξιότητές τους και ανοίγουν δρόμους για μια καλύτερη διδασκαλία από μέρους τους. Να γίνουν καλύτεροι εκπαιδευτικοί και να συνδράμουν με τη σειρά τους σε μια ποιοτική εκπαίδευση για όλους. Με αυτόν τον τρόπο, η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες θα έχει επιτελέσει τον πρωταρχικό της στόχο που δεν είναι άλλος από μία Επιστήμη και Τεχνολογία για όλους.

Αναφορές

- American Association for the Advancement of Science (1989). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.
- European Commission (2012). *Rethinking education: Investing in skills for better socio-economic outcomes. Communication from the Commission*. Strasbourg: European Commission.
- Keles, E. & Kefeli, P. (2010). Determination Of Student Misconceptions In “Photosynthesis And Respiration” Unit And Correcting Them With The Help Of Cai Material. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2, 3111–3118.
- Next Generation Science Standards. (2013). Retrieved January 5, 2016, from <http://www.nextgenscience.org/>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (2007). *PISA 2006: Science competencies for tomorrow's world*. OECD.
- Osborne, J., Dillon, J. & King's College London (2008). *Science education in Europe: Critical reflections*. London: The Nuffield Foundation.
- Venville, G. (2004). Young Children Learning About Living Things: A Case Study Of Conceptual Change From Ontological And Social Perspectives. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 449–480.
- Αναστασιάδης, Π. (2013). Μείζον Πρόγραμμα Επιμόρφωσης Εκπαιδευτικών. Βασικές Αρχές Σχεδιασμού και Υλοποίησης. *Εκπαίδευση Ενηλίκων και Πολιτισμός στην Κοινότητα*, 10. Ανακτήθηκε 20 Νοεμβρίου, 2015, από <http://cretaadulteduc.gr/blog/?cat=26>
- Καλογεράκη, Σ. (2013). Εφαρμογές μεικτών μεθόδων έρευνας: Ο διερευνητικός ακολουθιακός σχεδιασμός στην κατασκευή εργαλείων μέτρησης κοινωνικών ερευνών. Στο Μ. Πουρκός, (Επιμ.), *Δυνατότητες και όρια της μείξης των μεθοδολογιών στην κοινωνική, ψυχολογική και εκπαιδευτική έρευνα*, κεφ.8, Αθήνα: Ίων.
- Μακράκης, Β. (1998). Απομυθοποιώντας το μεθοδολογικό μονισμό. Στο Γ. Παπαγεωργίου, (Επιμ.), *Μέθοδοι στην κοινωνιολογική έρευνα*. Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Μουζάκης, Χ. (2006). *Εκπαίδευση ενηλίκων. Η εξ αποστάσεως εκπαίδευση στην εκπαίδευση ενηλίκων*. Αθήνα: Ι.Δ.ΕΚ.Ε.
- Μπαγάκης, Γ., Κολιόπουλος, Δ. & Κουλαϊδής, Β. (1997). Σκιαγράφηση Ενός Πλαισίου Επιμόρφωσης Των Εκπαιδευτικών Φυσικών Επιστημών Της Υποχρεωτικής Εκπαίδευσης Στην Ελλάδα, *Εκπαιδευτική Κοινότητα*, 40, 26-32.
- Πλακίτση, Κ. (2008). *Διδακτική των φυσικών επιστημών στην προσχολική και στην πρώτη σχολική ηλικία. Σύγχρονες τάσεις και προοπτικές*. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.

Συνεδρία Δ9

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Το «εκκρεμές του Νεύτωνα» ως παράδειγμα αξιοποίησης των παιχνιδιών στη διδασκαλία της Φυσικής

Αθανάσιος Βελέντζας

Φυσικός, Υπ. Ε.Κ.Φ.Ε. Αμπελοκήπων
avelentz@gmail.com

Αλέξανδρος Κατέρης

Φυσικός, 2ο Πειραματικό ΓΕΛ Αθηνών
akateris@yahoo.com

Παναγιώτης (Τάκης) Λάζος

Φυσικός, 26ο ΓΕΛ Αθηνών (Μαράσλειο)
taklazos@gmail.com

Σεραφείμ Τσούκος

Φυσικός, 2ο Πειραματικό Γυμνάσιο Αθηνών
stsoukos@yahoo.com

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία προτείνεται και αξιολογείται μια περίπτωση αξιοποίησης ενός παιχνιδιού στη διδασκαλία της Φυσικής. Συγκεκριμένα αναπτύχθηκε μια διδακτική πρόταση αξιοποίησης του «εκκρεμούς του Νεύτωνα» στη διδασκαλία των κρούσεων στη Φυσική προσανατολισμού της Β' Λυκείου. Η διδακτική παρέμβαση πραγματοποιήθηκε σε δύο τάξεις, σε σύνολο 50 μαθητών. Από τα ευρήματα, προέκυψε ότι οι μαθητές ενεπλάκησαν ευχάριστα στην εκπαιδευτική διαδικασία και με τη διαμεσολάβηση του διδάσκοντα κατάφεραν να δομήσουν μια ικανοποιητική εξήγηση για τη λειτουργία του παιχνιδιού εφαρμόζοντας αρχές και νόμους της Φυσικής που είχαν διδαχθεί. Οι μαθητές ήλθαν σε επαφή με μία από τις βασικές επιστημονικές διαδικασίες που είναι η εξήγηση φαινομένων με βάση γενικού νόμους και αρχές και αντιλήφθηκαν τις προσεγγίσεις που γίνονται κατά τη διαδικασία μοντελοποίησης. Η συγκεκριμένη διδακτική πρόταση μπορεί να εφαρμοστεί από εκπαιδευτικούς για τη διδασκαλία των αρχών διατήρησης ορμής και ενέργειας κατά τις κρούσεις και επίσης μπορεί να αποτελέσει οδηγό για την ανάπτυξη και άλλων διδασκαλιών που θα ενσωματώνουν την χρήση παιχνιδιών στη διδασκαλία της Φυσικής.

Λέξεις κλειδιά: Εκκρεμές του Νεύτωνα, Κρούσεις, Διδασκαλία Φυσικής, Παιχνίδια.

Εισαγωγή

Η χρήση παιχνιδιών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, σύμφωνα με ερευνητές από το χώρο της διδακτικής, παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα (Guemez et al, 2009; Sarquis & Sarquis, 2005). Μεμονωμένα ή συλλογικά οι εκπαιδευτικοί μπορούν να ενσωματώνουν τα παιχνίδια στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με στόχο οι μαθητές να προχωρούν από το «οικείο» στο «αφηρημένο» με διαδικασίες που βασίζονται στην κατανόηση. Η σταδιακή χρήση παιχνιδιών αυξανόμενης δυσκολίας μπορεί να είναι πολύ χρήσιμη, όχι μόνο στην εισαγωγή καινούριων διδακτικών αντικειμένων ή στην διασύνδεση μεταξύ ενός διδακτικού αντικειμένου με ένα άλλο αλλά και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων (Lowe, 1988). Η χρήση παιχνιδιών στην σχολική τάξη αναπτύσσει στους μαθητές την ικανότητα να θέτουν ερωτήματα του είδους «τι θα γίνει αν αλλάξει η τάδε ή δείνα παράμετρος του προβλήματος;» και επίσης τους βοηθά να αντιληφθούν πως η πραγματικότητα είναι πολύ πιο πλούσια και ενδιαφέρουσα από όσο δείχνουν τα σχολικά εγχειρίδια (Guemez et al, 2009). Οι μαθητές αγαπούν τα παιχνίδια. Όταν στο παιχνίδι συμμετέχουν εθελοντικά τα παιδιά είναι δημιουργικά, χρησιμοποιούν τη φαντασία τους και μπορούν να αφιερώσουν πάρα πολύ χρόνο σε αυτό. Αντίθετα, ο χρόνος που αφιερώνουν στις εργασίες που έχουν για το σχολείο, στο σπίτι όταν αυτές είναι αυστηρά δομημένες, είναι περιορισμένος. Παίζοντας οι μαθητές «απορροφούν» επιστημονικές και άλλες γνώσεις τόσο συνειδητά όσο και ασυνείδητα (Turner, 1987).

Τα ευρήματα προγράμματος διδασκαλίας Φυσικών Επιστημών μέσω παιχνιδιών (Sarquis et al. 1990) έδειξαν ότι:

- Οι μαθητές με μαθησιακά προβλήματα εμφάνισαν μεγαλύτερα διαστήματα συμμετοχής με τη χρήση παιχνιδιών στη διδασκαλία.
- Ήταν αδύνατον να διακρίνει κάποιος τον άριστο μαθητή από τον αδύνατο ή τον μέτριο.
- Οι μαθητές βρήκαν πολύ πιο ενδιαφέρουσα αυτή τη μέθοδο διδασκαλίας σε σχέση με τις κλασικές μεθόδους. Ήταν πάντα σε εγρήγορση, γεμάτοι περιέργεια και ενδιαφέρον.
- Οι μαθητές συχνά συνέχισαν στο σπίτι τη σχετική έρευνα και επανήλθαν με προτάσεις για νέες χρήσεις των παιχνιδιών στην επίδειξη αρχών της Φυσικής.
- Οι γονείς συχνά ρωτούσαν τους καθηγητές ποια μέθοδο ακολουθούν ώστε οι μαθητές να επιδεικνύουν τέτοιο ενθουσιασμό για τη Φυσική.

Ωστόσο, η χρήση παιχνιδιών δεν είναι μια εκπαιδευτική πανάκεια. Κάποια από αυτά «κρύβουν» πολύ δύσκολη φυσική και δεν προσφέρονται για διδασκαλία στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Προτείνεται, ο εκπαιδευτικός να σκεφτεί αναλυτικά τί και πώς θέλει να διδάξει πριν επιλέξει το αν θα χρησιμοποιήσει παιχνίδια ή όχι (Guemez et al, 2009).

Είναι φανερό λοιπόν ότι η ένταξη των παιχνιδιών στη διδακτική πράξη παρουσιάζει εκπαιδευτικό ενδιαφέρον. Σε πρώτη φάση έγινε διερεύνηση των παιχνιδιών χαμηλού κόστους που κυκλοφορούν στο εμπόριο και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στη διδασκαλία νόμων και αρχών της Φυσικής στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Εντοπίστηκε ένας αριθμός παιχνιδιών, μελετήθηκε η αρχή λειτουργίας του κάθε ενός και προσδιορίστηκαν οι νόμοι και οι αρχές της Φυσικής που σχετίζονται με την λειτουργία αυτών των παιχνιδιών. Προϊόν αυτής της διερεύνησης αποτέλεσε η παρουσίαση ενός εργαστηρίου στο πλαίσιο πανελληνίου συνεδρίου (Βελέντζας κ.ά., 2015) και ολόκληρο το υλικό είναι αναρτημένο στην ιστοσελίδα του Ε.Κ.Φ.Ε. Αμπελοκήπων (<http://ekfe-ampel.att.sch.gr/?p=834>). Σε δεύτερη φάση κρίθηκε σκόπιμο να μελετηθεί μία περίπτωση, δηλαδή, να αναπτυχθεί ένα σχέδιο μαθήματος με το αντίστοιχο φύλλο εργασίας για την χρήση ενός παιχνιδιού στη διδασκαλία και να δοκιμαστεί στην τάξη. Τα εξαγόμενα συμπεράσματα θα μπορούσε να αποδειχθούν χρήσιμα, τόσο για ανάπτυξη και άλλων αντίστοιχων διδασκαλιών, όσο και για περαιτέρω εκπαιδευτική έρευνα σχετικά με την εκπαιδευτική αξία της χρήσης παιχνιδιών στην διδασκαλία της Φυσικής. Επιλέχθηκε το παιχνίδι «εκκρεμές του Νεύτωνα» και χρησιμοποιήθηκε στη φάση της εφαρμογής της διδασκαλίας των κρούσεων στην Φυσική προσανατολισμού της Β΄ Λυκείου. Ο διδακτικός στόχος της προτεινόμενης διδακτικής παρέμβασης είναι οι μαθητές και οι μαθήτριες να δομήσουν μια ικανοποιητική εξήγηση για τη λειτουργία του παιχνιδιού εφαρμόζοντας τις αρχές διατήρησης ορμής και ενέργειας στις κρούσεις τις οποίες ήδη είχαν πρόσφατα διδαχθεί.

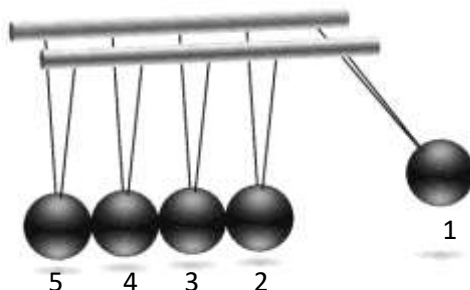
Το εκκρεμές του Νεύτωνα

Το εκκρεμές ή κούνια του Νεύτωνα (Newton's cradle) αποτελείται από διαδοχικά εκκρεμή ίσων μηκών και μαζών. Οι σφαίρες των επιμέρους εκκρεμών είναι «σκληρές» και μπορούν να συγκρούονται κεντρικά. Τα εκκρεμή που κυκλοφορούν στο εμπόριο κοσμούν συνήθως τραπέζια γραφείων, αλλά μπορούν ωστόσο να αποτελέσουν και διατάξεις χρήσιμες στη διδασκαλία των αρχών διατήρησης ορμής και ενέργειας. Για ένα τέτοιο σκοπό αναπτύχθηκε και η διδακτική πρόταση της παρούσας εργασίας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η ονομασία του παιχνιδιού παραπέμπει στο συλλογισμό πως πρόκειται για κάποια συσκευή με την οποία πειραματίστηκε ο Newton. Ωστόσο, η διάταξη εφευρέθηκε από τον Άγγλο ηθοποιό Simon Prebble οποίος της έδωσε το όνομα "Newton's cradle" προς τιμήν του μεγάλου επιστήμονα (Curtus, 2013). Για ιστορικούς λόγους πρέπει να αναφερθεί ότι η μελέτη των κρούσεων και τα μεγέθη που διατηρούνται προϋπάρχουν των εργασιών του Newton σε εργασίες άλλων επιστημόνων και κυρίως του Huygens. Για παράδειγμα στην εργασία του Huygens «The Motion of Colliding Bodies» (μτφ στα αγγλικά Blackwell, 1977), αναφέρεται, πριν ακόμα εισαχθεί ο όρος κινητική ενέργεια, ότι σε μία κρούση δύο σφαιρών διατηρείται το γινόμενο της μάζας επί την ταχύτητα στο τετράγωνο: «If two bodies collide with each other ... the sum of their magnitudes multiplied by the squares of their respective velocities is equal before and after the collision».

Το προτεινόμενο εκκρεμές αποτελείται από 5 επιμέρους εκκρεμή (Σχήμα 1). Αν αφηθεί από κάποιο ύψος η σφαίρα 1, παρατηρείται μετά την κρούση ακινητοποίηση των σφαιρών 1,2,3,4 και ανύψωση της σφαίρας 5 ως το ίδιο σχεδόν ύψος. Αν αφηθούν μαζί οι σφαίρες 1,2 από κάποιο ύψος, τότε παρατηρείται ακινητοποίηση των σφαιρών 1,2,3 και ανύψωση «συμμετρικά» των σφαιρών 4,5.

Γενικώς, κινούνται μετά την κρούση τόσες σφαίρες όσες αφήνονται αρχικά. Για παράδειγμα, αν αφηθούν μαζί οι σφαίρες 1,2,3 από κάποιο ύψος, τότε παρατηρείται ακινητοποίηση των σφαιρών 1,2 και ανύψωση «συμμετρικά» των σφαιρών 3,4,5. Η παρούσα εργασία έχει περιοριστεί για λόγους χρονικής διάρκειας της διδακτικής παρέμβασης στη μελέτη της ερμηνείας στις περιπτώσεις που αφήνονται αρχικά μία σφαίρα ή δύο σφαίρες μαζί.



Σχήμα 1. Το εκκρεμές του Νεύτωνα

Η αρχική δυναμική ενέργεια της ανυψωμένης σφαίρας (ή του συστήματος των ανυψωμένων σφαιρών) μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια. Αυτή η κινητική ενέργεια κατά την κρούση/κρούσεις «μεταβιβάζεται» στην σφαίρα (ή στο σύστημα των σφαιρών) που ανυψώνεται και η οποία γίνεται δυναμική ενέργεια κ.ο.κ. Για λίγες κρούσεις οι ανυψώσεις είναι σχεδόν συμμετρικές (διατήρηση της μηχανικής ενέργειας), άρα η απώλεια ενέργειας στο περιβάλλον είναι ασήμαντη και συνεπώς οι κρούσεις θεωρούνται ελαστικές. Σε κάθε περίπτωση η «προσπίπτουσα μάζα» είναι ίση με την «ανυψούμενη μάζα» και λόγω συμμετρικής ανύψωσης είναι ίσες και οι ταχύτητες «προσπίπτουσας» και «ανυψούμενης» μάζας, άρα είναι ίσες και οι ορμές (διατήρηση ορμής). Συμπέρασμα: σε κάθε περίπτωση διατηρείται η ορμή και η μηχανική ενέργεια. Αυτή η θεώρηση, που συναντάται ακόμα και σε πανεπιστημιακά συγγράμματα Γενικής Φυσικής, αποτελεί μια πρώτη προσέγγιση η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί διδακτικά προκειμένου οι μαθητές να οικοδομήσουν ένα πλαίσιο ερμηνείας, χρησιμοποιώντας δύο θεμελιώδεις αρχές της Φυσικής. Για παράδειγμα, στη Φυσική Ohanian (1991, σελ. 311) το πρόβλημα της κεντρικής κρούσης «σκληρής» σφαίρας με σειρά όμοιων σε επαφή σφαιρών επιλύεται με τη θεώρηση διαδοχικών ελαστικών κρούσεων. Όπως προκύπτει από την βιβλιογραφία, το φαινόμενο είναι περισσότερο περίπλοκο αλλά μια λεπτομερής μελέτη δεν θα μπορούσε να αφορά την διδασκαλία της Φυσικής στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Hinch & Saint-Jean, 1999; Hutzler et.al, 2004).

Στο πλαίσιο ερμηνείας της λειτουργίας του εκκρεμούς από τους μαθητές, η εξήγηση μπορεί να δοθεί θεωρώντας διαδοχικές (σχεδόν ακαριαία) κρούσεις των σφαιρών. Στην περίπτωση της κεντρικής ελαστικής κρούσης δύο σφαιρών ίσης μάζας, από τις οποίες η μια είναι ακίνητη, οι αρχές διατήρησης της ορμής και της ενέργειας γράφονται αντίστοιχα:

$$mv+0=mv_1+mv_2 \quad (1)$$

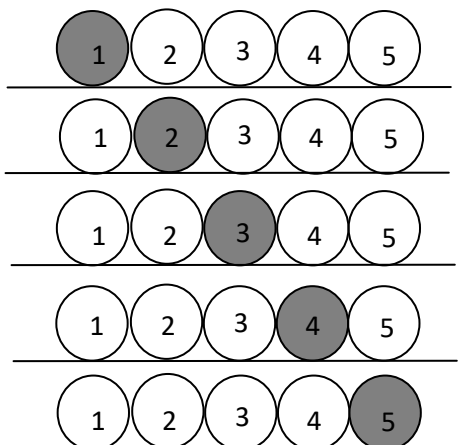
$$\frac{1}{2}mv^2 + 0 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 \quad (2)$$

όπου m είναι η μάζα της κάθε σφαίρας,
 v η (αλγεβρική) τιμή της ταχύτητας της αρχικά κινούμενης σφαίρας πριν την κρούση
 και v_1, v_2 οι τιμές των ταχυτήτων μετά την κρούση της αρχικά κινούμενης και ακίνητης σφαίρας αντίστοιχα.

Από τις (1), (2) προκύπτει $v_1=0$ και $v_2=v$. Συνεπώς, θα έχουμε ανταλλαγή ταχυτήτων.

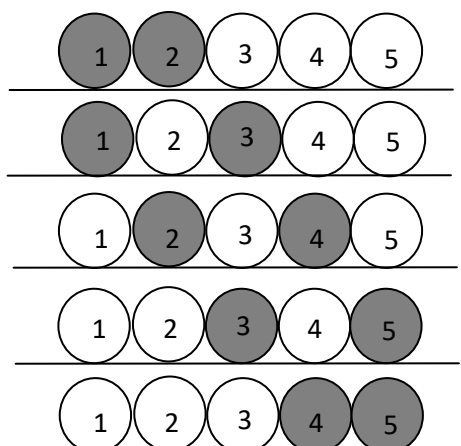
Για να γίνει κατανοητή από τους μαθητές η προσέγγιση των διαδοχικών κρούσεων για την εξήγηση της λειτουργίας του εκκρεμούς χρησιμοποιήθηκαν σχήματα στα οποία οι λευκές σφαίρες παριστάνουν αυτές που κάποια στιγμή είναι ακίνητες ενώ οι χρωματισμένες είναι αυτές που την ίδια στιγμή έχουν ταχύτητα (Σχήμα 2).

Εστω ότι η σφαίρα 1 ανυψώνεται και αφήνεται, οπότε κατέρχεται και συγκρούεται με την σφαίρα 2 (Σχήμα 2), έχοντας ταχύτητα v . Σύμφωνα με τα προηγούμενα, η 1 ακινητοποιείται και η 2 αποκτά ταχύτητα v . Στη συνέχεια, όπως παριστάνεται στην παρακάτω εικόνα, ακολουθούν, σχεδόν ακαριαία, διαδοχικές κρούσεις με αποτέλεσμα τελικά η σφαίρα 5 να αποκτά ταχύτητα v , ενώ οι άλλες είναι ακίνητες.



Σχήμα 2. Αρχικά αφήνεται μια σφαίρα

Για την περίπτωση που ανυψώνονται και αφήνονται οι σφαίρες 1 και 2 μαζί, η προσέγγιση των διαδοχικών κρούσεων απεικονίζεται στο Σχήμα 3. Αρχικά η σφαίρα 2 θα συγκρουστεί με την 3, όποτε η 2 θα ακινητοποιηθεί και η 3 θα αποκτήσει ταχύτητα. Στη συνέχεια ακολουθεί η κρούση της 3 με την 4 και της 1 με την 2 κ.ο.κ. Τελικά οι σφαίρες 4 και 5 αρχίζουν να ανυψώνονται, ενώ οι 1,2,3 παραμένουν ακίνητες.



Σχήμα 3. Αρχικά αφήνονται δύο σφαίρες

Περιγραφή της έρευνας

Όπως ήδη αναφέρθηκε, στην παρούσα εργασία προτείνεται η αξιοποίηση παιχνιδιών στη διδασκαλία της Φυσικής και γίνεται μελέτη μιας περίπτωσης σχετικά με το εκκρεμές του Newton. Αναπτύχθηκε, για το λόγο αυτό, μια διδακτική πρόταση με σκοπό να δοκιμαστεί στην τάξη προκειμένου να εξαχθούν τα ανάλογα συμπεράσματα σχετικά με την αποτελεσματικότητά της.

Η πιλοτική εφαρμογή πραγματοποιήθηκε σε μια τετραμελή ομάδα μαθητών της Β' τάξης ενός Γενικού Λυκείου των Αθηνών. Τα σημεία που δυσκόλεψαν τους μαθητές καθώς και οι ανακολουθίες που παρουσιάστηκαν κατά τη διδασκαλία βοήθησαν στη βελτίωση του αρχικού πλάνου διδασκαλίας καθώς και του φύλλου εργασίας. Η διδακτική παρέμβαση πραγματοποιήθηκε σε δύο τμήματα της Β' Λυκείου Φυσικής προσανατολισμού ενός Πειραματικού Γενικού Λυκείου της Αθήνας, αμέσως μετά τη διδασκαλία των κρούσεων. Η διάρκεια της διδασκαλίας ήταν μία διδακτική ώρα για κάθε τμήμα.

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 50 μαθητές και μαθήτριες. Τα τμήματα ήταν 25μελή και οι μαθητές εργάστηκαν σε ομάδες των πέντε ατόμων. Κάθε ομάδα πειραματιζόταν με ένα εκκρεμές.

Με βάση το στόχο της διδακτικής παρέμβασης, που αναφέρθηκε στην εισαγωγή, αναπτύχθηκε ένα σχέδιο μαθήματος και το αντίστοιχο φύλλο εργασίας, το οποίο οι μαθητές συμπλήρωναν ομαδικά

κατόπιν συζήτησης. Με άλλα λόγια κάθε ομάδα συμπλήρωσε το δικό της φύλλο εργασίας. Ο ρόλος του δασκάλου ήταν κατά βάση συντονιστικός και παρενέβαινε για διευκρινίσεις ή όταν η συζήτηση δεν ήταν γόνιμη και παραγωγική.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, προκειμένου να αναλυθούν, ήταν οι απαντήσεις στα φύλλα εργασίας καθώς και η συζήτηση στις ομάδες μεταξύ των μαθητών, αλλά και μεταξύ του διδάσκοντα και των μαθητών. Συγκεκριμένα, στις τρεις από τις πέντε ομάδες κάθε τμήματος υπήρχε ως παρατηρητής ένας εκπαιδευτικός/ερευνητής και για κάθε στάδιο του φύλλου εργασίας κατέγραφε,

- τις μειωηφούσες απόψεις των μαθητών,
- τα εμπόδια και τις δυσκολίες,
- τα βασικά σημεία της αναπτυσσόμενης επιχειρηματολογίας,
- την αλληλεπίδραση με τον διδάσκοντα καθώς και
- χρήσιμες παρατηρήσεις.

Στις άλλες δύο ομάδες κάθε τμήματος τοποθετήθηκε μαγνητόφωνο και κατόπιν ακολούθησε καταγραφή των απομαγνητοφωνημένων κειμένων.

Για ευκολία στην ανάλυση και εξαγωγή των συμπερασμάτων τα ευρήματα καταγράφηκαν και ομαδοποιήθηκαν κατά βήμα του σχεδίου διδασκαλίας. Λόγω του διερευνητικού χαρακτήρα της πρότασης εφαρμόστηκαν μέθοδοι ποιοτικής ανάλυσης περιεχομένου (Erickson 1998). Έγινε μια καταγραφή των διαδικασιών μάθησης. Καταγράφηκαν και ομαδοποιήθηκαν.

- οι απόψεις των μαθητών,
- τα σημεία δυσκολίας,
- οι διαδικασίες που βοήθησαν στο ξεπέρασμα των εμποδίων,
- οι αδυναμίες καθώς και τα δυνατά σημεία της πρότασης.

Το σχέδιο διδασκαλίας

Συνοπτικά αναφέρονται παρακάτω τα βήματα του σχεδίου διδασκαλίας.

Βήμα 1: Εμπλοκή των μαθητών. Έκφραση των απόψεών τους σχετικά με την ερμηνεία της λειτουργίας του εκκρεμούς.

Διαδικασία: Οι μαθητές «παίζουν» με το εκκρεμές, αφήνοντας μια ή δύο μπάλες και συζητούν με βάση τις παρατηρήσεις τους. Εκφράζουν τις απόψεις τους σχετικά με την εξήγηση που δίνουν για την λειτουργία του εκκρεμούς. Τους ζητείται εξήγηση σε δύο περιπτώσεις, δηλαδή όταν αρχικά αφήνουν μια ή δύο μπάλες.

Βήμα 2: Εφαρμογή διδαγμένης γνώσης. Θεωρητική εφαρμογή των αρχών διατήρησης ορμής (ΑΔΟ) και ενέργειας (ΑΔΕ) στην περίπτωση κεντρικής ελαστικής κρούσης δύο ίδιων σφαιρών και εξαγωγή συμπεράσματος.

Διαδικασία: Ζητείται από τους μαθητές με εφαρμογή της ΑΔΟ να εξάγουν μια σχέση για τις ταχύτητες των σφαιρών πριν και μετά την κρούση και καλούνται να αιτιολογήσουν την χρήση της ΑΔΟ. Στη συνέχεια καλούνται οι μαθητές να κάνουν την υπόθεση ότι η απώλεια μηχανικής ενέργειας κατά την κρούση είναι αμελητέα (ελαστική κρούση) και με εφαρμογή της ΑΔΕ να καταλήξουν σε άλλη μια σχέση για τις ταχύτητες των σφαιρών. Ακολούθως, με επεξεργασία των δύο μαθηματικών σχέσεων να καταλήξουν σε συμπέρασμα (ανταλλαγή ταχυτήτων).

Βήμα 3: Πειραματική επιβεβαίωση της υπόθεσης περί ελαστικής κρούσης.

Διαδικασία: Οι μαθητές εκτελούν πείραμα κρούσης μόνο δύο σφαιρών του εκκρεμούς προκειμένου να αποφασίσουν κατά πόσο το αποτέλεσμα συνάδει με αυτό που κατέληξαν θεωρητικά υποθέτοντας την κρούση ελαστική.

Βήμα 4: Κλιμακούμενη δόμηση μιας ερμηνείας για τη λειτουργία του εκκρεμούς στην περίπτωση που αφήνεται αρχικά μία σφαίρα με βάση τη θεώρηση των διαδοχικών κρούσεων.

Διαδικασία: Οι μαθητές σε πρώτη φάση με βάση το σχήμα πρόβλεψη-παρατήρηση-εξήγηση καλούνται να διαπραγματευτούν την λειτουργία εκκρεμούς με τρεις σφαίρες. Ακολουθεί συζήτηση για ερμηνεία του φαινομένου με βάση το σχήμα των διαδοχικών κρούσεων. Στη συνέχεια οι μαθητές πειραματίζονται και με τις πέντε σφαίρες του εκκρεμούς (στην περίπτωση που αρχικά αφήνεται η μια) και καλούνται να γενικεύσουν την εξήγηση που δόθηκε στην περίπτωση των τριών σφαιρών.

Βήμα 5: Επέκταση της εξήγησης στην (περισσότερο σύνθετη) περίπτωση κατά την οποία αρχικά αφήνονται δύο σφαίρες.

Διαδικασία: Οι μαθητές πειραματίζονται και με τις πέντε σφαίρες του εκκρεμούς στην περίπτωση που αρχικά αφήνονται δύο και καλούνται να γενικεύσουν την εξήγηση που δόθηκε στο προηγούμενο

βήμα. Για υποβοήθηση των μαθητών, δίνονται σχήματα με τις πέντε σφαίρες του εκκρεμούς ώστε να χρωματίζουν τη σφαίρα ή τις σφαίρες που έχουν ενέργεια σε κάθε φάση της θεώρησης των διαδοχικών κρούσεων.

Βήμα 6: Αναστοχασμός των μαθητών.

Διαδικασία: Οι μαθητές συζητούν την εξήγηση που τελικά δόθηκε για την λειτουργία του εκκρεμούς σε σχέση με την αρχική ερμηνεία τους στο στάδιο της εμπλοκής. Καλούνται να σημειώσουν τα σημεία που τους δυσκόλεψαν.

Ευρήματα

Τα ευρήματα παρουσιάζονται ανά βήμα του σχεδίου διδασκαλίας.

Βήμα 1: Το κυρίαρχο σχήμα που χρησιμοποιήσαν οι μαθητές για την εξήγηση είναι αυτό της μεταφοράς ενέργειας «διαμέσου των ενδιάμεσων σφαιρών». Οι ενδιάμεσες σφαίρες «δρουν σαν μεσολαβητές για τη μεταφορά ενέργειας» και οι οποίες δεν μπορούν να κινηθούν γιατί «εμποδίζονται από τις γειτονικές». Σε 3 από τις 10 ομάδες χρησιμοποιήσαν και τον όρο «συσσωμάτωμα» για τις μεσαίες σφαίρες, επειδή αυτές είναι σε επαφή. Αξιοσημείωτο είναι ότι στις συζητήσεις μεταξύ τους σε 4 από τις 10 ομάδες αναφέρθηκε και «μεταφορά» ή «μεταβίβαση» δύναμης από σφαίρα σε σφαίρα. Επίσης, σε αυτό το βήμα οι μαθητές δεν αναφέρθηκαν σε «διαδοχικές κρούσεις».

Βήμα 2: Δεν φάνηκε να αντιμετωπίζουν οι μαθητές δυσκολίες στην θεωρητική εφαρμογή των αρχών διατήρησης ορμής και ενέργειας σε μία κρούση, γνώση που είχε πρόσφατα διδαχθεί. Επίσης, έδωσαν όλες οι ομάδες καλή αιτιολόγηση για την εφαρμογή της αρχής διατήρησης της ορμής εξηγώντας γιατί το σύστημα είναι μονωμένο. Ωστόσο, δύο σημεία είναι σημαντικό να τονιστούν. Το πρώτο αφορά στην αποτελεσματικότητα του καθοδηγητικού ρόλου κάποιων μαθητών που ήταν εξοικειωμένοι με την θεωρητική εφαρμογή των παραπάνω αρχών της Φυσικής και που έδωσαν εξηγήσεις και διευκρινίσεις στους συμμαθητές τους. Το δεύτερο σημείο σχετίζεται με το γεγονός ότι οι μαθητές έχουν στο μυαλό τους μια ξεκομμένη από την πραγματικότητα εφαρμογή των μαθηματικών σχέσεων στη Φυσική. Αυτό αναδείχθηκε από το γεγονός ότι, ενώ εφάρμοσαν τις αρχές και έκαναν τους μαθηματικούς υπολογισμούς, στο τέλος είχαν δυσκολία να δικαιολογήσουν γιατί η ταχύτητα της σφαίρας που είναι ακίνητη πριν την κρούση δεν μπορεί να είναι μηδέν μετά. Απαιτήθηκε η διαμεσολάβηση του διδάσκοντα σε όλες τις ομάδες.

Βήμα 3: Οι μαθητές επιβεβαίωσαν πειραματικά την υπόθεση της ελαστικής κρούσης. Ωστόσο, θα πρέπει να τονιστεί ότι ελάχιστες αποκλίσεις από το θεωρητικό μοντέλο προβληματίζουν τους μαθητές. Πράγματι, σε 4 από τις 10 ομάδες έγινε συζήτηση για τις μικρές αποκλίσεις, όπως «αφού ακούγεται ήχος δεν μπορώ να πω ότι διατηρείται η ενέργεια» ή «παρατηρώ ένα ελάχιστο κούνημα των μεσαίων σφαιρών». Αυτό μάλλον αποτελεί συνέπεια του ότι η διδασκαλία και η αξιολόγηση του μαθήματος της Φυσικής επικεντρώνονται στη μελέτη των θεωρητικών μοντέλων χωρίς την ανάδειξη της συσχέτισης μεταξύ των θεωρητικών μοντέλων και της πραγματικότητας.

Βήμα 4: Οι μαθητές προέβλεψαν σωστά την εξέλιξη του φαινομένου στην περίπτωση κρούσης των τριών σφαιρών. Σε αυτό φάνηκε να παίζει ρόλο η παρατήρηση που είχαν κάνει στο πρώτο βήμα στην περίπτωση των πέντε σφαιρών και έκαναν νοητικά αναγωγή του φαινομένου στις τρεις σφαίρες. Όμως ως προς την ερμηνεία, παρόλο που έγινε συζήτηση για κρούσεις, διατήρησαν το αρχικό νοητικό σχήμα της μεταβίβασης ενέργειας μέσω της μεσαίας σφαίρας, χωρίς αναφορά σε μηχανισμό ή πιο συγκεκριμένα σε διαδοχικές κρούσεις. Για το λόγο αυτό χρειάστηκε η διαμεσολάβηση του διδάσκοντα προκειμένου να προσεγγίσουν την εξήγηση με το μηχανισμό των διαδοχικών κρούσεων. Μετά την συζήτηση φάνηκε οι μαθητές να κατανοούν το συγκεκριμένο μηχανισμό μιας και όλες οι ομάδες έδωσαν ανάλογη εξήγηση στην περίπτωση των πέντε σφαιρών.

Βήμα 5: Οι μαθητές φάνηκε να δυσκολεύονται στην εφαρμογή του μηχανισμού των διαδοχικών κρούσεων για την εξήγηση του φαινομένου στη πιο σύνθετη περίπτωση που αφήνονται ταυτόχρονα δύο σφαίρες. Η δυσκολία εντοπίζεται στο γεγονός ότι τις σφαίρες σε επαφή δεν τις θεωρούν ως δύο σώματα αλλά ως ένα. Χρειάστηκε για το λόγο αυτό η παρέμβαση του διδάσκοντα. Σημαντικό εργαλείο για την κατανόηση αποτέλεσε η χρήση του σχήματος με τις πέντε σφαίρες στις διαδοχικές φάσεις του φαινομένου (Σχήμα 3). Στα σχήματα που δόθηκαν όλες οι σφαίρες ήταν λευκές και οι μαθητές χρωμάτιζαν τις σφαίρες που είχαν ενέργεια σε κάθε στιγμή. Μετά την υπόδειξη του διδάσκοντα, για τις τρεις πρώτες κρούσεις, οι μαθητές κατάφεραν σε όλες τις ομάδες να εξηγήσουν σωστά την εξέλιξη του φαινομένου με βάση τη θεώρηση των διαδοχικών κρούσεων.

Βήμα 6: Στην φάση του αναστοχασμού οι μαθητές δήλωσαν ότι είναι σε θέση να δώσουν εξήγηση της λειτουργίας του εκκρεμούς σε άλλους συμμαθητές τους που δεν συμμετείχαν στο μάθημα. Ανέφεραν ότι τους δυσκόλεψε το σημείο της εξήγησης με το μηχανισμό των διαδοχικών κρούσεων στην περίπτωση που κινούνται μαζί οι δύο σφαίρες. Δήλωσαν ότι το μάθημα ήταν αρκετά ευχάριστο και ενδιαφέρον και κάποιοι παρακάλεσαν το διδάσκοντα να επαναληφθούν «παρόμοια μαθήματα».

Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία αναπτύχθηκε μία διδακτική πρόταση που αξιοποιεί ένα παιχνίδι, το «εκκρεμές του Newton», στη διδασκαλία της Φυσικής στο Λύκειο. Τα δεδομένα της έρευνας συλλέχθηκαν από την καταγραφή των συζητήσεων των μαθητών στις ομάδες, από την παρατήρηση των ομάδων και από τα φύλλα εργασίας. Δεν πραγματοποιήθηκαν ατομικά τεστ ή συνεντεύξεις. Λαμβάνοντας υπόψη αυτούς τους περιορισμούς και με την επιφύλαξη του περιορισμένου δείγματος, από τα ευρήματα, προέκυψε ότι οι μαθητές

- πειραματιζόμενοι με ένα παιχνίδι και με τη διαμεσολάβηση του διδάσκοντα, κατάφεραν να δομήσουν στην πλειονότητά τους μια ικανοποιητική εξήγηση για τη λειτουργία του παιχνιδιού εφαρμόζοντας αρχές και νόμους της Φυσικής που είχαν διδαχθεί.

- ενεπλάκησαν ευχάριστα «παίζοντας» στην εκπαιδευτική διαδικασία.

- ήλθαν σε επαφή με μία από τις βασικές επιστημονικές διαδικασίες που είναι η εξήγηση συγκεκριμένων φαινομένων με βάση γενικούς νόμους και αρχές. Αξίζει να σημειωθεί, ότι προκάλεσε το ενδιαφέρον των μαθητών το γεγονός ότι η μελέτη του φαινομένου έγινε με ένα παιχνίδι καθότι υπήρχε η αντίληψη ότι η Φυσική μελετάται στον πίνακα ή στο εργαστήριο με τις κατάλληλες «επιστημονικές» πειραματικές διατάξεις.

- αντιλήφθηκαν τις προσεγγίσεις που γίνονται κατά τη διαδικασία μοντελοποίησης.

Η συγκεκριμένη διδακτική πρόταση αξιοποιεί ένα παιχνίδι το οποίο μπορούν εύκολα να το προμηθευτούν τα σχολεία και μπορεί να εφαρμοστεί αυτούσια ή με κατάλληλες τροποποιήσεις από εκπαιδευτικούς κατά τη διδασκαλία των αρχών διατήρησης ορμής και ενέργειας κατά τις κρούσεις. Επίσης, αυτή η πρόταση μπορεί να απολέσει οδηγό για την ανάπτυξη και άλλων σχεδίων διδασκαλιών που θα ενσωματώνουν την χρήση παιχνιδιών στη διδασκαλία της Φυσικής στην Δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Αναφορές

- Blackwell, R., Huygen, C., (1977). Christiaan Huygens' The Motion of Colliding Bodies. *Isis*, 68(4), pp. 574-597.
- Curtus, R., (2013). Newton's Cradle. *Site: School for champions*.
- Erickson, F. (1998). Qualitative research methods for science education. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 1155-1173). Dordrecht: Kluwer Academic.
- Guemez, J., Fiolhais, C., Fiolhais M., (2009). Toys in physics lectures and demonstrations - a brief review. *Physics Education* 44(1), 53-64.
- Hinch E., Saint-Jean, S., (1999). The fragmentation of a line of balls by an impact. *The Royal Society* 455, pp. 3201-3220
- http://www.school-for-champions.com/science/newtons_cradle.htm#.Vlg-ENLhDvY.
- Hutzler, S., Delaney, G., Weaire, D., MacLeod, F. (2004). Rocking Newton's cradle. *Am. J. Phys.* 72 (12), pp. 1508-1516.
- Lowe, N., (1988). Games and toys in the teaching of science and technology. *Division of Science Technical and Environmental Education*, No 29, UNESCO, Paris.
- Ohanian, H., (1991). *Φυσική. Τόμος Α'.* (μετάφραση Φίλιππας, Α.). Συμμετρία. Αθήνα.
- Sarquis J., Poth J., Taylor B., Williams P., (1990). Teaching Science With Toys: A model program for inservice teacher enhancement. *Journal of Science Teacher Education*, Fall 1990, pp. 70-73
- Sarquis, J.L., Sarquis, A.M, (2005). Toys in the classroom, *Journal of chemical education* No. 10 Vol. 82 pp. 1450 - 1453
- Turner Gerard LE. , 1987, Scientific Toys, *The British Journal for the History of science*. No. 20 Vol. 20, pp. 377-398
- Βελέντζας, Α., Κατέρης, Α., Λάζος, Π., Τσούκος, Σ., (2015). Προτάσεις για τη διδασκαλία νόμων της Φυσικής στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση μέσω του πειραματισμού των μαθητών με παιχνίδια χαμηλού κόστους. *Πρακτικά 9^ο Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*. Θεσσαλονίκη 8-10 Μαΐου 2015.

Η σελίδα έχει μείνει κενή

CSI – PIRAEUS: η επιστροφή! Προτάσεις για την συμπερίληψη της τηλεοπτικής πραγματικότητας στο πειραματικό τοπίο

Σοφία Κουτσούκου

Χημικός, ΓΕΛ Αμπελακίων
sofiaskoutsoukou@hotmail.com

Γεώργιος Πολυζώης

Φυσικός (PhD), Ζάννειο Πειραματικό Λύκειο
gpolizois@edc.uoc.gr

Περίληψη

Νέοι τρόποι προσέγγισης της γνώσης επιδιώκουν τη διαφοροποίηση της επικρατούσας άποψης ότι οι Φυσικές Επιστήμες είναι αδιάφορες για την πλειονότητα των μαθητών. Στην παρούσα εργασία προτείνεται η αξιοποίηση μεθόδων εγκληματολογικών ερευνών τύπου CSI με σκοπό την ενίσχυση του γραμματισμού των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες. Στόχος είναι η διδακτική αξιοποίηση σεναρίων CSI που δίνονται για πραγμάτευση στους μαθητές, η ένταξή τους σε πλαίσιο STEM δραστηριοτήτων και η συστηματική καλλιέργεια της δημιουργικής γραφής, του ρητορικού επιχειρήματος αλλά και μεταγνωστικών ικανοτήτων. Τα σενάρια CSI μπορεί να είναι διεπιστημονικά ή και διαθεματικά και συνάδουν με το πλαίσιο της προσέγγισης της «μάθησης μέσω της διερεύνησης». Τέλος γίνεται αναφορά και σε μια από τις μελέτες περίπτωσης που έχουν ήδη υλοποιηθεί.

Λέξεις κλειδιά: σενάριο CSI, STEM, μεταγνωστικές ικανότητες

Εισαγωγή

Αναζητώντας νέους τρόπους προσέγγισης της γνώσης που επιδιώκουν να διαφοροποιήσουν την επικρατούσα άποψη ότι οι Φυσικές Επιστήμες είναι δύσκολες, απευθύνονται σε λίγους και παραμένουν τελικά αδιάφορες για την πλειονότητα των μαθητών έχουν προταθεί καινοτόμες προσεγγίσεις που αξιοποιούν διάφορα εργαλεία. Η εργασία προτείνει την αξιοποίηση του αυξημένου ενδιαφέροντος των μαθητών-εξαιτίας της παρακολούθησης τηλεοπτικών σειρών όπως CSI, NCIS, Law and Order κ.ά- για μεθόδους εγκληματολογικών ερευνών, στην βελτίωση των απόψεων τους και της απόδοσής τους για τις Θετικές Επιστήμες (Κουτσούκου και Πολυζώης, 2012. Harmon et al, 2009. Beussman, 2007. Gardner, 2007).

Οι μαθητές ανταποκρίνονται θετικά στο εν λόγω υλικό, επειδή το ενδιαφέρον τους για την εφαρμογή εγκληματολογικών μεθόδων στην εξιχνίαση ποινικών υποθέσεων παρέχει ένα ενθαρρυντικό πλαίσιο εντός του οποίου μπορούν να ενισχύσουν τον γραμματισμό τους στις Φυσικές Επιστήμες (Duncan & Toby, 2006).

Στο 4ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Ένωσης Διδακτικής Φυσικών Επιστημών οι Πιερράτος κ.ά., (2008) παρουσίασαν προτάσεις για την αξιοποίηση δραστηριοτήτων CSI στο πλαίσιο άτυπων διδακτικών προσεγγίσεων των Φυσικών Επιστημών στη Δευτεροβάθμια και Τριτοβάθμια Εκπαίδευση, οι Κουτσούκου και Πολυζώης (2012) έχουν αξιοποιήσει τη λογική του CSI στο μάθημα της Ερευνητικής Εργασίας-project (ΓΕΛ Αμπελακίων Σαλαμίνας), σε Ομίλους Δημιουργικότητας Πειραματικών Σχολείων (Πειραματικό Λύκειο Ρεθύμνου και Ζάννειο Πειραματικό Λύκειο Πειραιά), τέλος, στο Ε.Κ.Φ.Ε. Ευόσμου (2013, 2014, 2015) έχουν παρουσιαστεί ολοκληρωμένα σενάρια CSI. Η «επιστροφή» του CSI που αναφέρεται στον τίτλο της εργασίας επιδιώκει να επανεξεταστούν με περισσότερες λεπτομέρειες:

A: Η ανάπτυξη, η διδακτική αξιοποίηση και ο τρόπος διδασκαλίας των σεναρίων που δίνονται για πραγμάτευση στους μαθητές (Ahrenkiel & Worm-Leonhard, 2014).

B: Η ένταξη των σεναρίων CSI στο πλαίσιο STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) δραστηριοτήτων ώστε να παραχθεί ένα συνεκτικό, σύγχρονο και καινοτόμο πλαίσιο αναφοράς (Marle et al, 2014).

Γ: Η συστηματική συσχέτιση των (Α) και (Β) με τη γλώσσα μέσω της δυνατότητας της καλλιέργειας τόσο της δημιουργικής γραφής όσο και του ρητορικού επιχειρήματος (Schweitzer & Saks, 2007. Podlas, 2005) καθώς και η ανάπτυξη μεταγνωστικών ικανοτήτων.

Ο παράγοντας σενάριο

Το σενάριο των εκπαιδευτικών εφαρμογών μπορεί να είναι διεπιστημονικό και να εμπλέκει χημεία, φυσική και βιολογία (Meyer et al, 2014). Είναι προτιμητέο όμως, στο σενάριο να εμπλέκονται διαθεματικές δράσεις όπως θέματα σχετικά με την τέχνη (Harmon et al, 2009). Από διδακτικής άποψης το σενάριο σχετίζεται με ένα μεγάλο τομέα της μάθησης, αυτού της μάθησης με λύση προβλήματος (problem based learning-PBL) (Marle et al, 2014). Η μάθηση με λύση προβλήματος είναι γενικότερο ζητούμενο της εκπαιδευτικής διαδικασίας μιας και υποστηρίζεται ότι η έκθεση σε τέτοιου είδους καταστάσεις μπορεί να αποβεί αποτελεσματική για την μετέπειτα ενήλικη ζωή του μαθητή (Shelton & Smith, 1998). Η διδασκαλία με την οποία παρουσιάζεται η μορφή των προβλημάτων στην παρούσα εργασία προσιδιάζει με το χαρακτηρισμό «αγκιστρωμένη» διδασκαλία (anchored instruction) μιας και το κύριο χαρακτηριστικό της είναι η παρουσίαση της πορείας του προβλήματος στους μαθητές με αφηγηματικό τρόπο μέσω video παρουσίασης, υλοποιημένης με power-point (ppt-presentation) (Hmelo-Silver, 2004). Ο αφηγηματικός αυτός χαρακτήρας της διδασκαλίας (Beusman, 2007) που παραδίδεται υπό μορφή video ή παρουσιάσεων ppt έχει ως στόχο οι μαθητές να οικοδομούν τις ενέργειες τους για την επίλυση του προβλήματος (Kumar, 2010).

Από πλευράς περιεχομένου ένα μεγάλο μέρος της Σχολικής Επιστήμης εμπερικλείεται σε δραστηριότητες ιατροδικαστικής φύσης και μπορούν να αξιοποιηθούν διδακτικά. Παραδειγματικά αναφέρουμε: α) οι φυσικές ιδιότητες της ύλης, όπως τα σημεία τήξεως, ζέσεως και η πυκνότητα, παίζουν σημαντικό ρόλο στην αναγνώριση ναρκωτικών και δηλητηρίων, β) οι αλλαγές χρώματος που χαρακτηρίζουν κάποιες χημικές αντιδράσεις, χρησιμοποιούνται επίσης για τον προσδιορισμό ναρκωτικών ουσιών όπως ηρωίνη, μαριχουάνα, κοκαΐνη, LSD, ή εκρηκτικών, όπως η νιτρογλυκερίνη και το TNT, γ) η χημική στοιχειομετρία είναι απαραίτητη για τον ποσοτικό προσδιορισμό φαρμάκων ή δηλητηρίων στο αίμα, δ) η ποιοτική ανάλυση για ιόντα είναι απαραίτητη για τον προσδιορισμό ραδιενεργών στοιχείων όπως το Θάλλιο (Th), ε) η στερεομετρική απεικόνιση οργανικών μορίων επιτρέπει την ταυτοποίηση οργανικών ενώσεων όπως πχ της διμεθυλονιτροζαμίνης, οργανικής ένωσης, η οποία χρησιμοποιείται ως χημικό όπλο (Labianca, 2007. Coleman, 2008) και τέλος στ) η απομόνωση DNA, όπου με βάση τον Κώδικα Ποινικής Δικονομίας «το αρμόδιο δικαστικό συμβούλιο μπορεί να διατάξει ανάλυση του δεσοξυριβοζονουκλεϊκού οξέος προς το σκοπό της διαπίστωσης της ταυτότητας του δράστη του εγκλήματος αυτού», (άρθρο 200Α, το οποίο προστέθηκε με το άρ. 5 Ν. 2928/2001 υπό τον τίτλο «Ανάλυση DNA»).

Το CSI ως εφαρμογή STEM

Οι δραστηριότητες του CSI συνάδουν με το πλαίσιο της προσέγγισης της «μάθησης μέσω της διερώτησης» (inquiry based learning), όπου επιδιώκεται η επίτευξη ενός ευρέως φάσματος μαθησιακών στόχων, οι οποίοι σχετίζονται με γνώσεις, λογική και επιχειρηματολογία (Wilson, et al, 2010). Οι στόχοι αυτοί διευρύνονται περισσότερο μιας και το εργαστήριο (Shelton & Smith 1998) και οι ΤΠΕ (Garfinkel, 2012) αποτελούν αναπόσπαστο μέρος των ιατροδικαστικών ερευνών και έτσι οι μαθητές αβίαστα εμπλέκονται με αυτές. Έτσι το παρουσιαζόμενο σενάριο μπορεί να αντικαταστήσει την παραδοσιακή δομή τόσο των πειραματικών δραστηριοτήτων που δίνονται στους μαθητές υπό μορφή «συνταγή οδηγού μαγειρικής» (cook-book recipe) (Beusman, 2007), όσο και των σεναρίων των ΤΠΕ η μορφή των οποίων ακολουθεί μια ιεραρχική σειρά βημάτων υπαγορευμένων από άγνωστη ανάγκη (Πολυζώης, 2002).

Η εμπλοκή των μαθητών σε δραστηριότητες CSI ενισχύει την εργασία σε ομάδες (Ahrenkiel & Worm-Leonhard, 2014). Η ομαδική εργασία μπορεί να πάρει την παραδοσιακή μορφή των τετραμελών - συνήθως – ομάδων (Ahrenkiel & Worm-Leonhard, 2014) ή μπορεί να προτιμηθεί οποιοδήποτε άλλο είδος της π.χ. η μεθοδολογία jigsaw (jigsaw.org) ή και κάποια παραλλαγή της (Beusman, 2007).

Ο διεπιστημονικός χαρακτήρας των σεναρίων, όπως ήδη αναφέρθηκε, καθώς και η ασάφεια του όρου «inquiry» ως προς τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του (Asay & Orgill, 2010) οδηγούν τους ερευνητές να υιοθετήσουν ένα ευρύτερο πλαίσιο για τις δραστηριότητες CSI. Το πλαίσιο της

εκπαίδευσης STEM θεωρείται συνεκτικό, σύγχρονο και καινοτόμο ώστε να εξετάζονται οι δραστηριότητες CSI. Ο Zollman (2012) μάλιστα προχωρά περισσότερο προς δύο κατευθύνσεις:

1. θεωρεί ότι το πλαίσιο STEM προσφέρει τόσο γνωστικές δράσεις όσο και συναισθηματικές και ψυχοκινητικές ικανότητες, και
2. θεωρεί την αξιοποίηση της προσέγγισης STEM ως μεθόδου διαρκούς μάθησης και όχι μόνο ως απλό γραμματισμό σε δραστηριότητες STEM.

Κάποιες από τις ιατροδικαστικές δραστηριότητες π.χ. αναλύσεις DNA, μπορούν να συνδεθούν με κοινωνικοπολιτισμικές προσεγγίσεις των Φυσικών Επιστημών. Αναφέρουμε επιγραμματικά την δυνατότητα απόρριψης ρατσιστικών απόψεων που θεωρούν τους Αφρικανούς και τους «Μαύρους» πνευματικά κατώτερους. Ο διάλογος, η έρευνα και η κριτική ανάλυση για τέτοια θέματα είναι το σήμα κατατεθέν μιας πολιτισμικά προσανατολισμένης διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Η σύνδεση της Σχολικής Επιστήμης με άλλους κλάδους, εν προκειμένω την Ιστορία και την Πολιτική, μπορεί να ωθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν την ανάγκη για δράση, με σκοπό την αντιμετώπιση παγκόσμιων προβλημάτων στις κοινότητες τους και στην κοινωνία (Boutte, et al, 2010).

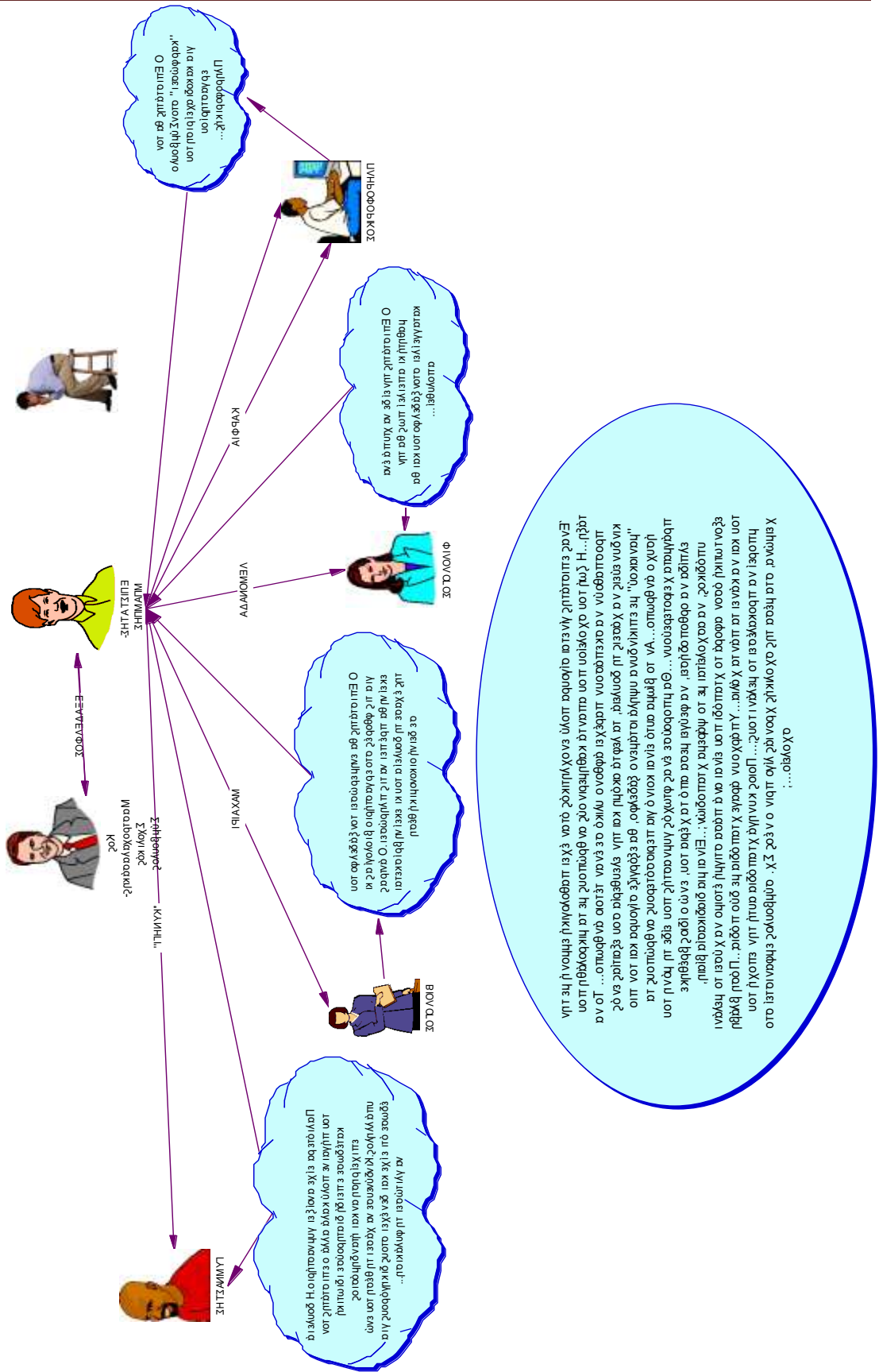
Η Ιατροδικαστική Επιστήμη παρέχει μια θαυμάσια ευκαιρία να εξοικειωθούν οι μαθητές με ηθικούς κώδικες που σχετίζονται με την επιστημονική αλήθεια, την αντικειμενικότητα, την δικαιοσύνη και τον επαγγελματισμό. Οι όροι αυτοί δεν πρέπει να αποτελούν μια ενασχόληση ρουτίνας, αλλά θα ήταν χρήσιμο οι μαθητές να αναπτύξουν μια ευαισθησία σχετικά με την αναγνώριση τέτοιων ηθικών προβλημάτων. Σημαντικό είναι επίσης, για τους εκπαιδευτικούς να μην διαπαιδαγωγούν τους μαθητές αποκλειστικά και μόνο με τις δικές τους αξίες, αλλά να παρουσιάζουν μια πλήρη σειρά από εναλλακτικές λύσεις (Peterson & Crim, 1988). Τέλος, η Ιατροδικαστική Επιστήμη επιτρέπει την συμμετοχή σε δραστηριότητες CSI και μαθητών που κατευθύνονται σε θεωρητικές σπουδές και ειδικά στη Νομική.

Η προσέγγιση STEM που αναλύθηκε στην προηγούμενη παράγραφο μπορεί να συνδεθεί και με τη Γλώσσα. Έτσι μπορεί να μεγεθυνθεί στην προσέγγιση E.T.EM.MA.Γ. (Επιστήμη, Τεχνολογία, Επιστήμη Μηχανικής, Μαθηματικά, Γλώσσα) (Πρόγραμμα σπουδών του μαθήματος «Φυσική» Λυκείου, ΦΕΚ 8570/Δ2. Yore et al, 2004) - όπου δίνονται δυνατότητες για:

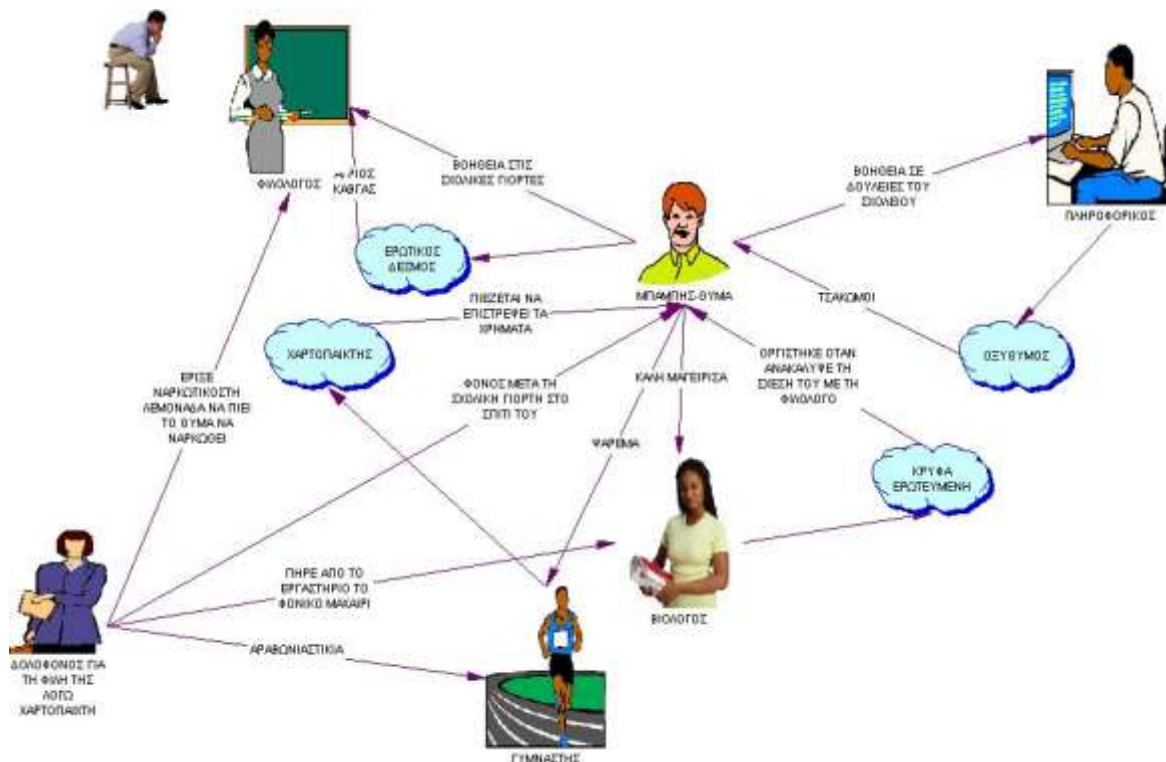
1. δραστηριότητες δημιουργικής γραφής όπως μέσω της συγγραφής ιστοριών CSI (Σχήμα 1), συγγραφής ετυμολογίας, συγγραφής απολογίας κ.ά.,
2. ρητορικού επιχειρήματος π.χ. μέσω παρουσίασης στοιχείων ενοχής ή αθωότητας, μέσω ανακρίσεων υπόπτων κ.ά. και
3. μεταγνωστικών ικανοτήτων π.χ. παρουσίαση σεναρίου με μορφή εννοιολογικού πίνακα (Σχήμα 2).

Μύθοι και πραγματικότητα σχετικά με την εκπαιδευτική αξιοποίηση του CSI

Είναι αδιαμφισβήτητο γεγονός ότι η επιστημονική πραγματικότητα διαστρεβλώνεται και απλοποιείται από τηλεοπτικές σειρές και ταινίες οι οποίες περιλαμβάνουν στο σενάριο τους στοιχεία πειραματικών εφαρμογών των Φυσικών Επιστημών. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις είναι η παρουσίαση αναλυτικών συσκευών, οι οποίες ταχύτατα και με ακρίβεια δίνουν εργαστηριακές μετρήσεις (π.χ. ανάλυση DNA, ταυτοποίηση δακτυλικών αποτυπωμάτων) που οδηγούν στον ένοχο, είτε απευθείας είτε με τη χρήση «τεράστιων, ευέλικτων και αποτελεσματικών» βάσεων δεδομένων. Έτσι, υπεραπλουστεύεται η ποιοτική και ποσοτική ανάλυση όσο αναφορά τον τρόπο και το χρόνο.



Σχήμα 1. Διάγραμμα συγγραφής ιστοριών (των συγγραφέων)



Σχήμα 2. Εννοιολογικός πίνακας παρουσίασης σεναρίου (των συγγραφέων)

Παρά όμως τις παραπάνω στρεβλώσεις, δεν μπορούμε να αγνοήσουμε την ελκυστική εικόνα με την οποία οι Φυσικές Επιστήμες παρουσιάζονται στα μάτια των μαθητών (Bergslien, 2006).

Σχετικό με τους μύθους και την πραγματικότητα για το CSI είναι και το θέμα που ονομάστηκε «CSI effect» και σχετίζεται εκτός των άλλων και με την ισχύ που έχουν τα μέσα μαζικής ενημέρωσης και ειδικά η τηλεόραση στις σύγχρονες κοινωνίες (Bergslien, 2006). Το «CSI effect» είναι ένα σύνθετο θέμα με ποικίλες διαστάσεις (κοινωνικές, νομικές, εκπαιδευτικές) και η πλήρης ανάλυση του ξεφεύγει από το πλαίσιο της παρούσας εργασίας. Θα αναφερθούμε μόνο επιγραμματικά στις κυριότερες συνιστώσες του. Το CSI κατηγορείται για τις επιπτώσεις που μπορεί να έχει στην απονομή δικαιοσύνης των κοινωνιών (Schweitzer & Saks, 2007). Συγκεκριμένα το «CSI effect» μπορεί να επιδράσει με τρεις τρόπους (Podlas, 2005):

4. Τα σενάρια CSI δημιουργούν στο σώμα των ενόρκων παράλογες απαιτήσεις για τον τρόπο απόδειξης της ενοχής των υπόπτων. Έχει γίνει η υπόθεση ότι οι ένορκοι «παρασυρόμενοι» από την αποτελεσματικότητα της επιστήμης της Ιατροδικαστικής στις τηλεοπτικές εκπομπές δύσκολα αποφασίζουν την καταδίκη ενός υπόπτου χωρίς τέτοιας ποιότητας αποδείξεις.
5. Έχει υιοθετηθεί η υπόθεση ότι οι αποδείξεις που εισαγάγει η Ιατροδικαστική Επιστήμη είναι σχεδόν αδύνατο να αμφισβητηθούν.
6. Ο τρίτος τρόπος ουσιαστικά συνενώνει τους άλλους δύο και περιγράφει απλά το υψηλό κύρος της Ιατροδικαστικής Επιστήμης στο λαϊκό κοινό. Το κύρος αυτό όμως πρέπει να αξιοποιηθεί από τους ενόρκους ώστε να είναι σε θέση να παρακολουθούν τις υπάρχουσες επιστημονικές αποδείξεις.

Οι υποδείξεις της έρευνας (Podlas, 2005) για το «CSI effect», που είναι πολύτιμες και για την εκπαίδευση, προτείνουν ότι αν το κοινό (ο δημόσιος χώρος), τα μέσα μαζικής ενημέρωσης και το νομικό σύστημα δεν αποδεχθούν ή δεν μαθαίνουν την έννοια της «απόδειξης» στην κατηγορία, τότε το «CSI effect» θα συνεχίζει να υπάρχει με όποιον από τους παραπάνω τρεις τρόπους αναφέρθηκε.

Μεθοδολογία

Το διδακτικό πλαίσιο που υιοθετείται από το γενικό πλαίσιο που αναφέρθηκε έχει προταθεί από την Bergslien (2006) και έχει προσαρμοστεί στη ιδιαιτερότητα των σεναρίων τα οποία υλοποιήσαμε. Περιλαμβάνει τέσσερα (4) σημεία-απαιτήσεις για την παιδαγωγική και διδακτική αξιοποίηση του CSI.

Απαίτηση 1. Παρουσίαση ποιοτικών αποδεικτικών στοιχείων με διακριτή σημασία και αξία στην επίλυση της υπόθεσης. Είναι ιδιαίτερα ελκυστικό και υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες τα στοιχεία αυτά αξιοποιούνται για να απαλλαγεί κάποιος ύποπτος. Έτσι αποφεύγονται διάφορες προκαταλήψεις σχετικά με υπόπτους (π.χ. η ενοχοποίηση του εμφανιζόμενου ως «κακού» υπόπτου) και οι μαθητές εστιάζουν στην αποδεικτική ισχύ των στοιχείων και μόνο.

Απαίτηση 2. Ανάπτυξη δραστηριοτήτων, όπου κάποιοι ύποπτοι είναι αθώοι. Είναι δυνατόν να επιλεγεί όλοι οι ύποπτοι να είναι αθώοι. Μια τέτοια κατάληξη, όπου κανένας από τους υπόπτους δεν είναι ένοχος, θα αναγκάσει τους μαθητές να σκεφτούν ότι δεν είναι ηθικό να αξιοποιούνται αμφίβολα εγκληματολογικά δεδομένα για να κατηγορηθεί κάποιος και να οδηγηθεί σε δίκη, πολύ δεν περισσότερο πρέπει να τονιστεί το ανήθικο της παραποίησης δεδομένων ώστε αναγκαστικά να κατασκευαστεί ένοχος. Εδώ μπορούν να αναφερθούν περιπτώσεις δικανικών λαθών ή σκανδάλων.

Απαίτηση 3. Δημιουργία δραστηριοτήτων όπου οι αποδείξεις είναι αντιφατικές ή ασαφείς. Αυτό αναγκάζει τους μαθητές να αντιμετωπίσουν την έννοια της αβεβαιότητας στις επιλογές τους. Η επικέντρωση σε εργαστηριακές ασκήσεις μιας και μοναδικής «σωστής απάντησης», βρίσκεται σε πλήρη αντίθεση με την πραγματικότητα που αντιμετωπίζει η ιατροδικαστική έρευνα, αλλά και γενικότερα με τον τόπο εργασίας των περισσότερων επιστημόνων, οι οποίοι συνήθως εργάζονται με περιορισμένα δεδομένα και ένα μεγάλο αριθμό από αγνώστους.

Απαίτηση 4. Μια από της λιγότερο ρεαλιστικές δραστηριότητες στο τηλεοπτικό CSI, είναι η αξιοποίηση της σχεδόν «πάνσοφης» βάση δεδομένων, η οποία δημιουργεί την αίσθηση της ύπαρξης «απειρών» πόρων και δεδομένων για σύγκριση με τα ευρήματα μιας εγκληματολογικής έρευνας.

Για την άμβλυνση των παραπάνω απαιτούνται δραστηριότητες, στις οποίες να παρέχεται στους μαθητές μόνο ένα υποσύνολο των δυνατικών περιπτώσεων για σύγκριση με τα δεδομένα. Έτσι επιτυγχάνουμε οι μαθητές να σκέφτονται κριτικά σχετικά με τη διαχείριση των πόρων, να σχεδιάζουν προσεκτικότερα την προσέγγισή τους και να υπερασπίζονται τις επιλογές τους. Αυτό το είδος της άσκησης θα μπορούσε επίσης, να εισαγάγει τους μαθητές στις έννοιες της στατιστικής συνάφειας καθώς και στην αποδοχή προσεγγιστικών τρόπων λύσης των προβληματικών καταστάσεων.

Υλοποίηση μιας μελέτης περίπτωσης

Σύμφωνα με την παραπάνω μεθοδολογία, το σχολικό έτος 2013-2014 υλοποιήθηκε στο Ζάννειο ΠΠΓΕΛ ο Όμιλος CSI- PIRAEUS (!) Στα πλαίσια του Ομίλου στους μαθητές δόθηκε ένα σενάριο (σύμφωνα με την απαίτηση 1) σε τρεις άξονες. Αρχικά παρουσιάζονται τα γεγονότα: α) ο επιστάτης του ΖΑΝΝΕΙΟΥ ΠΠΓΕΛ δεν εμφανίστηκε στο σχολείο, β) ο Διευθυντής του σχολείου τον αναζήτησε στο σπίτι του, όπου τον βρήκε νεκρό δίπλα στο αναμμένο τζάκι, γ) ειδοποίησε την Αστυνομία Πειραιά. Στη συνέχεια ο ιατροδικαστής εξετάζοντας το πτώμα ανακοίνωσε: α) ο φόνος έγινε στις 21/11 από τις 5-8μμ, β) ο φόνος πραγματοποιήθηκε με αιχμηρό αντικείμενο (ίσως μαχαίρι) πάχους περίπου 1-1,5cm, γ) στο στομάχι του θύματος βρέθηκε ναρκωτική ουσία που το θύμα την είχε καταναλώσει διαλυμένη σε όξινο αναψυκτικό (ίσως λεμονάδα), δ) πάνω στο θύμα βρέθηκε ξένο βιολογικό υλικό και συγκεκριμένα ρινικό έκκριμα. Τέλος οι αστυνομικές αρχές ανακοίνωσαν: α) δεν βρέθηκε το όπλο του φόνου, β) δίπλα στο θύμα και πάνω στο τζάκι βρέθηκε άγνωστης προέλευσης λευκή ουσία, η χημική ανάλυση έδειξε ότι είναι άνυδρος θειικός χαλκός, γ) πάνω στο τζάκι βρέθηκε καρφωμένο σημείωμα που έγραφε «ΕΠΙΤΕΛΟΥΣ ΝΕΚΡΟΣ!!!», ήταν γραμμένο σε υπολογιστή και τα καρφιά ήταν από καθαρό σίδηρο (Fe), παρόμοια καρφιά δεν βρέθηκαν στο σπίτι του θύματος, δ) μέσα στο σπίτι βρέθηκε πατημασιά που δεν ήταν του θύματος.

Η διερεύνηση του σεναρίου έγινε στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών (ΣΕΦΕ) του σχολείου. Περιλάμβανε τον χωρισμό των μαθητών σε τέσσερις ανομοιογενείς ομάδες. Η εισαγωγή των μαθητών στο σενάριο πραγματοποιήθηκε μέσω μιας παρουσίασης σε power-point (αγκιστρωμένη διδασκαλία – λύση προβλήματος), η οποία εξηγεί τους υπόπτους και τα ευρήματα που βρέθηκαν στο χώρο του εγκλήματος. Σύμφωνα με το σενάριο στους μαθητές δόθηκαν, χωρίς να έχουν αναλυθεί στοιχεία-δείγματα από 4 υπόπτους, οι οποίοι είναι καθηγητές του σχολείου (φιλόλογος, βιολόγος, γυμναστής και καθηγητής πληροφορικής), με σκοπό να διαλευκάνουν το «φόνος» του επιστάτη.

Σε κάθε ομάδα δόθηκαν έξι στοιχεία: α) ένα αιχμηρό αντικείμενο, β) ένα μπουκαλάκι, στο οποίο περιέχεται ένα υγρό άγνωστης σύστασης, γ) δείγμα σε σκόνη από τις σόλες των παπουτσιών των υπόπτων, δ) δείγμα σε σκόνη από καρφιά, ε) φωτογραφία του αποτυπώματος του παπουτσιού (Σχήμα 3) και στ) ο καρύτυπος από την ανάλυση του βιολογικού υλικού που βρέθηκε πάνω στο θύμα. Οι 4 ομάδες των μαθητών εργαζόμενοι στο ΣΕΦΕ αναλύουν κυκλικά τα στοιχεία-δείγματα των 4 υπόπτων-

καθηγητών ώστε να οδηγηθούν στον ένοχο. Οι 4 μετρήσεις που υλοποιούν οι μαθητές για κάθε ύποπτο είναι: α) μέτρηση πάχους αιχμηρού αντικειμένου με διαστημόμετρο, β) μέτρηση pH με πεχαμετρικό χαρτί ή πεχάμετρο, γ) πυροχημική ανίχνευση μετάλλων, δ) αντιδράσεις απλής αντικατάστασης. Ενώ μόνο μία φορά πραγματοποιούν: α) εύρεση του νούμερου του παπουτσιού (με τη χρήση ενός κανόνα και ενός κέρματος των 50 λεπτών), β) εύρεση του φύλλου του υπόπτου από τον καρυότυπο.



Σχήμα 3. Φωτογραφία αποτυπώματος του παπουτσιού (φωτογραφία των συγγραφέων) και πίνακας για την εύρεση του νούμερου του παπουτσιού (τα δεδομένα του πίνακα από το δικτυακό τόπο: convertworld.com, 2015)

Σε κάθε ομάδα δόθηκε φύλλο καταχώρισης αποτελεσμάτων. Ο κυκλικός σχεδιασμός της πειραματικής αλληλουχίας είναι τέτοιος ώστε να αποκλείει την άμεση ταυτοποίηση του ενόχου, πριν η κάθε ομάδα μαθητών περάσει και από τα τέσσερα σημεία-στοιχεία των υπόπτων (Σύμφωνα με τις απαιτήσεις 2 και 3 της μεθοδολογίας). Ο ένοχος συγκεντρώνει τέσσερις θετικές πειραματικές επιβεβαιώσεις από τις έξι (απαίτηση 4) ενώ όλοι οι υπόλοιποι ύποπτοι λιγότερες.

Η δραστηριότητα ολοκληρώθηκε στο site του ομίλου, όπου οι ομάδες ανακοίνωσαν τον ένοχο, και παρουσίασαν ένα αληθοφανές σενάριο για το «φόνο».

Συμπεράσματα

Και οι τέσσερις ομάδες εξιχνίασαν το έγκλημα και δόθηκε η ευκαιρία στους μαθητές να αναπτύξουν την φαντασία τους και το χιούμορ τους καθώς επιχειρηματολογούσαν στην παρουσίαση του ενόχου. Η δραστηριότητα ενθουσίασε και έγινε αντικείμενο συζήτησης ανάμεσα στους μαθητές και στους καθηγητές του Λυκείου αλλά και της τοπικής κοινωνίας.

Η επιτυχία της δραστηριότητας μας οδήγησε στην κατασκευή και νέων δραστηριοτήτων με διαφορετικά σενάρια όπου η εξιχνίαση περιλαμβάνει και νέες πειραματικές δεξιότητες Φυσικών Επιστημών όπως έλεγχος διαλυτότητας ουσιών, χρήση δυναμόμετρου και μικροσκόπηση.

Η διδακτική πρόταση, παρά το γεγονός ότι εφαρμόστηκε στο πλαίσιο των Ομίλων και των Ερευνητικών Εργασιών, κατέδειξε ότι καινοτόμες διδακτικές προτάσεις με την παράλληλη χρήση νέων τεχνολογιών καταρρίπτουν το μύθο των αδιάφορων μαθητών και εξάπτουν δημιουργικά την φαντασία τους. Τέλος, είναι εφικτή η ένταξη αντίστοιχων δραστηριοτήτων στα κλασικά μαθήματα των Φυσικών Επιστημών.

Αναφορές

- Ahrenkiel, L., & Worm-Leonhard, M. (2014). Offering a Forensic Science Camp To Introduce and Engage High School Students in Interdisciplinary Science Topics. *Journal of Chemical Education*, 91(3), 340-344.
- Asay, L. D., & Orgill, M. (2010). Analysis of essential features of inquiry found in articles published in The Science Teacher, 1998–2007. *Journal of Science Teacher Education*, 21(1), 57-79.

- Bergslien, E. (2006). Teaching To Avoid the “CSI Effect” Keeping the Science in Forensic Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 83 (5), 690–691.
- Beussman, D. (2007). The Mysterious Death: An HPLC Lab Experiment. *Journal of chemical education* 84 (11), 1809.
- Boutte, G., Jackson, C-K., Lee Johnson, G. (2010) Culturally Relevant Teaching in Science Classrooms: Addressing Academic Achievement, Cultural Competence, and Critical Consciousness. *International Journal of Multicultural Education*, 12, (2).1-20.
- Coleman, F., W. (2008). Molecular Models of Real and Mock Illicit Drugs from a Forensic Chemistry Activity. *Journal of Chemical Education*, 85 (6). 880.
- Convertworld.com (2015). [Πίνακας μετατροπής.] <http://www.convertworld.com/el/numero-paputsiu/>. Ημερομηνία προσπέλασης: 20 Δεκεμβρίου 2015.
- Duncan, K., Toby D. - E.(2006). Using Forensic Science Problem as Teaching Tools. *The Science Teacher*, 73 (11), 38-43.
- Gardner, G. (2007). «Το αστυνομικό μυστήριο: μια διαθεματική «επιδρομή» στη βασική δικαστική επιστήμη». Science in school. Ανακτήθηκε στις 16 Οκτωβρίου 2012 από <http://www.scienceinschool.org/2006/issue3/-detective-/greek>
- Garfinkel, S. (2012). Digital forensics XML and the DFXML toolset. *Digital Investigation*, 8(3), 161-174.
- Harmon, K., Miller, L., & Millard, J. (2009). Crime scene investigation in the art world: the case of the missing masterpiece. *Journal of Chemical Education* 86(7), 817.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational psychology review*, 16(3), 235-266.
- Kumar, D. D. (2010). Approaches to interactive video anchors in problem-based science learning. *Journal of Science Education and Technology*, 19(1), 13-19.
- Labianca, A., D. (2007). Science and the Nonscience Major Addressing the Fear Factor in the Chemical Arena Using Forensic Science. *Journal of College Science Teaching* 37 (2), 28-33.
- Marle, P. D., Decker, L., Taylor, V., Fitzpatrick, K., Khaliqi, D., Owens, J. E., & Henry, R. M. (2014). CSI–Chocolate Science Investigation and the Case of the Recipe Rip-Off: Using an Extended Problem-Based Scenario To Enhance High School Students’ Science Engagement. *Journal of Chemical Education*, 91(3), 345-350.
- Meyer, A. F., Knutson, C. M., Finkenstaedt-Quinn, S. A., Gruba, S. M., Meyer, B. M., Thompson, J. W., & Haynes, C. L. (2014). Activities for Middle School Students To Sleuth a Chemistry “Whodunit” and Investigate the Scientific Method. *Journal of Chemical Education*, 91(3), 410-413.
- Peterson, L., J., Crim, D. (1988). Teaching Ethics in a Forensic Science Curriculum. *Journal of Forensic Sciences*, 33. (4), 1081-1085.
- Podlas, K. (2005). CSE Effect: *Exposing the Media Myth*, The. Fordham Intell. Prop. Media & Ent. LJ, 16, 429.
- Schweitzer, N. J., & Saks, M. J. (2007). The CSI effect: Popular fiction about forensic science affects the public's expectations about real forensic science. *Jurimetrics*, 357-364.
- Shelton, J. B., & Smith, R. F. (1998). Problem-based learning in analytical science undergraduate teaching. *Research in Science & Technological Education*, 16(1), 19-29.
- Wilson, D. C., Taylor, A. J., Kowalski, M. S., Carlson, J. (2010). The Relative Effects and Equity of Inquiry-Based and Commonplace Science Teaching on Students Knowledge, Reasoning, and Argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 47 (3), 276–301.
- Yore, L. D., Hand, B., Goldman, S. R., Hildebrand, G. M., Osborne, J. F., Treagust, D. F., & Wallace, C. S. (2004). New directions in language and science education research. *Reading Research Quarterly*, 347-352.
- Zollman, A. Learning for STEM Literacy: STEM Literacy for Learning. *School Sci. Math.* 2012, 112, 12–19.
- Ε.Κ.Φ.Ε. Ευόσμου (2013). *CSI: Η επιστήμη της εξιχνίασης ενός εγκλήματος. Ποιος σκότωσε το διευθυντή του Καλλιτεχνικού Σχολείου;* <http://ekfe-evosmou.blogspot.gr/2013/04/csi.html>. Ημερομηνία προσπέλασης: 22 Φεβρουαρίου 2016.
- Ε.Κ.Φ.Ε. Ευόσμου (2014). *CSI 2, η επιστήμη στην υπηρεσία εξιχνίασης ενός εγκλήματος: ο Σέρλοκ Χολμς επιβιβάζεται στο Διεθνή Διαστημικό Σταθμό.* <http://ekfe-evosmou.blogspot.gr/2014/01/csi-2.html>. Ημερομηνία προσπέλασης: 22 Φεβρουαρίου 2016.
- Ε.Κ.Φ.Ε. Ευόσμου (2015). *CSI 3: η επιστήμη στην υπηρεσία της εξιχνίασης ενός εγκλήματος. Έγκλημα στο Α.Π.Θ.* <http://ekfe-evosmou.blogspot.gr/2015/03/csi-3.html>. Ημερομηνία προσπέλασης: 22 Φεβρουαρίου 2016.
- Πιερράτος Θ., Κολτσάκης Ε., Πολάτογλου Χ. (2008). Εξιχνιάζοντας ένα έγκλημα: Μια πρόταση άτυπης διδακτικής προσέγγισης των Φυσικών Επιστημών στη Δευτεροβάθμια και Τριτοβάθμια Εκπαίδευση. *Πρακτικά του 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Ένωσης Διδακτικής Φυσικών Επιστημών (ΕΔΙΦΕ)*, Θεσσαλονίκη 9/5/2008-11/5/2008. ISBN: 978-960-8183-71-1.
- Πολυζώης, Γ. (2002). Επίλυση προβλήματος στην Κινηματική με χρήση Η/Υ. Στο: Π. Κόκκοτας, Ι. Βλάχος, Π. Πήλιουρας & Α. Πλακίτση (επιμ.) *Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με διεθνή συμμετοχή και θέμα: Η διδασκαλία των φυσικών επιστημών στην κοινωνία της πληροφορίας*. Αθήνα: Γρηγόρης.

Ανάδειξη δυσκολιών στη μελέτη ευθύγραμμων κινήσεων πραγματικού πλαισίου με χρήση γραφικών παραστάσεων

Ελευθερία Νασίκα
Φυσικός, Γυμνάσιο Δομένικου
elfnas@gmail.com

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στην ανάδειξη δυσκολιών, που αντιμετωπίζουν μαθητές της Β τάξης του Γυμνασίου, κατά τη μελέτη κινήσεων με χρήση γραφικών παραστάσεων. Τα συμπεράσματα προέκυψαν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων δύο ερωτήσεων, σχετικών με την κατασκευή και άντληση πληροφοριών από διάγραμμα θέσης-χρόνου σε ευθύγραμμη κίνηση. Οι μαθητές είχαν εξασκηθεί στην κατασκευή και επεξεργασία διαγραμμάτων μέσα από φύλλα εργασίας και ερωτήσεις εμπέδωσης κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, ενώ η αξιολόγηση ακολούθησε μια εβδομάδα μετά το πέρας αυτής. Τα περιβάλλοντα που επιλέχθηκαν ήταν αναπαραγωγές δραστηριοτήτων πραγματικού πλαισίου και συγκεκριμένα παιχνίδια γνώριμα στα παιδιά («αγώνας με τσουβάλια» και «ζεστό-κρύο»). Η επιλογή θεωρήθηκε από το διδάσκοντα/ερευνητή προτιμητέα έναντι άλλου περιβάλλοντος, γιατί στόχευε σε ανάκληση των αποκτηθέντων γνώσεων μέσα από την καθημερινή εμπειρία. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως σε μεγάλο βαθμό οι μαθητές ανταποκρίθηκαν ικανοποιητικά στην κατασκευή διαγράμματος, αλλά λιγότερο ικανοποιητικά στην ανάκληση πληροφοριών από αυτό. Και στις δύο περιπτώσεις αναδύθηκαν προβληματικά σημεία χειρισμού και κατανόησης των διαγραμμάτων, τα οποία θα αναλυθούν και σχολιαστούν αναλυτικά.

Λέξεις κλειδιά: κινηματική, γραφικές παραστάσεις, κινήσεις πραγματικού πλαισίου

Εισαγωγή

Οι γραφικές παραστάσεις είναι μία από τις πιο κοινές οπτικές μεθόδους μάθησης στην εκπαίδευση, γι' αυτό και τα εγχειρίδια φυσικής τις χρησιμοποιούν ευρέως, για να βοηθήσουν τους μαθητές στην κατανόηση των φαινομένων και των εννοιών. Ένα από τα θέματα φυσικής, που προσφέρεται για να εισάγει πολλές γραφικές παραστάσεις, είναι η κινηματική. Στην περιγραφή της κίνησης με γραφικές μεθόδους ή μαθηματικές εξισώσεις, μια γραφική μελέτη πλεονεκτεί, επειδή διευκολύνει τους μαθητές να αποκτήσουν μια εικόνα της κίνησης και τους προσφέρει μια αξιόλογη εναλλακτική λύση στις λεκτικές και αλγεβρικές περιγραφές της (Tebabal & Kahssay, 2011; Bektasli & White, 2012).

Στο παραδοσιακό εκπαιδευτικό σύστημα διδασκαλίας της κινηματικής, οι μαθητές συνήθως απομνημονεύουν αλγεβρικές φόρμουλες, που θα τους οδηγήσουν στην επίλυση των προβλημάτων. Ωστόσο, η επιτυχής επίλυση προβλημάτων με τη χρήση μαθηματικών τύπων δεν αποτελεί ένδειξη ότι έχουν κατανοήσει πλήρως το θέμα (Sengel & Ozden, 2010). Αντίθετα, η χρήση γραφημάτων για την επίλυση προβλημάτων κινηματικής διευκολύνει την κατανόηση και συμβάλλει θετικά στη μάθηση, καθώς μαθητές, που χρησιμοποιούν γραφήματα, μπορούν πιο άνετα να ερμηνεύουν τις κινήσεις των σωμάτων και να βλέπουν τις σχέσεις μεταξύ των εμπλεκόμενων εννοιών (McKenzie & Padilla, 1986; Κουμαράς, 2006; Βουρλιάς κ.ά., 2014).

Για το λόγο αυτό, τα τελευταία τριάντα χρόνια έχει υπάρξει μια αύξηση του ενδιαφέροντος για τις δεξιότητες των μαθητών σχετικά με τις γραφικές παραστάσεις. Οι ερευνητές παρήγαγαν τεχνικές για την εύκολη και ορθή δημιουργία γραφημάτων (Bertin, 1981), ανέπτυξαν κατευθυντήριες γραμμές για την κατανόησή τους (Kosslyn, 1985), επέκτειναν τη χρήση τους και πέραν της στατιστικής ανάλυσης (Cleveland & McGill, 1984) και διερεύνησαν τις δυσκολίες και παρανοήσεις, που εμφανίζουν οι μαθητές στη δημιουργία και την ερμηνεία τους (Clement, 1985; Clement et al, 1986; McDermott et al, 1983).

Οι πιο κοινές δυσκολίες και παρανοήσεις, που παρατηρήθηκαν και μελετήθηκαν, είναι η διάκριση μεταξύ κλίσης και εξαρτημένης μεταβλητής ή κλίσης και εμβαδού, η θεώρηση του γραφήματος ως εικόνας, η σύγχυση μεταξύ απόστασης και ταχύτητας και η ανάδειξη σχέσεων μεταξύ γραφημάτων (Barclay, 1986; Brasell, 1987; McDermott et al, 1987; Mokros & Tinker, 1987; Adams & Shrum,

1990; Brasell, 1990; Leinhardt et al, 1990; Brasell & Rowe, 1993; Beichner, 1994; Berg & Phillips, 1994; Trumper, 1997; Svec, 1999).

Οι περισσότερες μελέτες, που έγιναν, αφορούσαν στην ερμηνεία των γραφημάτων. Οι Padilla et al (1986) και ο Beichner (1990) δημιούργησαν tests, που χρησιμοποιήθηκαν για να αξιολογήσουν τις ικανότητες αντίληψης μαθητών 13-18 ετών σχετικά με τα γραφήματα. Τα ευρήματα έδειξαν ότι οι περισσότεροι μαθητές είχαν μικρή δυσκολία με απλούς αλγορίθμους για το σχεδιασμό σημείων σε ένα γράφημα ή για την απλή ανάγνωση δεδομένων από ένα γράφημα, αλλά είχαν σοβαρές ελλείψεις σε ανώτερες νοητικές ικανότητες, ακόμη και όταν φαίνονταν πως κατανοούσαν τις μαθηματικές εξισώσεις. Ο Wavering (1989) έδειξε επίσης ότι, αν και λίγοι μαθητές γυμνασίου είχαν σοβαρά προβλήματα στην κατασκευή γραφημάτων, πολλοί δεν ήταν σε θέση να εντοπίσουν τη σχέση μεταξύ των μεταβλητών.

Αντιμέτωποι με την έκρηξη στην παραγωγή δεδομένων, οι εκπαιδευτικοί παροτρύνονται να αναπτύξουν την ικανότητα των μαθητών με γραφήματα, λόγω της αναγνωρισμένης αξίας τους να συμπυκνώνουν, συνοψίζουν και απεικονίζουν ποσοτικές πληροφορίες (Metz, 1982; Barclay, 1986; Silberstein, 1986). Η τάση αυτή φαίνεται να περνά και στο ελληνικό αναλυτικό πρόγραμμα διδασκαλίας της φυσικής, που περιλαμβάνει ανάπτυξη δεξιοτήτων κατασκευής και ερμηνείας γραφημάτων για παιδιά της Α΄ Γυμνασίου (Καλκάνης κ.ά., 2013), παρότι η χρήση τους στην κινηματική της Β΄ Γυμνασίου ακόμα προτείνεται να αποφεύγεται.

Βέβαια, η υπόθεση ότι οι μαθητές θα κατανοήσουν σχετικά εύκολα τις γραφικές αναπαραστάσεις και θα καταστούν ικανοί στη χρήση τους ως εργαλείο μάθησης στο εργαστήριο ή την τάξη, προϋποθέτει επίγνωση των δυσκολιών, που έχουν στο χειρισμό τους, και των επιπλέον παραγόντων, που απαιτούνται για να τις ξεπεράσουν (Testa et al, 2002). Σύμφωνα με τους Berg & Phillips (1994), η καλλιέργεια και ανάπτυξη λογικής σκέψης είναι ένας από αυτούς, ενώ ένα άλλος είναι η συμμετοχή του μαθητή στη διαδικασία της μάθησης, μέσα και από τη σύνδεσή της με την εμπειρία. Η χρήση περιβαλλόντων βασισμένων σε κινήσεις πραγματικού πλαισίου, συνδεδεμένων με τις εμπειρίες των μαθητών, ενισχύει τη συμμετοχή τους σε αυτά και βελτιώνει την αντίληψη τους για το φαινόμενο της κίνησης και τα συνδεδεμένα με αυτή μεγέθη (Armenti, 1974; Frohlich, 2011). Οι Ellis και Tuner (2002) ανέπτυξαν μαθητοκεντρικό σύστημα εργαστηριακών δραστηριοτήτων, συζητήσεων και εργασιών, εμπνευσμένο από την «ανακαλυπτική μάθηση» και την «ενεργό ή αυτόνομη μάθηση», για τη διδασκαλία της κινηματικής μέσω καλλιέργειας δεξιοτήτων ερμηνείας γραφικών παραστάσεων. Η παρατήρηση ανέφερε ότι η προσέγγιση ήταν επιτυχής για την εννοιολογική κατανόηση της κινηματικής, καθώς και την αύξηση του ενδιαφέροντος για τη μελέτη της φυσικής.

Στηριζόμενη στα παραπάνω, η παρούσα εργασία στόχο έχει να αναδείξει τα προβλήματα στο χειρισμό και την κατανόηση γραφικών παραστάσεων από μαθητές της Β΄ τάξης του Γυμνασίου, κατά τη γραπτή αξιολογική διαδικασία, που ακολούθησε τη διδασκαλία του κεφαλαίου των κινήσεων. Τα υποκείμενα της έρευνας ήταν 40 μαθητές των δύο τμημάτων της Β΄ τάξης, επαρχιακού Γυμνασίου, του Νομού Λάρισας.

Μεθοδολογία της έρευνας

Η πορεία από τη διδασκαλία έως την αξιολογική διαδικασία

Η διδασκαλία του δευτέρου κεφαλαίου του σχολικού εγχειριδίου της Β΄ τάξης του Γυμνασίου (Αντωνίου κ.ά., 2010) διήρκεσε 10 ώρες. Στόχος του διδάσκοντα/ερευνητή ήταν η εξοικείωση των μαθητών με τις έννοιες και τα μεγέθη, που εμπλέκονται στο φαινόμενο της (ευθύγραμμης) κίνησης, μέσα από την αλγεβρική και γραφική μελέτη αυτής.

Η διαδικασία ξεκίνησε με τη συμπλήρωση φύλλων εργασίας, με τα οποία οι μαθητές εισήχθησαν στις έννοιες της τροχιάς, του διαστήματος, της χρονικής διάρκειας και της μέσης ταχύτητας. Στη συνέχεια, μέσα από επίλυση απλών ασκήσεων, ήρθαν σε επαφή με το μαθηματικό φορμαλισμό του φαινομένου, μια προσπάθεια που επικεντρώθηκε στην εξοικείωσή τους με τον αλγεβρικό υπολογισμό πρωτίστως της μέσης ταχύτητας και δευτερευόντως των άλλων εμπλεκόμενων μεγεθών. Έμφαση δόθηκε επίσης στη χρήση και, όπου απαιτούνταν, μετατροπή των μονάδων μέτρησης.

Ακολούθως, αναπτύχθηκαν οι έννοιες της χρονικής στιγμής, της θέσης και της μετατόπισης, επιχειρήθηκε η εισαγωγή στο διανυσματικό χαρακτήρα της ταχύτητας και τελικά το ενδιαφέρον εστιάστηκε στη μελέτη της κίνησης με σταθερή ταχύτητα. Στο σημείο αυτό και παράλληλα με τον

αλγεβρικό υπολογισμό της (σταθερής) ταχύτητας, οι μαθητές ασκήθηκαν στη γραφική απεικόνιση και μελέτη του φαινομένου της κίνησης, μέσω του διαγράμματος θέσης – χρόνου.

Η πρώτη προσέγγιση έγινε στο θεωρητικό περιβάλλον των φύλλων εργασίας, όπου οι γραφικές παραστάσεις πραγματοποιήθηκαν άλλοτε σε τετραγωνισμένο φύλλο και άλλοτε σε λευκό, ενώ οι τιμές, που επελέγησαν, ήταν ακέραια πολλαπλάσια μιας ελάχιστης τιμής. Αρκετοί μαθητές έδειξαν να δυσκολεύονται με την κατασκευή και βαθμολόγηση των αξόνων στο λευκό χαρτί, ενώ πολλοί ήταν εκείνοι που επιχειρούσαν τη διαδικασία χωρίς τη χρήση χάρακα, παρά τις αντίθετες προτροπές του ερευνητή.

Στην πορεία, πραγματοποιήθηκε πειραματική μελέτη της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης, με τη χρήση γυάλινου σωλήνα με οινόπνευμα και σταγόνα αέρα, που κινείται ομαλά μέσα στο οινόπνευμα, όπως προβλέπει η άσκηση 7 του νέου σχολικού εργαστηριακού οδηγού (σελ. 39-40) (για αναλυτικότερη περιγραφή: Νέζης, 2014). Εκεί, πραγματοποιήθηκε εκ νέου βαθμολόγηση αξόνων σε λευκή περιοχή και τοποθέτηση των τιμών της θέσης της σταγόνας –ανά δευτερόλεπτο– στον κατακόρυφο άξονα, υπό την επίβλεψη και την καθοδήγηση του ερευνητή, διαδικασία όμως που αποδείχτηκε χρονοβόρα και σχετικά απαιτητική για την πλειοψηφία των αδύναμων μαθητών.

Η δεύτερη προσέγγιση επιχειρήθηκε μέσα από ανάλυση και άντληση πληροφοριών από διαγράμματα, σύμφωνα με τις ασκήσεις του σχολικού βιβλίου (σελ. 40-41). Η διαδικασία φάνηκε να κινεί περισσότερο το ενδιαφέρον των μαθητών, καθώς η συμμετοχή τους στη συζήτηση κρίθηκε ικανοποιητική. Αυτό που διαπιστώθηκε ήταν ότι οι μαθητές εστίαζαν την προσοχή τους στις τιμές της θέσης, υποβαθμίζοντας εκείνες του χρόνου, ενώ αρχικά υπήρξε σύγχυση σε πολλούς ανάμεσα στην γραμμή του διαγράμματος και στην τροχιά, που ακολουθούσε το κινητό.

Μια εβδομάδα μετά το πέρας της διδασκαλίας προγραμματίστηκε γραπτή αξιολογική διαδικασία, διάρκειας 40 λεπτών, που αποδείχτηκε αρκετή για την αντιμετώπιση των τεσσάρων θεμάτων που ζητήθηκαν. Το πρώτο θέμα αναφέρονταν στα φυσικά μεγέθη και τις μονάδες μέτρησής τους. Το δεύτερο εστίαζε στον αλγεβρικό υπολογισμό της μέσης ταχύτητας σε μια ευθύγραμμη κίνηση, καθώς και στην εκτίμηση της μεταβολής της σε συνάρτηση με τη χρονική διάρκεια, σε μια δεύτερη κίνηση με ίσο διανυθέν διάστημα. Τα δύο επόμενα θέματα επικεντρώνονταν στη γραφική μελέτη της κίνησης, περιλαμβάνοντας ένα θέμα κατασκευής και ένα ανάλυσης διαγράμματος θέσης – χρόνου.

Οι δύο κύριοι άξονες της αξιολογικής διαδικασίας ήταν ο έλεγχος της αποκτηθείσας ικανότητας των μαθητών:

1) στο να αναγνωρίζουν την εξάρτηση της μέσης ταχύτητας από τα μεγέθη ορισμού της και να επιλύουν αλγεβρικά ερωτήματα, κάνοντας χρήση της μαθηματικής της εξίσωσης.

2) στο να απεικονίζουν γραφικά την κίνηση, κατασκευάζοντας το διάγραμμα θέσης – χρόνου, και να ανακαλούν πληροφορίες από αυτό.

Αναφορικά με το δεύτερο στόχο και προκειμένου τα δύο γραφικά ερωτήματα να καταστούν προσιτά στους μαθητές, αποφασίστηκε η ανάπτυξή τους μέσα από τη χρήση σεναρίων κίνησης πραγματικού πλαισίου, συνδεδεμένων άμεσα με την καθημερινή εμπειρία των μαθητών, και συγκεκριμένα μέσω δύο απλών παιχνιδιών: του «αγώνα με τσουβάλια» και του «ζεστό - κρύο». Τα παιχνίδια αυτά αποτελούν γνωστά περιβάλλοντα δράσης για όλους τους μαθητές, οπότε προτιμήθηκαν έναντι άλλων σεναρίων, καθώς θεωρήθηκαν πιο οικεία και κατάλληλα στο να προκαλέσουν το ενδιαφέρον τους. Στον «αγώνα με τσουβάλια», η εκφώνηση συνοδεύτηκε από σχετική φωτογραφία, ενώ στο «ζεστό - κρύο» από αναλυτική περιγραφή των κανόνων, ενώ κρίθηκε σκόπιμο να επισημανθούν και προφορικά οι κανόνες των παιχνιδιών.

Τονίζεται ότι τα δύο παιχνίδια χρησιμοποιήθηκαν ως σεναρία αξιολογικών ερωτημάτων, θα μπορούσαν όμως σε άλλη περίπτωση να αναπτυχθούν στην πράξη, καθώς χαρακτηρίζονται από απλότητα τόσο στην αναπαραγωγή, όσο και στη λήψη μετρήσεων χωρίς απαίτηση εξειδικευμένου εξοπλισμού (GPS, κάμερες και προγράμματα υπολογιστών), όπως προτείνεται σε άλλες έρευνες (Βουρλιάς κ.ά., 2014; Vourlias & Seroglou, 2016), εξοπλισμό που τα σχολεία δε διαθέτουν.

Η συλλογή του υλικού

Η κατασκευή διαγράμματος

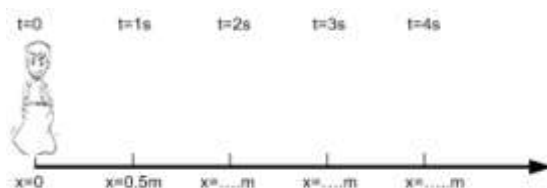
Το έργο, που εφαρμόστηκε στα υποκείμενα της έρευνας για την κατασκευή διαγράμματος, ήταν ο «αγώνας με τσουβάλια» (θέμα Γ της αξιολογικής διαδικασίας):

«Έχεις τρέξει ποτέ σε αγώνα με τσουβάλια, όπως αυτός που φαίνεται στην εικόνα (Εικόνα 1);



Εικόνα 1. Αγώνας με τσουβάλια

Ο Γιώργος και η αδερφή του, η Μαρία, ετοιμάζονται να βάλουν αγώνα με τσουβάλια. Ο Γιώργος ξεκινά τη στιγμή $t=0$ από την αφετηρία (θέση $x=0$) και κάνει ένα άλμα σε κάθε δευτερόλεπτο. Κάθε άλμα έχει μήκος $0,5m$ (Σχήμα 1).



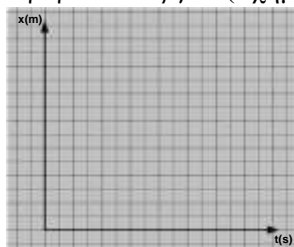
Σχήμα 1. Εποπτικό σκίτσο

Γ1. Σημείωσε στον πίνακα 1 τη θέση, στην οποία βρίσκεται ο Γιώργος μετά από κάθε άλμα.

Πίνακας 1. Οι τιμές της θέσης

| Χρονική στιγμή, t , σε s | Θέση, x , σε m |
|----------------------------|------------------|
| 0 | 0 |
| 1 | |
| 2 | |

Γ2. Με βάση τα ζευγάρια τιμών του παραπάνω πίνακα, να κατασκευάσεις στην παρακάτω περιοχή το διάγραμμα «θέσης – χρόνου» για την κίνηση του Γιώργου (Σχήμα 2).

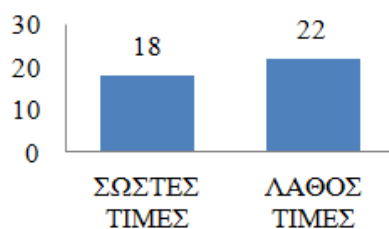


Σχήμα 2. Η περιοχή της γραφικής παράστασης

Γ3. Να υπολογίσεις την ταχύτητα, v , του Γιώργου, κατά την παραπάνω κίνηση: $v=...$ »

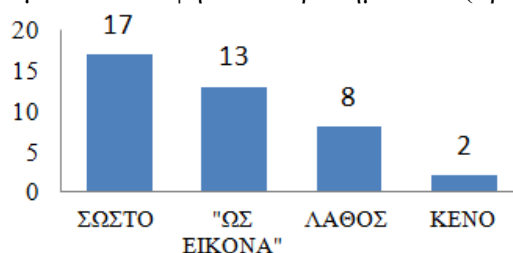
Το θέμα χωρίζονταν τυπικά σε τρία, ουσιαστικά σε δύο ερωτήματα, αυτό της κατασκευής του διαγράμματος και εκείνο του αλγεβρικού υπολογισμού της ταχύτητας, μιας και το πρώτο ερώτημα αποσκοπούσε στο να διευκολύνει τους μαθητές στην κατασκευή του διαγράμματος. Ο στόχος του θέματος ήταν διπλός: να ελέγξει τις ικανότητες των μαθητών στην κατασκευή διαγράμματος, όμοιου με αυτό στο οποίο είχαν ασκηθεί, και στον υπολογισμό της μέσης ταχύτητας, ουσιαστικά ως ρυθμού μεταβολής της θέσης. Για την κατασκευή του διαγράμματος προτιμήθηκε, προς διευκόλυνση των μαθητών, τετραγωνισμένη περιοχή και τιμές ακέραια πολλαπλάσια μιας ελάχιστης τιμής, καθώς δε θεωρήθηκε από τον ερευνητή πως οι μαθητές είχαν αποκτήσει την ευχέρεια κατασκευής διαγράμματος σε λευκή περιοχή και ειδικά κάτω από την πίεση μιας αξιολογικής διαδικασίας. Οι απαντήσεις ανά ερώτημα ήταν:

1) Ερώτημα Γ1: 18 μαθητές συμπλήρωσαν σωστά τις τιμές θέσης. Από τους υπόλοιπους, οι 19 έκαναν το αριθμητικό λάθος « $0,5+0,5=0,10$ », οπότε έγραψαν τιμές « $0,5m$ », « $0,10m$ », « $0,15m$ » και « $0,20m$ », ενώ οι 3 θεώρησαν όλες τις τιμές ίσες με $0,5m$ (Γράφημα 1).



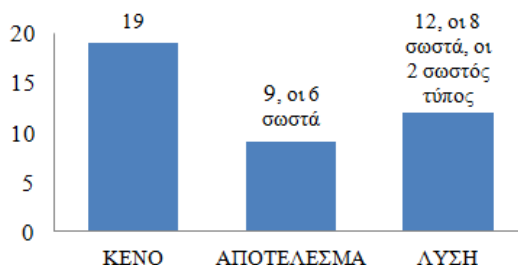
Γράφημα 1. Αποτελέσματα απαντήσεων ερωτήματος Γ1

2) Ερώτημα Γ2: 17 μαθητές έκαναν το διάγραμμα σωστά, σχεδιάζοντας και την ευθεία γραμμή που ενώνει τα σημεία, 13 το αναπαρήγαγαν «ως εικόνα», όπως την είχαν αποτυπώσει κατά τη διδασκαλία, χωρίς να λάβουν υπόψη τους τις λανθασμένες τιμές που έγραψαν στο προηγούμενο ερώτημα, 8 το έκαναν λανθασμένα και 2 άφησαν το ερώτημα κενό (Γράφημα 2).



Γράφημα 2. Αποτελέσματα απαντήσεων ερωτήματος Γ2

3) Ερώτημα Γ3: 12 μαθητές επιχειρήσαν να απαντήσουν με τύπο και πράξεις (οι 8 σωστά, οι 2 με σωστό μόνο τον τύπο), ενώ 9 μαθητές παρέθεσαν μόνο αποτέλεσμα (οι 6 σωστά). Αντίθετα, οι υπόλοιποι 19 άφησαν το ερώτημα κενό (δε θεωρείται τυχαίο ότι οι 10 από αυτούς είχαν αφήσει κενό και το θέμα Β της αξιολογικής διαδικασίας, που ζητούσε επίσης υπολογισμό της ταχύτητας) (Γράφημα 3).



Γράφημα 3. Αποτελέσματα απαντήσεων ερωτήματος Γ3

Από την ανάλυση των παραπάνω αποτελεσμάτων προκύπτει ότι:

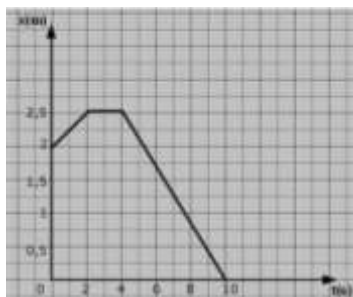
1) Οι μαθητές είχαν αποτυπώσει φωτογραφικά την εικόνα του διαγράμματος και είχαν αποστηθίσει μηχανικά τον αλγόριθμο της κατασκευής του. Έτσι, οι λανθασμένες τιμές του πρώτου ερωτήματος δεν εμπόδισαν αρκετούς να αναπαράγουν το διάγραμμα ως πιστή αναπαράσταση αυτού που είχαν δει κατά τη διδασκαλία.

2) Σχεδόν όλοι (38/40) έδειξαν ενδιαφέρον στην ενασχόληση με την κατασκευή ενός διαγράμματος-εικόνας, ενώ οι μισοί περίπου (19/40) δεν ασχολήθηκαν με την επίλυση του αλγεβρικού ερωτήματος Γ3. Σε συνδυασμό με το γεγονός ότι αρκετοί από αυτούς (10/19 ή 25% επί του συνόλου) άφησαν κενό και το, επίσης υπολογιστικό, θέμα Β της αξιολόγησης, γεγονός που δεν οφείλεται σε ελλιπή εξάσκηση κατά τη διδασκαλία ούτε σε περιορισμένο χρόνο κατά την αξιολόγηση, μπορούμε να συμπεραίνουμε ότι η γραφική αναπαράσταση της κίνησης ήταν πιο δελεαστική για το σύνολο των μαθητών από ότι η φορμαλιστική αναπαράστασή της μέσω μαθηματικών εξισώσεων, που απώθησε το 1/4 αυτών.

Η ανάγνωση του διαγράμματος

Το έργο, που εφαρμόστηκε στα υποκείμενα της έρευνας, για την ανάγνωση διαγράμματος, ήταν το «ζεστό-κρύο» (θέμα Δ της αξιολογικής διαδικασίας):

«Ο Γιώργος παίζει «ζεστό-κρύο» με τη Μαρία. Η Μαρία έχει κρύψει το θησαυρό και ο Γιώργος ψάχνει να τον βρει. Όταν κινείται απομακρυνόμενος από το θησαυρό, η Μαρία πρέπει να φωνάζει «κρύο», ενώ όταν κινείται πλησιάζοντας στο θησαυρό, πρέπει να φωνάζει «ζεστό». Στο παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 3) φαίνεται η θέση του Γιώργου κάθε χρονική στιγμή, από τη στιγμή που ξεκινά ($t=0$) να ψάχνει για να βρει το «θησαυρό». Ο θησαυρός είναι κρυμμένος στη θέση $x=0$.

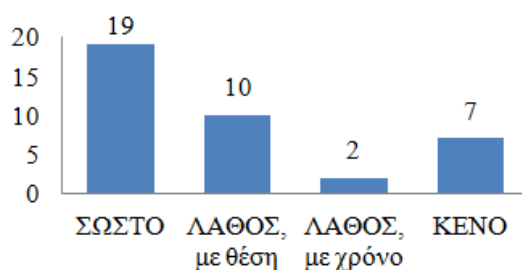


Σχήμα 3. Διάγραμμα θέσης-χρόνου

- Δ1. Πόσο μακριά από το θησαυρό είναι ο Γιώργος τη στιγμή $t=0$;
- Δ2. Από ποια στιγμή μέχρι ποια στιγμή η Μαρία θα φωνάζει «κρύο»;
- Δ3. Από ποια στιγμή μέχρι ποια στιγμή η Μαρία θα φωνάζει «ζεστό»;
- Δ4. Από ποια στιγμή μέχρι ποια στιγμή ο Γιώργος είναι ακίνητος;
- Δ5. Σε πόση απόσταση βρίσκεται τότε (όταν είναι ακίνητος) από το θησαυρό;
- Δ6. Ποια χρονική στιγμή ο Γιώργος φτάνει στο θησαυρό;

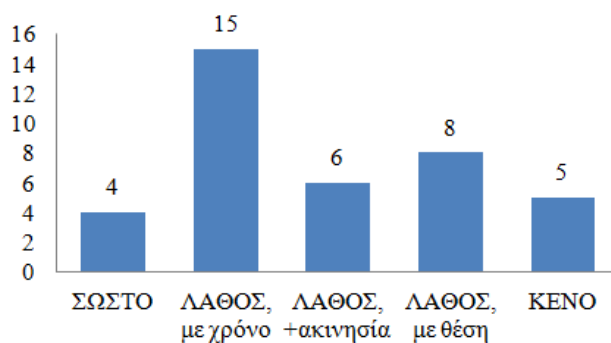
Το θέμα αποτελούνταν από έξι ερωτήματα, δύο για τη θέση και τέσσερα για τη χρονική στιγμή – χρονική διάρκεια. Ο αριθμός των ερωτημάτων δεν επιλέχθηκε σκόπιμα, θεωρήθηκε όμως από τον ερευνητή ως ο ελάχιστος ικανοποιητικός, ώστε να ανακληθούν όλες οι απαραίτητες πληροφορίες για το φαινόμενο που περιγράφονταν στην εκφώνηση: η αρχική θέση, το χρονικό διάστημα της απομάκρυνσης, της ακινησίας και του πλησιάζματος, η θέση ακινησίας και η τελική στιγμή του φαινομένου. Το μόνο που επιλέχθηκε σκοπίμως ήταν τα περισσότερα ερωτήματα να αναφέρονται σε χρονικές στιγμές, καθώς, όπως προαναφέρθηκε, κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές υποβάθμισαν τις τιμές του χρόνου, εστιάζοντας σε εκείνες της θέσης. Οι απαντήσεις ανά ερώτημα ήταν:

1) Ερώτημα Δ1: 19 μαθητές απάντησαν σωστά, ενώ 12 λανθασμένα, από τους οποίους οι 10 έδωσαν λάθος τιμή στην αρχική θέση και οι 2 απάντησαν με χρονική στιγμή (Γράφημα 4).



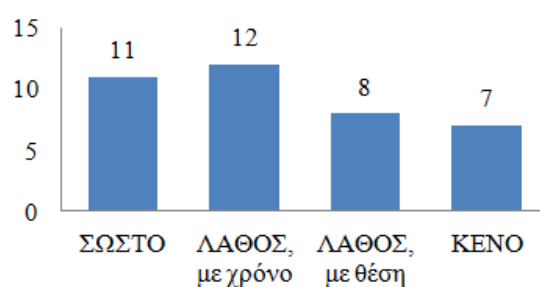
Γράφημα 4. Αποτελέσματα απαντήσεων ερωτήματος Δ1

2) Ερώτημα Δ2: 4 μαθητές απάντησαν σωστά, ενώ 15 λανθασμένα: ένας έγραψε το χρονικό διάστημα από τη μεγάλη τιμή του χρόνου στη μικρή (το ίδιο έκανε και στα ερωτήματα Δ3 και Δ4), ενώ 6 συμπεριέλαβαν το διάστημα της ακινησίας στο «κρύο» (Γράφημα 5).

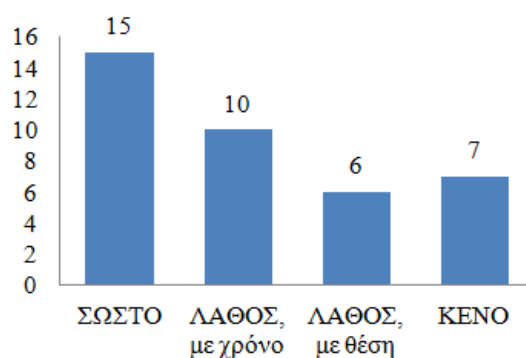


Γράφημα 5. Αποτελέσματα απαντήσεων ερωτήματος Δ2

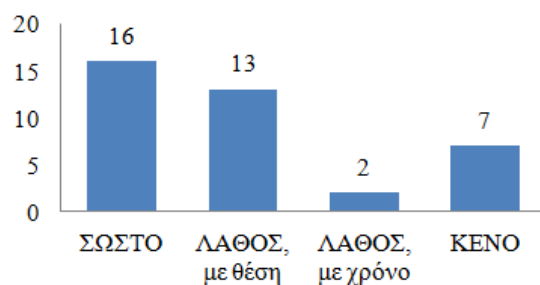
3) Ερωτήματα Δ3, Δ4, Δ5 και Δ6: Οι λανθασμένες απαντήσεις οφείλονταν είτε σε λάθος στις ζητούμενες τιμές, είτε σε απάντηση με τιμή θέσης αντί για χρόνου ή το αντίστροφο. Αναλυτικά τα αποτελέσματα φαίνονται στα γραφήματα 6, 7, 8 και 9, αντίστοιχα.



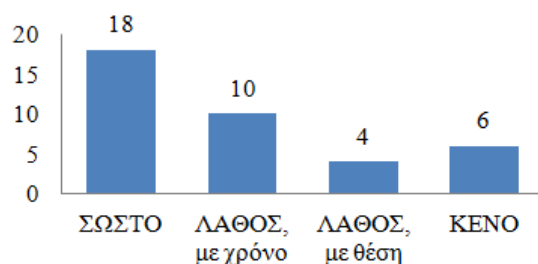
Γράφημα 6. Αποτελέσματα απαντήσεων ερωτήματος Δ3



Γράφημα 7. Αποτελέσματα απαντήσεων ερωτήματος Δ4



Γράφημα 8. Αποτελέσματα απαντήσεων ερωτήματος Δ5



Γράφημα 9. Αποτελέσματα απαντήσεων ερωτήματος Δ6

Τέλος, δύο άτομα έδωσαν απαντήσεις, που δεν είχαν καμιά σχέση με τα ερωτήματα.

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων μπορούμε να παρατηρήσουμε τα εξής:

1) Τα μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας (περίπου 50%) σημειώθηκαν στα ερωτήματα Δ1 και Δ6, που περιλάμβαναν ανάγνωση τιμής μιας μεταβλητής, όταν μηδενίζεται η άλλη (αρχή και τέλος της καμπύλης). Περισσότερες δυσκολίες καταγράφηκαν στην εκτίμηση των τιμών θέσης ή χρόνου, όταν και οι δυο μεταβλητές έχουν μη μηδενικές τιμές.

2) Στα ερωτήματα Δ2, Δ3, Δ4 και Δ6, που ζητούνταν τιμές χρόνου, οι μαθητές που απάντησαν με τιμές θέσης αποτελούσαν το 27,5%, 40%, 37,5% και 40%, αντίστοιχα, επί των λανθασμένων απαντήσεων, ενώ στα ερωτήματα Δ1 και Δ5, που ζητούνταν τιμές θέσης, εκείνοι που απάντησαν με τιμή χρόνου αποτελούσαν το 16% επί των λανθασμένων απαντήσεων. Από το γεγονός αυτό συμπεραίνουμε ότι η παράμετρος του χρόνου εξακολούθησε να υποβαθμίζεται μπροστά σε εκείνη της θέσης, όπως συνέβη κατά τη διδασκαλία.

3) Τα χαμηλότερα ποσοστά επιτυχίας σημειώθηκαν στην ανάγνωση των διαστημάτων της κίνησης έναντι της ακινησίας, που φαίνεται να έγινε πιο εύκολα αντιληπτό. Επίσης ενδιαφέρον έχει ότι υπήρξαν μαθητές που μέτρησαν τα χρονικά διαστήματα από τη μεγάλη στη μικρότερη στιγμή.

4) Το πολύ χαμηλό ποσοστό σωστών απαντήσεων στο ερώτημα Δ2, οφείλεται και στη παρερμηνεία της εκφώνησης από 6 μαθητές, οι οποίοι συμπεριέλαβαν το διάστημα της ακινησίας στο «κρύο», παρότι στην εκφώνηση ορίζονταν ως «κρύο» η απομάκρυνση από το θησαυρό. Αυτό φαίνεται να αποτελεί μειονέκτημα των σεναρίων πραγματικού πλαισίου, καθώς ενδέχεται οι μαθητές να παραβλέπουν στοιχεία της εκφώνησης μπροστά στην πεποίθησή τους ότι γνωρίζουν τους κανόνες του παιχνιδιού.

Γενικά συμπεράσματα-Προτάσεις

Η μελέτη κινήσεων μέσω γραφικών παραστάσεων φαίνεται να αποτελεί ένα περιβάλλον θετικής ανταπόκρισης για μαθητές 14 ετών, καθώς παρατηρήθηκε πως έδειξαν αυξημένο ενδιαφέρον ενασχόλησης με ερωτήματα κατασκευής διαγραμμάτων και αναζήτησης πληροφοριών μέσα από αυτά. Αντίθετα, ήταν περισσότερο αρνητικοί στην ενασχόληση με ερωτήματα, που συνδέονταν με τυπική εφαρμογή και μαθηματική επεξεργασία εξισώσεων.

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων επεσήμανε ένα υπαρκτό πρόβλημα στην πλειονότητα των μαθητών σχετικά με την ερμηνεία γραφημάτων. Η δυσκολία διαχείρισης του γραφήματος εντοπίστηκε όχι τόσο στο τμήμα της ακινησίας, που φαίνεται να έγινε καλύτερα αντιληπτό, αλλά στην αναγνώριση των τμημάτων της κίνησης, όπου και οι δύο παράμετροι, θέσης-χρόνου, μεταβάλλονται. Επίσης, αναδείχτηκε σε αρκετούς η σύγχυση μεταξύ των δύο αυτών παραμέτρων περιγραφής της κίνησης, με τη θέση να κυριαρχεί έναντι του χρόνου.

Αντίθετα, υψηλότερα ποσοστά επιτυχίας παρατηρήθηκαν στο ερώτημα κατασκευής διαγράμματος και κατέδειξαν πως η πλειοψηφία των μαθητών ανταποκρίθηκε ικανοποιητικά και με σχετική ευκολία στην αναπαραγωγή γραφήματος «ως εικόνας», πανομοιότυπης με εκείνης των διδαγμένων γραφημάτων. Για να αντιμετωπίσουμε την προσέγγιση αυτή, που αποτελεί την πιο συνήθη προβληματική διαπραγμάτευση των μαθητών, καθώς «φωτογραφίζουν» τη μορφή του διαγράμματος στο περιβάλλον των ασκήσεων και το αναπαράγουν τυποποιημένα, προτείνεται να προγυμνάσουμε τους μαθητές και σε γραφήματα με πραγματικές μετρήσεις, που θα καλλιεργούν δεξιότητες βαθμολόγησης των αξόνων και δε θα οδηγούν απλά σε αναπαραγωγή αλγοριθμικών διαδικασιών. Για τη λήψη των μετρήσεων αυτών, τα περιβάλλοντα κινήσεων πραγματικού πλαισίου, όπως τα παιχνίδια

της καθημερινότητάς τους, θα μπορούσαν να είναι προτιμητέα, καθώς φαίνεται να κινούν το ενδιαφέρον τους και να αυξάνουν τη συμμετοχή τους.

Τα παιχνίδια, που επελέγησαν για την αξιολογική διαδικασία, «ο αγώνας με τσουβάλια» και το «ζεστό-κρύο», μπορούν να ενσωματωθούν στη διδασκαλία της γραφικής απεικόνισης της κίνησης, είτε ως εκπαιδευτικά σενάρια, όπως παραπάνω, είτε ως δραστηριότητες, γιατί είναι οικεία στους μαθητές και εύκολα να αναπαραχθούν. Μέσω αυτών, οι μαθητές μπορούν να εξοικειωθούν με τον προσδιορισμό της θέσης των σημείων της τροχιάς ως προς ένα σημείο που θα οριστεί ως «θέση $\chi=0$ », με τον εντοπισμό της ενδεχόμενης αλλαγής στη φορά της κίνησης και με την εννοιολογική ανάπτυξη της ταχύτητα ως «χρονικού ρυθμού μεταβολής της θέσης».

Αναφορές

- Adams, D. D., & Shrum, J. W. (1990). The effects of microcomputer-based laboratory exercises on the acquisition of line graph construction and interpretation skills by high school biology students, *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 777-787.
- Armenti, A. (1974). Physics and sport: A new course for non-science majors. *AAPT, The Physics Teacher*, 12(6), 349-351.
- Barclay, W. (1986). Graphing misconceptions and possible remedies using microcomputer-based labs. A paper presented at the 1986 National Educational Computing Conference, University of San Diego, San Diego, CA. Στο: Beichner, R. J. (1996). The impact of video motion analysis on kinematics graph interpretation skills. *Am. J. Phys.*, 64(10), 1272-1277.
- Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 62, 750-762.
- Beichner, R. J. (1990). *The effect of simultaneous motion presentation and graph generation in a kinematics lab*. Paper presented at the annual meeting of the National Association of Research in Science Teaching, Atlanta, GA. Στο: Brasell, H.M., & Rowe, B.M. (1993). Graphing skills among high school physics students. *School Science and Mathematics*, 93(2), 63-69
- Bektasli, B. & White, A.L. (2012). The Relationship Between Logical Thinking, Gender and Kinematics Graph Interpretation Skills. *Eurasian Journal of Educational Research*, 45, 1-20.
- Berg, C.A. & Phillips, D.G. (1994). An investigation of the relationship between logical thinking structures and the ability to construct and interpret line graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 323-344.
- Bertin, J. (1981). *Graphics and graphic information-processing*. (W. J. Berg & P. Scott, Trans.). Berlin: Walter de Gruyter & Co. Στο: Brasell, H.M., & Rowe, B.M. (1993). Graphing skills among high school physics students. *School Science and Mathematics*, 93(2), 63-69.
- Brasell, H. M. (1990). Graphs, graphing, and graphers. In M.B. Rowe (Ed.), *What Research Says to the Science Teacher, Volume 6* (pp. 69-85), Washington, DC: National Science Teachers Association. Στο: Brasell, H.M., & Rowe, B.M. (1993). Graphing skills among high school physics students. *School Science and Mathematics*, 93(2), 63-69.
- Brasell, H.M. (1987). The effect of real-time laboratory graphing on learning graphic representations of distance and velocity. *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 385-395.
- Brasell, H.M., & Rowe, B.M. (1993). Graphing skills among high school physics students. *School Science and Mathematics*, 93(2), 63-69.
- Clement, J. (1985). *Misconceptions in graphing*. Paper presented at the annual meeting of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, Noordwijkerhout, The Netherlands. Στο: Brasell, H.M., & Rowe, B.M. (1993). Graphing skills among high school physics students. *School Science and Mathematics*, 93(2), 63-69.
- Clement, J., Mokros, J. R., & Schultz, K. (1986). *Adolescents' graphing skills: A descriptive analysis*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, CA. Στο: Brasell, H.M., & Rowe, B.M. (1993). Graphing skills among high school physics students. *School Science and Mathematics*, 93(2), 63-69.
- Cleveland, W.S., & McGill, R. (1984). Graphical perception: Theory, experimentation, and application to the development of graphical methods. *Jour. of the Amer. Statist. Association*, 79, 531-554.
- Ellis, G. & Tuner, W. (2002). *Improving the Conceptual Understanding of Kinematics through Graphical analysis*. Proceedings of the 2002 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition. Στο: Tebabal, A. & Kahssay, G. (2011). The Effects of Student-Centered Approach in Improving Students' Graphical Interpretation Skills and Conceptual Understanding of Kinematical Motion. *Latin-American Journal of Physics Education*, 5(2), 374-381.
- Frohlich, C. (2011). Resource Letter PS-2: Physics of sports. *Am. J. Phys.* 79 (6), 565-574.
- Kosslyn, S.M. (1985). Graphics and human information processing. *Journal of American Statistical Association*, 80(391), 499-512.

- Leinhardt, G., Zaslavsky, O. & Stein, M.K. (1990). Functions, graphs, and graphing: Tasks, learning, and teaching. *Review of Educational Research*, 60(1), 1-64.
- McDermott, L.C., Rosenquist, M.L. & van Zee, E.H. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. *American Journal of Physics*, 55, 503-513.
- McKenzie, D., & Padilla, M. (1986). The construction and validation of the test of graphing in science. (TOGS). *Journal of Science Teaching*, 23, 571-579.
- Metz, J.R. (1982). Slope as speed. *Mathematics Teacher*, 75, 229-233.
- Mokros, J.R., & Tinker, R.F. (1987). The impact of microcomputer-based labs on children's ability to interpret graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 369-383.
- Padilla, M.J., McKenzie, D.L. & Shaw, E.L. Jr. (1986). An examination of line graphing ability of students in grades seven through twelve. *School Science and Mathematics*, 86, 20-26.
- Sengel, E. & Ozden, M.Y. (2010). The effect of computer simulation experiments on high school students' understanding of displacement and velocity concepts. *Egitim Arastirmalari – Eurasian Journal of Educational Research*, 39, 1-20.
- Silberstein, E. P. (1986). Graphically speaking. *The Science Teacher*, 53(5), 41-45.
- Svec, M. (1999). Improving graphical interpretation skills and understanding of motion using microcomputer based laboratories. *Electronic Journal of Science Education*, 3(4). Διαθέσιμο στο <http://ejse.southwestern.edu/article/view/7614/5381>
- Tebabal, A. & Kahssay, G. (2011). The Effects of Student-Centered Approach in Improving Students' Graphical Interpretation Skills and Conceptual Understanding of Kinematical Motion. *Latin-American Journal of Physics Education*, 5(2), 374-381.
- Testa, I., Monroy, G. & Sassi, E. (2002). Students' reading images in kinematics: the case of real-time graphs. *International Journal of Science Education*, 24, 235-256 .
- Torres T. & Alarcon, H. (2012). A tutorial-type activity to overcome learning difficulties in understanding graphics in kinematics. *Lai. Am. J. Phys. Educ.*, 6(1), 285-289.
- Trumper, R. (1997). Learning kinematics with a V-scope: A case study. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 16(1), 91-110.
- Vourlias, K. & Seroglou, F. (2016). Professor Usain Bolt Welcomes You to the Schoolyard: Physics for Champions. *AAPT, The Physics teacher*, 54(1), 45-47.
- Wavering, M. J. (1989). Logical reasoning necessary to make line graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 373-379.
- Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., Παπασιμίπα, Λ. (2010). Φυσική Β Γυμνασίου. Έκδοση Δ', ΟΕΔΒ. Αθήνα.
- Βουρλιάς, Κ., Βλαχάκης, Π. & Σέρογλου, Φ. (2014). Με μια κάμερα ανακαλύπτουμε τη Φυσική. *Πρακτικά του 3ου Πανελληνίου Εκπαιδευτικού Συνεδρίου Ημαθίας*, 92-100. Νάουσα.
- Καλκάνης Γ., Γκικοπούλου Ο., Καπότης Ε., Γουσόπουλος Δ., Πατρινόπουλος Μ., Τσάκωνας Π., Δημητριάδης Π., Παπασιμίπα Λ., Μιτζήθρας Κ., Καπόγιαννης Α., Σωτηρόπουλος Δ., Πολίτης Σ., και η συγγραφική ομάδα των "Φυσικά - Ερευνώ και Ανακαλύπτω" της Ε-Στ τάξης του δημ. σχ. (2013). Η Φυσική με Πειράματα, Α Γυμνασίου. ΙΤΥΕ-ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ. Διαθέσιμο στο: <http://ebooks.edu.gr/courses/DSGYM-A120/document/524d532bvass/524d5339vdyh/524d5367ig7e.pdf>
- Κουμαράς, Π. (2006). Είναι δυνατόν να δημιουργηθεί ενδιαφέρον στους μαθητές για τη Φυσική; *Πρακτικά του 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (ΕΔΙΦΕ)*, 30-39. Βόλος.
- Νέζης, Α. (2014). Παίζοντας με τις φυσαλίδες: εμπάθυση σε ένα "απλό" πείραμα μελέτης της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 3, 59-66.

Μ' ένα «Συρτό Πολίτικο»

Βασίλης Νούσης
Φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Θεσπρωτίας
ekfethesp@sch.gr

Περίληψη

Με μια σειρά δραστηριοτήτων στις οποίες με το λογισμικό Tracker αναλύουμε το βίντεο ενός περιστρεφόμενου δίσκου 78 στροφών, και με μια δεύτερη σειρά όπου το χειριστήριο της παιχνιδιομηχανής Wii της Nintendo χρησιμοποιείται ως πειραματικό εργαλείο, παρουσιάζεται μια πρόταση πειραματικής διδασκαλίας της ομαλής κυκλικής κίνησης. Η πρόταση έχει δομηθεί κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι εύκολη η προσαρμογή της σε μια διερευνητικού τύπου διδασκαλία, χρησιμοποιώντας όμως όπου απαιτείται και δασκαλοκεντρικού τύπου παρεμβάσεις.

Λέξεις κλειδιά: Ομαλή κυκλική κίνηση, Ανάλυση βίντεο, Tracker, επιταχυνσιόμετρο, Wiimote

Εισαγωγή

Στο βίντεο που πρόκειται να αναλύσουμε με το λογισμικό Tracker έχει καταγραφεί στα 25 καρέ ανά δευτερόλεπτο η περιστροφή ενός δίσκου 78 στροφών (ηχογραφημένου τη δεκαετία του 1930 στην Αμερική που περιέχει ένα «Συρτό Πολίτικο» και ένα «Καλαματιανό» χορό με το κλαρίνο του Αντώνη Σακελλαρίου). Για τις ανάγκες των πειραματικών δραστηριοτήτων με το Tracker ο δίσκος διαμέτρου 30,1 cm περιστρέφεται στις 33 στροφές ανά δευτερόλεπτο. Στο δίσκο και κατά μήκος μιας ακτίνας του έχουν στερεωθεί πέντε πολύ μικρά και διαφορετικού χρώματος κομματάκια πλαστελίνης των οποίων η κίνηση πρόκειται να αναλυθεί.

Η διαδικασία ανάλυσης ενός βίντεο (Tracker Home Page, 2015; Νούσης, 2014) για την εξαγωγή πειραματικά αξιοποιήσιμων δεδομένων περιλαμβάνει δύο καθοριστικής σημασίας αρχικές ενέργειες:

- Τον καθορισμό του ρυθμού εναλλαγής των καρέ (fps), μέσω του οποίου το λογισμικό ανάλυσης βίντεο μπορεί να υπολογίζει τη χρονική στιγμή στην οποία κάθε καρέ αντιστοιχεί. Ο ίδιος ρυθμός καθορίζει και τη διακριτική ικανότητα στη μέτρηση χρόνου.
- Τον καθορισμό της κλίμακας αποστάσεων, μέσω της οποίας καθίσταται δυνατή η αντιστοίχιση αποστάσεων μετρημένων σε pixels στα διάφορα καρέ του βίντεο σε αποστάσεις του πραγματικού κόσμου. Για το σκοπό αυτό πρέπει να είναι γνωστή μια διάσταση ενός αντικειμένου του πραγματικού κόσμου που εμφανίζεται στο βίντεο.

Ακολουθεί η χειροκίνητη ή αυτόματη ιχνηλασία ενός χαρακτηριστικού σημείου του αντικειμένου που εμφανίζεται σε όλα τα καρέ του βίντεο. Τελικά το λογισμικό έχει συμπληρώσει πίνακα τιμών με τα δεδομένα θέσης-χρόνου για το υπό μελέτη υλικό σημείο. Με βάση τα δεδομένα αυτά επιπλέον μεγέθη προκαθορισμένα από το λογισμικό ή οριζόμενα από τον χρήστη μπορούν να προσδιοριστούν, ή να σχεδιαστούν και αναλυθούν οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις.

Για τη μελέτη της επιτάχυνσης στην ομαλή κυκλική κίνηση χρησιμοποιήθηκε επιπλέον το χειριστήριο Wiimote της παιχνιδιομηχανής Wii της Nintendo. Αξιοποιήσαμε εδώ την ύπαρξη ηλεκτρονικού επιταχυνσιόμετρου τριών αξόνων στο χειριστήριο (Εικόνα 1), του οποίου η αρχική χρήση στην παιχνιδιομηχανή είναι για τον προσδιορισμό του προσανατολισμού του χειριστηρίου στο χώρο. Η δυνατότητα σύνδεσης μέσω Bluetooth που διαθέτει το Wiimote επιτρέπει τη συλλογή των δεδομένων του επιταχυνσιόμετρου από προσωπικό υπολογιστή, στον οποίο το λογισμικό Wiimote Physics (Wheeler, 2011) αναλαμβάνει τη γραφική τους απεικόνιση σε συνάρτηση με το χρόνο, και τη λήψη μετρήσεων είτε απευθείας από τη γραφική παράσταση είτε μέσω αποθήκευσης σε αρχείο κειμένου ή αποστολής τους στο Excel.



Εικόνα 1. Το Wiimote

Ως προς τη λειτουργία του επιταχυνσιόμετρου πρέπει να λάβουμε υπόψη πως δε μπορεί να διακρίνει την επιτάχυνση λόγω της κίνησής του από την επιτάχυνση λόγω της βαρύτητας, και πως μετράει την επιτάχυνση σε μονάδες g.

Μέσω μιας σειράς κατάλληλα σχεδιασμένων πειραματικών δραστηριοτήτων σε διερευνητικό στυλ αλλά και συγκεκριμένων δασκαλοκεντρικού τύπου παρεμβάσεων σκοπός μας είναι να παρουσιάσουμε μια ολοκληρωμένη πρόταση για την πειραματική διδασκαλία της ομαλής κυκλικής κίνησης στη Β΄ τάξη του Γενικού Λυκείου. Με το σύνολο αυτών των δραστηριοτήτων επιδιώκεται οι μαθητές:

- Να μπορούν να προσδιορίζουν θεμελιώδη χαρακτηριστικά (όπως περίοδο ή συχνότητα) της ομαλής κυκλικής κίνησης.
- Να υπολογίζουν τη γραμμική ταχύτητα της κίνησης, αναγνωρίζοντας και το διανυσματικό της χαρακτήρα.
- Να διαπιστώσουν τη χρηστική αξία της γωνιακής ταχύτητας και να υπολογίζουν την τιμή της.
- Να διαπιστώσουν θεωρητικά και να επιβεβαιώσουν πειραματικά τη σχέση που συνδέει τη γωνιακή και τη γραμμική ταχύτητα.
- Να διαπιστώσουν πειραματικά την ύπαρξη κεντρομόλου επιτάχυνσης και να επιβεβαιώσουν την εξάρτησή της από τη συχνότητα της κίνησης και την ακτίνα της κυκλικής τροχιάς.

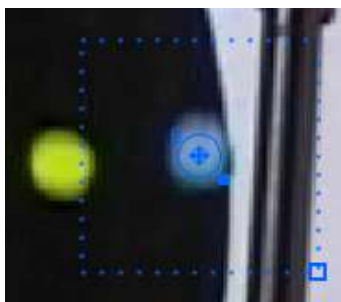
Στα πλεονεκτήματα της πρότασης είναι ο καθαρά πειραματικός, διερευνητικός κατά βάση στυλ και ολοκληρωμένος διδακτικός χαρακτήρας της, καθώς και η χρήση νέων τεχνολογιών και οι πολλαπλές αναπαραστάσεις που με αυτές επιτυγχάνονται. Το βίντεο που αναλύεται είναι διαθέσιμο για μεταφόρτωση από τη διεύθυνση: <https://www.youtube.com/watch?v=LPe2Edev2VQ>.

Πειραματικές δραστηριότητες

Γνωρίζουμε πως η διάμετρος του δίσκου είναι 30,1 cm, οπότε αφού ανοίξουμε στο Tracker το αρχείο του προς ανάλυση βίντεο δημιουργούμε μια «ράβδο βαθμονόμησης» τα άκρα της οποίας τοποθετούμε σε αντιδιαμετρικά σημεία του δίσκου και εισάγουμε στο αντίστοιχο πλαίσιο κειμένου την τιμή 30,1, ώστε να μετράμε τις αποστάσεις σε εκατοστά. Στη συνέχεια με το εργαλείο «Ρυθμίσεις βίντεο κλιπ» ορίζουμε αρχικό καρέ το 34 και τελικό το 79, ώστε να περιλάβουμε στην ανάλυση ελάχιστα παραπάνω από μια πλήρη περιστροφή. Το Tracker αυτόματα προσδιορίζει το ρυθμό εναλλαγής των καρέ στην ορθή τιμή των 25 καρέ ανά δευτερόλεπτο.

1. Η τροχιά που διαγράφει ένα σημείο του δίσκου είναι κυκλική

Θα εξετάσουμε αρχικά το είδος της τροχιάς του μπλε κομματιού πλαστελίνης. Δημιουργούμε ένα υλικό σημείο με το όνομα «Μπλε» και του δίνουμε και το αντίστοιχο χρώμα. Ενεργοποιούμε την αυτόματη ιχνηλασία με το συνδυασμό πλήκτρων «Ctrl+Shift+κλικ» και δημιουργούμε το ίχνος του υλικού σημείου στο πρώτο καρέ του βίντεο κλιπ (Εικόνα 2). Μετά επιλέγουμε «Ερευνα» στο παράθυρο του αυτόματου ιχνηλάτη. Είναι πιθανό να χρειαστεί σε κάποια καρέ και η χειροκίνητη ταύτιση. Τελειώνοντας η ιχνηλασία επιλέγουμε εμφάνιση στην οθόνη όλων των ίχνων, απόκρυψη της αρίθμησης και εμφάνιση της διαδρομής. Στο τέλος της διαδικασίας το Tracker έχει σχεδιάσει στην οθόνη τα διαδοχικά ίχνη του υλικού σημείου σε όλα τα καρέ του βίντεο κλιπ καθώς και την τροχιά που διαγράφει.



Εικόνα 2. Πρότυπο ταύτισης για την ιχνηλασία στο Tracker

Οι μαθητές εύκολα διαπιστώνουν πως το υλικό σημείο διαγράφει κυκλική τροχιά. Εύκολα επίσης οδηγούνται στην πρόβλεψη πως το υλικό σημείο κινείται με σταθερού μέτρου ταχύτητα, αφού όπως φαίνεται στην οθόνη του υπολογιστή (Εικόνες 4 & 6) τα ίχνη του υλικού σημείου σε ίσα χρονικά διαστήματα (όσο ο χρόνος ανάμεσα σε δύο διαδοχικά καρέ) ισαπέχουν επί της κυκλικής τροχιάς.

Επαναλαμβάνουμε την ιχνηλασία και για τα άλλα τέσσερα κομμάτια πλαστελίνης, δηλαδή για το «Κίτρινο», «Πράσινο», «Άσπρο» και «Κόκκινο» υλικό σημείο με τα ίδια αποτελέσματα.

2. Προσδιορισμός της ακτίνας της κυκλικής τροχιάς κάθε υλικού σημείου

Τοποθετούμε την αρχή του εξ ορισμού συστήματος συντεταγμένων του Tracker στο κοινό κέντρο των κυκλικών τροχιών των υλικών σημείων. Με ένα εργαλείο μέτρησης τύπου «Χάρακας» του οποίου τοποθετούμε το ένα άκρο στην αρχή των αξόνων και το άλλο σε κάποιο σημείο της περιφέρειας της τροχιάς του «Μπλε» υλικού σημείου, προσδιορίζουμε την ακτίνα της τροχιάς. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία και για τα άλλα υλικά σημεία. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα (1):

Πίνακας 7. Ακτίνα των υλικών σημείων

| Υλικό σημείο | Ακτίνα R (cm) |
|--------------|---------------|
| Μπλε | 14,980 |
| Κίτρινο | 12,470 |
| Πράσινο | 9,991 |
| Άσπρο | 7,539 |
| Κόκκινο | 5,060 |

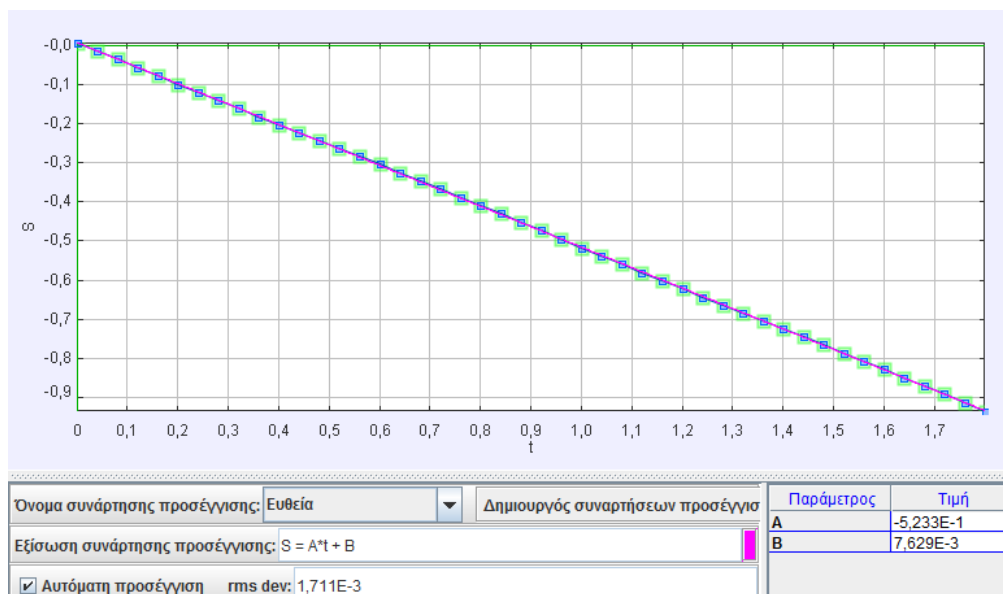
3. Γραμμική ταχύτητα

α. Είναι σταθερού μέτρου η ταχύτητα κάθε υλικού σημείου;

Ένας απλός τρόπος για να καθορίσουμε τη θέση κάποιου υλικού σημείου επί της κυκλικής του τροχιάς είναι μέσω του τόξου που διαγράφει (Βλάχος κ.ά., 2012, σ. 11). Έτσι πρέπει να ενημερώσουμε το Tracker ώστε να υπολογίζει το τόξο αυτό για κάθε υλικό σημείο. Με βάση τις συντεταγμένες x, y που προέκυψαν ως αποτέλεσμα της ιχνηλασίας, το Tracker υπολογίζει τη γωνία που σχηματίζει η επιβατική ακτίνα του υλικού σημείου με τον άξονα $x'x$. Το τόξο στο οποίο αυτή η γωνία αντιστοιχεί υπολογίζεται ως: $S = R \cdot \theta$. Για κάθε υλικό σημείο ορίζουμε ένα νέο μέγεθος στο Tracker με όνομα «S» και συνάρτηση υπολογισμού «0.1498*θ» π.χ. για το «Μπλε» και αντίστοιχα για τα άλλα υλικά σημεία.

Τελικά για κάθε υλικό σημείο ανοίγουμε στο «Εργαλείο δεδομένων» του Tracker τη γραφική παράσταση $S = f(t)$ (Εικόνα 3), και διαπιστώνουμε τη γραμμικότητα της σχέσης που συνδέει τα πειραματικά δεδομένα. Άρα η ταχύτητα της κίνησης κάθε υλικού σημείου -ως ο ρυθμός μεταβολής

της θέσης $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ - έχει σταθερό μέτρο και ίσο με την κλίση της γραφικής παράστασης $S = f(t)$.



Εικόνα 3. Γραφική παράσταση $S = f(t)$ για το "Μπλε" υλικό σημείο

Τα αποτελέσματα που πήραμε για όλα τα υλικά σημεία εμφανίζονται στον Πίνακα 2:

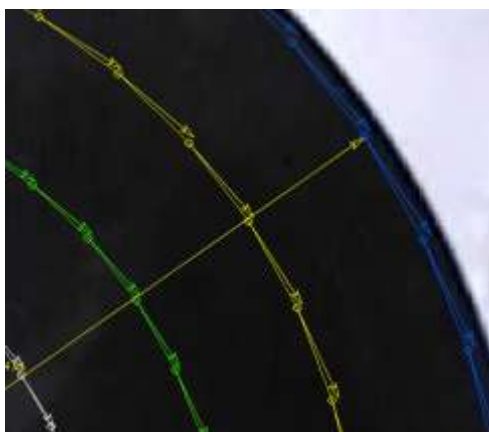
Πίνακας 8. Μέτρο ταχύτητας υλικών σημείων

| Υλικό σημείο | Μέτρο ταχύτητας (m/s) |
|--------------|-----------------------|
| Μπλε | 0,5233 |
| Κίτρινο | 0,4354 |
| Πράσινο | 0,3491 |
| Άσπρο | 0,2632 |
| Κόκκινο | 0,1762 |

Το συμπέρασμα είναι πως η ταχύτητα κάθε υλικού σημείου έχει σταθερό μέτρο, αλλά τα σημεία που απέχουν λιγότερο από το κέντρο του δίσκου έχουν ταχύτητα μικρότερου μέτρου. Στο σημείο αυτό καλούμε τους μαθητές να προτείνουν μια εξήγηση για αυτή την εξάρτηση της ταχύτητας από την ακτίνα της κυκλικής τροχιάς.

β. Ποια είναι η κατεύθυνση της ταχύτητας ενός υλικού σημείου;

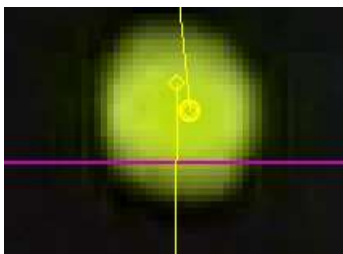
Τα διανύσματα της στιγμιαίας ταχύτητας του υλικού σημείου σε κάθε καρέ του βίντεο κλιπ μπορούν να εμφανιστούν στην οθόνη του υπολογιστή με το εργαλείο «Εμφάνιση ή απόκρυψη διανυσμάτων ταχύτητας» (Εικόνα 4). Διαπιστώνεται ότι τα διανύσματα της ταχύτητας εφάπτονται της κυκλικής τροχιάς και έχουν τη φορά της κίνησης. Οι μαθητές καλούνται -καθοδηγούμενοι κατάλληλα- να δικαιολογήσουν θεωρητικά και όχι απλά να αποδεχθούν το γεγονός.



Εικόνα 4: Τα διανύσματα στιγμιαίας ταχύτητας

4. Περίοδος της ομαλής κυκλικής κίνησης

Παρατηρώντας κάπως λεπτομερειακά το πρώτο και το τελευταίο ίχνος του «κίτρινου» υλικού σημείου στο βίντεο κλιπ παρατηρούμε πως η μία πλήρης περιστροφή του έχει ολοκληρωθεί ελάχιστα πριν τη χρονική στιγμή που αντιστοιχεί στο τελευταίο καρέ (Εικόνα 5). Αυτή τη χρονική στιγμή μπορούμε να τη βρούμε από τον πίνακα δεδομένων που έχει συμπληρώσει το Tracker μετά την ιχνηλασία. Έτσι ο χρόνος μέσα στον οποίο τα υλικά σημεία ολοκληρώνουν μια πλήρη περιστροφή (περίοδος της κίνησης) εκτιμάται σε κάτι λιγότερο από 1,8 s.



Εικόνα 5. Το πρώτο και το τελευταίο ίχνος του "Κίτρινου" υλικού σημείου

Αλλά η περίοδος της ομαλής κυκλικής κίνησης μπορεί να υπολογιστεί και μέσω της γραμμικής ταχύτητας, αφού σε χρόνο μιας περιόδου κάθε υλικό σημείο έχει διαγράψει τόξο $S = 2\pi R$ και συνεπώς:

$$v = \frac{2\pi R}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi R}{v}. \text{ Για τα διάφορα υλικά σημεία παίρνουμε:}$$

Πίνακας 9. Υπολογισμός περιόδου

| Υλικό σημείο | Ακτίνα R (m) | Μέτρο ταχύτητας (m/s) | Περίοδος (s) |
|--------------|--------------|-----------------------|--------------|
| Μπλε | 0,14980 | 0,5233 | 1,799 |
| Κίτρινο | 0,12470 | 0,4354 | 1,800 |
| Πράσινο | 0,09991 | 0,3491 | 1,798 |
| Άσπρο | 0,07539 | 0,2632 | 1,800 |
| Κόκκινο | 0,05060 | 0,1762 | 1,804 |

Τελικά προκύπτει πως η περίοδος της ομαλής κυκλικής κίνησης των υλικών σημείων παρουσιάζει πολύ μικρή διακύμανση περί τη μέση τιμή: $T = 1,8 \text{ s}$.

5. Ένας καλύτερος τρόπος καθορισμού της θέσης – μια «άλλη» ταχύτητα

α. Γωνιακή μετατόπιση

Με ένα εργαλείο μέτρησης τύπου «μοιρογνομόνιο» στο Tracker (Εικόνα 6) μπορούμε να επιβεβαιώσουμε πως παρότι τα διάφορα υλικά σημεία του δίσκου διαγράφουν σε ορισμένο χρόνο διαφορετικά τόξα, στον ίδιο χρόνο οι αντίστοιχες επιβατικές ακτίνες διαγράφουν ίσες γωνίες.

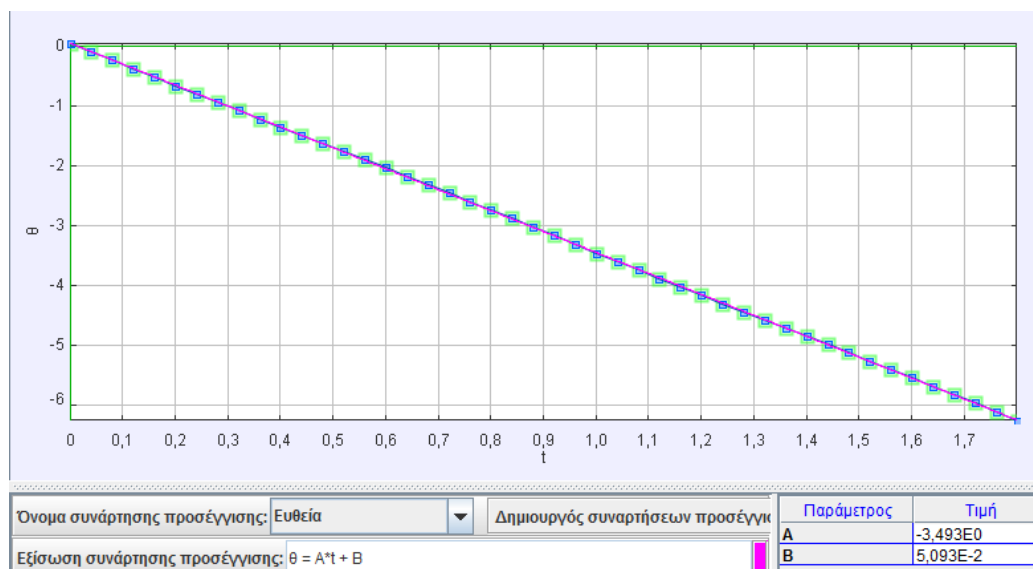


Εικόνα 6. Γραμμική και γωνιακή μετατόπιση

Με παρατηρήσεις σαν κι αυτή οι μαθητές οδηγούνται στο συμπέρασμα πως η μέτρηση της μετατόπισης και αντίστοιχα ο καθορισμός της θέσης ενός υλικού σημείου που εκτελεί κυκλική κίνηση μπορεί να πραγματοποιηθεί και με βάση τη γωνία περιστροφής της επιβατικής του ακτίνας (Βλάχος κ.ά, 2012, σ. 11).

β. Γωνιακή ταχύτητα

Ο ρυθμός μεταβολής της γωνιακής θέσης αποτελεί το μέτρο της «γωνιακής» ταχύτητας του υλικού σημείου (ή γενικότερα του στερεού στο οποίο το υλικό σημείο ανήκει), και συνεπώς μπορούμε να υπολογίσουμε την τιμή της ως την κλίση στη γραφική παράσταση $\theta = f(t)$ (Εικόνα 7).



Εικόνα 7. Υπολογισμός γωνιακής ταχύτητας

Η γραμμικότητα της σχέσης $\theta = f(t)$ δηλώνει τη σταθερότητα της γωνιακής ταχύτητας κάθε υλικού σημείου στη συγκεκριμένη (ομαλή) κυκλική κίνηση. Τα συνολικά αποτελέσματα έχουν ως εξής:

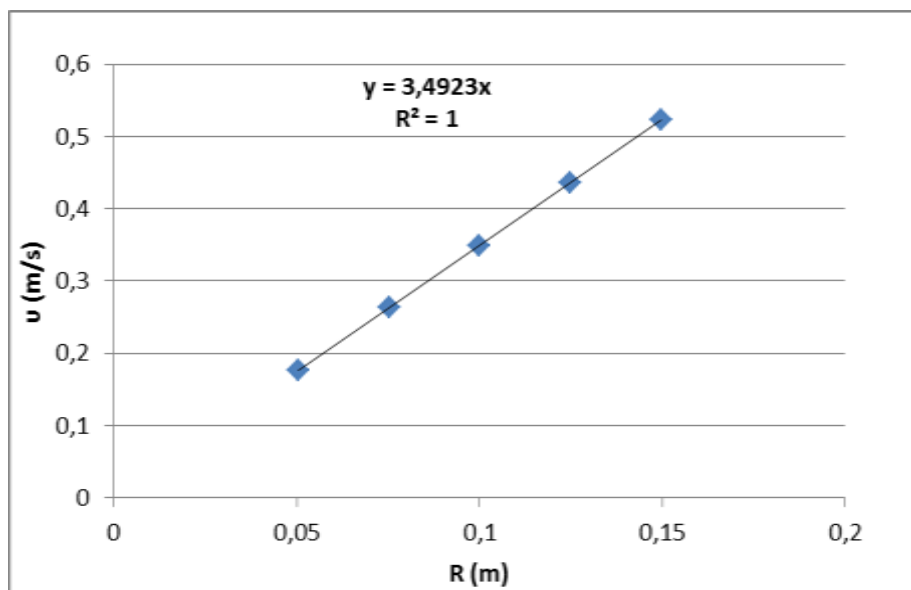
Πίνακας 10. Γωνιακή ταχύτητα των υλικών σημείων

| Υλικό σημείο | Μέτρο γωνιακής ταχύτητας (rad/s) |
|--------------|----------------------------------|
| Μπλε | 3,493 |
| Κίτρινο | 3,491 |
| Πράσινο | 3,494 |
| Άσπρο | 3,491 |
| Κόκκινο | 3,482 |

Παρατηρούμε πως για τα πέντε υλικά σημεία η γωνιακή ταχύτητα παρουσιάζει μια μικρή διακύμανση (τυπική απόκλιση 0,005 rad/s) περί τη μέση τιμή των 3,490 rad/s. Επιβεβαιώνεται δηλαδή πως όλα τα υλικά σημεία του δίσκου κινούνται με την ίδια γωνιακή ταχύτητα. Η μεγαλύτερη απόκλιση παρουσιάζεται για το «κόκκινο» υλικό σημείο, δηλαδή αυτό με τη μικρότερη ακτίνα περιστροφής.

γ. Σχέση γωνιακής – γραμμικής ταχύτητας

Θεωρητικά εύκολα αποδεικνύεται πως η γραμμική και η γωνιακή ταχύτητα ενός υλικού σημείου σε ομαλή κυκλική κίνηση συνδέονται μεταξύ τους με μια γραμμική σχέση: $v = R \cdot \omega$ (Βλάχος κ.ά., 2012, σ. 13). Η σχέση επιβεβαιώνεται από τα πειραματικά δεδομένα που έχουμε ήδη συλλέξει και έχουν καταγραφεί στον Πίνακα (3). Με τη βοήθεια του Excel σχεδιάζουμε τη γραφική παράσταση $v = f(R)$, και αφού διαπιστώσουμε τη γραμμικότητα της σχέσης που συνδέει τα πειραματικά δεδομένα σχεδιάζουμε και την ευθεία που προσεγγίζει τα δεδομένα αυτά με τον καλύτερο τρόπο (Εικόνα 8).



Εικόνα 8. Γραφική παράσταση $\omega = f(R)$

Για το σωστό σχεδιασμό της γραφικής παράστασης λάβαμε υπόψη τη θεωρητική απαίτηση πως για $R = 0$ είναι και $\omega = 0$. Το Excel προσδιορίζει το συντελεστή διεύθυνσης (κλίση) της καλύτερης ευθείας προσέγγισης που με βάση τη θεωρία είναι η γωνιακή ταχύτητα των υλικών σημείων. Προκύπτει:

$$\omega = (3,492 \pm 0,001) \text{ rad / s}$$

σε εξαιρετική συμφωνία με την προηγουμένως υπολογισμένη τιμή της γωνιακής ταχύτητας.

δ. Σχέση γωνιακής ταχύτητας περιόδου

Θεωρητικά, αφού $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$, προκύπτει: $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$. Η σχέση μπορεί να επιβεβαιωθεί με τα ήδη συλλεχθέντα πειραματικά δεδομένα (Πίνακες 3 και 4). Η μέση τιμή του γινομένου $\omega \cdot T$ προκύπτει ίση με 6,2830, πολύ κοντά στη θεωρητική τιμή 2π .

6. Η επιτάχυνση στην ομαλή κυκλική κίνηση

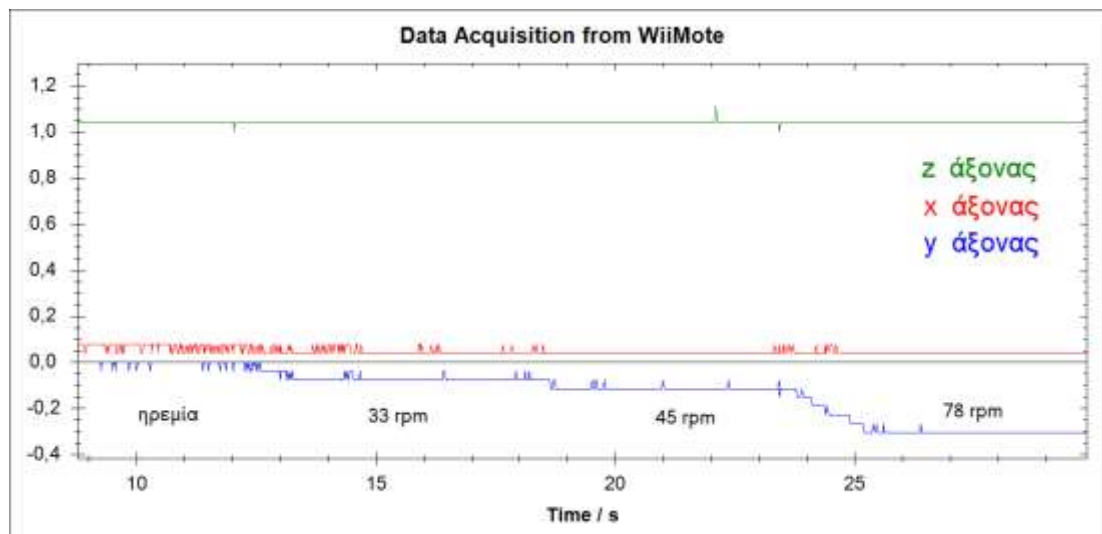
Πάνω στον περιστρεφόμενο δίσκο στερεώσαμε με τη βοήθεια δυο κομματιών πλαστελίνης το Wiimote ακτινικά τοποθετημένο (Εικόνα 9). Κατ' αυτό τον τρόπο κατακόρυφος είναι ο $z'z$ άξονας του επιταχυνσιόμετρου, ακτινικός ο άξονας $y'y$ και εφαπτομενικός ο $x'x$.



Εικόνα 9. Το Wiimote στον περιστρεφόμενο δίσκο

α. Η ομαλή κυκλική κίνηση είναι κίνηση επιταχυνόμενη

Στο συνοδευτικό λογισμικό Wiimote Physics ενεργοποιούμε την καταγραφή με το δίσκο σε ηρεμία και εν συνεχεία καταγράφουμε τα δεδομένα από την περιστροφή του διαδοχικά στις 33, 45 και 78 στροφές ανά λεπτό (Εικόνα 10).



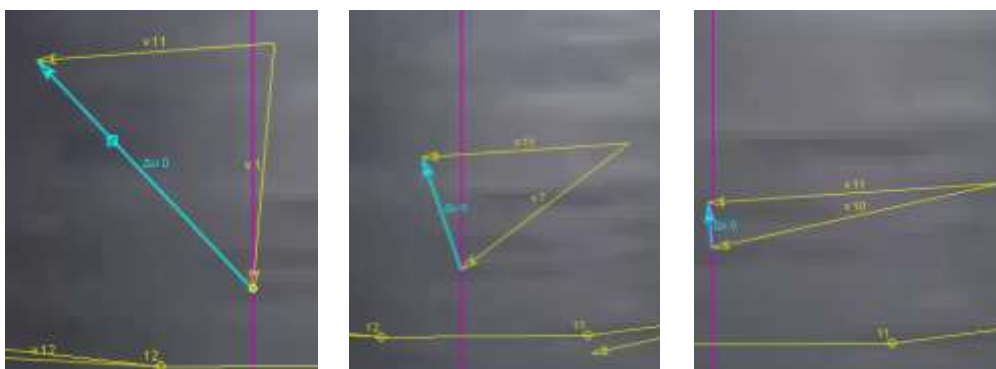
Εικόνα 10. Το κύριο παράθυρο του Wiimote Physics με τα δεδομένα της δειγματοληψίας

Μελετώντας τα πειραματικά δεδομένα που κατέγραψε το Wiimote Physics, παρατηρούμε:

- Στον z'z άξονα καταγράφεται επιτάχυνση ίση περίπου με 1g. Πρόκειται προφανώς για επιτάχυνση που δεν οφείλεται σε κίνηση, αλλά για την επιτάχυνση λόγω βαρύτητας.
- Στον x'x άξονα καταγράφεται μια μικρή διακύμανση καθ' όλη τη διάρκεια της δειγματοληψίας ακόμη και όταν ο δίσκος ηρεμεί. Συνεπώς πρόκειται για κάποιο συστηματικό σφάλμα του επιταχυνσιόμετρου.
- Στον y'y καταγράφεται επιτάχυνση ίση με μηδέν κατά τη φάση ηρεμίας του δίσκου, και εν συνεχεία αυξανόμενη επιτάχυνση όταν αυξάνεται ο ρυθμός περιστροφής του δίσκου.

Το συμπέρασμα είναι πως η ομαλή κυκλική κίνηση είναι κίνηση επιταχυνόμενη. Η επιτάχυνση όπως προκύπτει από τα δεδομένα και τον προσανατολισμό του Wiimote (Εικόνα 1) έχει την αρνητική κατεύθυνση, δηλαδή κατευθύνεται προς το κέντρο της τροχιάς, γι' αυτό και ονομάζεται κεντρομόλος.

Στο ίδιο συμπέρασμα για την κατεύθυνση της επιτάχυνσης μπορούμε να καταλήξουμε και με τη βοήθεια του Tracker. Αφού αφήσουμε ορατά μόνο τα ίχνη του «Κίτρινου» υλικού σημείου, επιλέγουμε την εμφάνιση σε κάθε καρτέ των διανυσμάτων ταχύτητας. Επιλέγουμε δύο διανύσματα ταχύτητας που απέχουν χρονικά μεταξύ τους κατά ένα περίπου τέταρτο της περιόδου (π.χ. τα v1 και v11) και δημιουργούμε το διάνυσμα που αντιστοιχεί στη διαφορά τους. Διατηρώντας το τελικό διάνυσμα σταθερό (v11), επιλέγουμε ως αρχικό ένα άλλο διάνυσμα (π.χ. v7) χρονικά πιο κοντινό του σε σχέση με το v1 και δημιουργούμε και πάλι τη διαφορά τους (Εικόνα 11).



Εικόνα 11: Το διάνυσμα της μεταβολής της ταχύτητας κατά την περιστροφή

Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία και για το διάνυσμα v_{11} και το πιο κοντινό του χρονικά v_{10} . Προφανώς όσο πιο μικρή είναι η χρονική διαφορά των διανυσμάτων ταχύτητας τόσο πιο πολύ το διάνυσμα μεταβολής της ταχύτητας (και συνεπώς και της επιτάχυνσης) προσεγγίζει την ακτινική και προς το εσωτερικό της κυκλικής τροχιάς κατεύθυνση.

β. Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η κεντρομόλος επιτάχυνση

Θεωρητικά (Βλάχος κ.ά., 2012, σ. 13) αποδεικνύεται πως το μέτρο της κεντρομόλου επιτάχυνσης είναι:

$$a_{\kappa} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 \cdot R$$

Πειραματικά μπορούμε να επιβεβαιώσουμε τα στοιχεία αυτά με τη βοήθεια του στερεωμένου πάνω στον περιστρεφόμενο δίσκο Wiimote, αφού όπως έχει ήδη αναφερθεί το Wiimote Physics έχει τη δυνατότητα ανάγνωσης των πειραματικών δεδομένων απευθείας από τη γραφική παράσταση. Για την επεξεργασία των δεδομένων χρειαζόμαστε την απόσταση του επιταχυνσιόμετρου από τον άξονα περιστροφής του δίσκου. Στις περιπτώσεις που μελετήσαμε η απόσταση αυτή προσδιορίστηκε στην τιμή $R = 4,6 \text{ cm}$, όταν τοποθετήσαμε το Wiimote όπως φαίνεται στην Εικόνα (9) και στην τιμή $R = 10,3 \text{ cm}$ όταν το Wiimote τοποθετήθηκε στο δίσκο έχοντας περιστραφεί κατά 180° περί τον κατακόρυφο άξονα. Λάβαμε υπόψη πως το επιταχυνσιόμετρο στην πλακέτα του Wiimote βρίσκεται ακριβώς δίπλα από το πλήκτρο A του χειριστηρίου. Τα δεδομένα που πήραμε και η επεξεργασία τους φαίνονται στον Πίνακα 5:

Πίνακας 11. Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η κεντρομόλος επιτάχυνση

| a/a | f (rpm) | ω (rad/s) | R (m) | a_{κ} (g) | a_{κ} (m/s ²) | $\sqrt{\frac{a_{\kappa}}{R}}$ (= ω) (rad/s) | $\frac{a_{\kappa}}{\omega^2}$ (= R) (m) |
|-------|--------------|---------------------|------------|---------------------|-------------------------------------|---|--|
| 1 | 33 | 3,46 | 0,103 | 0,1154 | 1,13 | 3,3 | 0,094 |
| 2 | 45 | 4,71 | 0,103 | 0,2308 | 2,26 | 4,7 | 0,102 |
| 3 | 78 | 8,17 | 0,103 | 0,6923 | 6,78 | 8,1 | 0,102 |
| 4 | 45 | 4,71 | 0,046 | 0,1154 | 1,13 | 5,0 | 0,051 |

Σε κάθε περίπτωση οι αποκλίσεις θεωρητικών – πειραματικών τιμών είναι μικρότερες του 10%, και μάλιστα στις δύο από τις τέσσερις περιπτώσεις είναι μικρότερες και από 1%. Βασικός παράγοντας σφαλμάτων είναι η περιορισμένη διακριτική ικανότητα του επιταχυνσιόμετρου, αφού ο 8 bit αναλογικοψηφιακός μετατροπέας του Wiimote ψηφιοποιεί το εύρος της πλήρους κλίμακας (6g) σε μόλις 256 διαφορετικές τιμές (Wheeler, 2010), αντιστοιχούν δηλαδή $0,23 \text{ m/s}^2$ ανά κάθε μία ψηφιακή τιμή. Άλλος σημαντικός παράγοντας σφαλμάτων είναι η αβεβαιότητα ($\pm 0,005 \text{ m}$) στον προσδιορισμό της θέσης του επιταχυνσιόμετρου, το οποίο βρίσκεται περίπου κάτω και αριστερά από το πλήκτρο «A» του Wiimote (Ochoa et al, 2011)

Συμπεράσματα

Όσον αφορά τις πειραματικές δραστηριότητες με το Tracker τα αποτελέσματα είναι απολύτως ικανοποιητικά. Αυτό οφείλεται κυρίως στην ποιότητα του αναλυόμενου βίντεο, στο οποίο τα ιχνηλατούμενα υλικά σημεία (κομμάτια πλαστελίνης) παρουσιάζουν πολύ καλή αντίθεση με τα γειτονικά σημεία του περιστρεφόμενου δίσκου, γεγονός που οδηγεί σε πολύ καλής ποιότητας αρχικές μετρήσεις θέσης – χρόνου. Χωρίς να εξαντλούμε τις δυνατότητες του Tracker, το χρησιμοποιούμε άλλοτε ως πειραματικό εργαλείο και άλλοτε ως εργαλείο δυναμικών προσομοιώσεων επιτυγχάνοντας τα καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τους κάθε φορά διδακτικούς στόχους μας.

Στις δραστηριότητες με το Wiimote τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της κεντρομόλου επιτάχυνσης επιβεβαιώνονται ικανοποιητικά, ποσοτικά όμως τα σφάλματα είναι σχετικά μεγάλα, ειδικά για τις μικρότερες ακτίνες περιστροφής. Πιθανώς με ένα μεγαλύτερο περιστρεφόμενο σώμα (π.χ. τροχός) θα είχαμε τη δυνατότητα λήψης περισσότερων και συνεπέστερων μετρήσεων.

Αναφορές

- Ochoa, R., Rooney, Frank G., Somers, William J. (2011). Using the Wiimote in Introductory Physics Experiments. *The Physics Teacher*. Ιανουάριος 2011, Τόμ. 49.
- Wheeler, Martyn D. (2011). Physics experiments with Nintendo Wii controllers. *Physics Education*. Ιανουάριος 2011, σσ. 57-63.
- Βλάχος, Ι. κ.ά. (2012). *Φυσική Β' Γενικού Λυκείου*. Αθήνα : ΙΤΥΕ ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ, 2012.
- Δικτυακός τόπος Tracker Home Page (2015). <http://physlets.org/tracker/help/frameset.html>. Ημερομηνία προσπέλασης:22/11/2015
- Δικτυακός τόπος Wiimote Physics (2010). <http://wiiphysics.site88.net/>. Ημερομηνία προσπέλασης:20/11/2015
- Νούσης, Β. (2014). *Tracker Λογισμικό ανάλυσης βίντεο - Πειράματα Φυσικής Α' Λυκείου*. Ηγουμενίτσα : Αυτοέκδοση, 2014. ISBN 978-960-93-6368-6.

Μοντέλο προσομοίωσης φυσικής επιλογής

Ελευθερία Φανουράκη

Βιολόγος (PhD), Υπεύθυνη 1ου Ε.Κ.Φ.Ε. Ηρακλείου
efanouraki@sch.gr

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία προτείνεται ένα πείραμα κατάλληλο για μαθητές Γ' Γυμνασίου και Γ' Λυκείου με σκοπό την κατανόηση της έννοιας της Φυσικής επιλογής και πως αυτή σχετίζεται με την εξέλιξη των ειδών χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της διερεύνησης και της ανακαλυπτικής μάθησης. Στο πείραμα αυτό, οι μαθητές προσομοιώνουν τους θηρευτές (Σπίνοι) και καλούνται να επιλέξουν τα θηράματα τους (Σκαθάρια), τα οποία προσομοιώνουν κόκκοι ρυζιού σε φυσικό χρώμα και βαμμένοι με χρωστικές τροφίμων (μπλέ και κόκκινο) σε περιβάλλον με περλίτη (υπόστρωμα) βαμμένο με τα αντίστοιχα χρώματα. Ομάδες 3-4 μαθητών, με τη χρήση λαβίδων που έχουν το ρόλο του ράμφους των πουλιών θηρευτών, συλλέγουν κόκκους ρυζιού από δοχεία που περιέχουν 100 κόκκους 2 χρωμάτων (50 κόκκοι ίδιου χρώματος με το υπόστρωμα και 50 κόκκοι διαφορετικού χρώματος) για 1 λεπτό και στη συνέχεια, αφού μετρήσουν τους κόκκους που συνέλεξαν, τους αντικαθιστούν με νέους 50% ανα χρώμα για να φτάσουν πάλι τον αρχικό αριθμό (100) και συμπληρώνουν τους αριθμούς σε πίνακα. Μετά την επανάληψη της διαδικασίας 4-5 φορές, γίνεται εμφανής η διαφορά στον αριθμό των ατόμων μεταξύ των δυο χρωμάτων και η επικράτηση στον πληθυσμό των καλύτερα προσαρμοσμένων ατόμων.

Λέξεις κλειδιά: Εξέλιξη, Φυσική επιλογή, προσαρμογή, καμουφλάζ

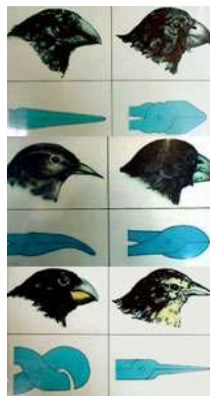
Εισαγωγή

Η έννοια της εξέλιξης είναι γενικά παρεξηγημένη από τους μαθητές, αλλά και την κοινωνία γενικότερα. Πολύ συχνά συγχέεται με τη θρησκεία, κυρίως στο θέμα της προέλευσης του ανθρώπου (National Center for Science Education, 2012; Εξέλιξη: Δαρβίνος & Θρησκεία, Ερευνητική Εργασία Α' λυκείου, 2012) και υπάρχουν πληθώρα εναλλακτικών ιδεών και παρανοήσεων από τους μαθητές (The University of California, 2012). Σε Διεθνή έρευνα που έλαβε χώρα το 2006 και δημοσίευσε η εφημερίδα «Τα Νέα», το 2009, φαίνεται ότι μόνο το 54% του πληθυσμού στη χώρα μας αποδέχεται τη θεωρία της εξέλιξης. Η αναγκαιότητα της διδασκαλίας της εξέλιξης, αλλά και η ιστορία της στο ελληνικό σχολείο, περιγράφονται αναλυτικά στο άρθρο των Πρίνου κ.ά., 2004, ενώ οι αντιλήψεις των ελλήνων μαθητών αποτυπώνονται σε έρευνες, όπως αυτήν των Πρίνου κ.ά., 2007, σε 411 μαθητές της Α' Λυκείου ανά την Ελλάδα αλλά και σε μια έρευνα που έλαβε χώρα στο 3^ο Γενικό Λύκειο Αγρινίου, σε 290 μαθητές της Β' και Γ' τάξης Λυκείου, το 2010. Κατά την περίοδο συγγραφής της παρούσας εργασίας (2015-16), οι μαθητές έρχονται αντιμέτωποι με το θέμα για πρώτη φορά στη Γ' τάξη Γυμνασίου και στο τελευταίο κεφάλαιο του βιβλίου, με μεγάλη πιθανότητα να μην το διδαχθούν λόγω έλλειψης χρόνου και ακολουθεί η διδασκαλία της εξέλιξης στην τελευταία τάξη του Λυκείου, πάλι στο τελευταίο κεφάλαιο του βιβλίου της Βιολογίας Γενικής παιδείας Γ' τάξης Λυκείου, παρόλο που η κατανόηση της εξέλιξης θεωρείται καθοριστική στο να μπορούν οι μαθητές να συνθέτουν και να ενοποιούν ποικίλες βιολογικές έννοιες (Demastes et al, 1995; Settlege, 1994). Υπάρχουν αρκετές ερευνητικές εργασίες που αναδεικνύουν τη δυσκολία των μαθητών και φοιτητών να κατανοήσουν την Εξελικτική Θεωρία και αναζητούν τρόπους για την αποτελεσματικότερη διδασκαλία της (Πρίνου κ.ά., 2007; Demastes et al., 1995; Settlege, 1994). Οι Demastes et al (1995) έδειξαν ότι, παρόλο που ούτε οι φοιτητές, ούτε οι μαθητές που αποτέλεσαν το δείγμα της έρευνας τους, αντιλαμβάνονταν ικανοποιητικά την έννοια της εξέλιξης, η διδασκαλία του θέματος με τη διερευνητική μέθοδο είχε καλύτερα αποτελέσματα στους μαθητές σε σχέση με την κλασική μεθοδολογία διδασκαλίας που ακολουθήθηκε στο δείγμα των φοιτητών. Στη χώρα μας, σε συμφωνία με τις προαναφερθείσες έρευνες, τα αποτελέσματα της έρευνας των Πρίνου κ.ά. (2007), που αφορά στις αντιλήψεις των μαθητών της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης του ελληνικού σχολείου για έννοιες της εξελικτικής θεωρίας, έδειξαν μεν μία αναγνώριση ή και αποδοχή της ιδέας της εξέλιξης εκ μέρους της πλειονότητας των μαθητών του δείγματος, αλλά έδειξαν άγνοια για τους μηχανισμούς, με τους οποίους συμβαίνει. Συνεπώς, γίνεται φανερό ότι θα πρέπει να επικεντρωθούμε περισσότερο στη

μεθοδολογία διδασκαλίας της εξελικτικής θεωρίας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση (Demastes et al, 1995).

Ο μηχανισμός με τον οποίο συντελείται η εξέλιξη των ειδών είναι η φυσική επιλογή. Μέσω της φυσικής επιλογής, οι οργανισμοί που είναι καλύτερα προσαρμοσμένοι στο περιβάλλον αφήνουν περισσότερους απογόνους από εκείνους που είναι λιγότερο προσαρμοσμένοι. Η θεωρία της φυσικής επιλογής διατυπώθηκε επίσημα το 1858, από τον Κάρολο Δαρβίνο και στηρίζεται στην παρατήρηση πως ορισμένες διαφορές μεταξύ των ατόμων σε έναν πληθυσμό είναι κληρονομήσιμες. Επειδή οι διάφορες περιοχές έχουν διαφορετικές συνθήκες και διαφορετικές ευκαιρίες επιβίωσης, διαφορετικοί οργανισμοί επιλέγονται από τη φυσική επιλογή ως οι πιο προσαρμοσμένοι στο συγκεκριμένο περιβάλλον.

Όταν ο Δαρβίνος βρισκόταν στα νησιά Calapagos, μεταξύ των άλλων συλλογών του, συνέλεξε πολλά είδη πουλιών και μεταξύ αυτών, πολλούς σπίνους. Όταν επέστρεψε στην Αγγλία ζήτησε από τον Ορνιθολόγο John Gould να αναλύσει τη συλλογή του. Ο Gould κατέταξε τους σπίνους σε 13 είδη. Τα 13 αυτά είδη, τα οποία μοιάζουν με τα σπουργίτια και ονομάστηκαν «σπίνι του Δαρβίνου», παρουσιάζουν μεγάλο βαθμό ομοιότητας, κυρίως σε ότι αφορά το χρώμα, το σχήμα και το φτέρωμα. Διαφέρουν όμως ως προς το σχήμα του ράμφους τους (στην Εικόνα 1) το οποίο είναι προσαρμοσμένο στο είδος τροφής (σπόροι ή έντομα) και στο ενδιαίτημα τους (ζουν στο έδαφος ή πάνω στα δένδρα) (Σκούρας, 2004).



Εικόνα 1. Είδη ράμφους σε σπίνους (Σκούρας, 2004)

Οι οργανισμοί λείες, από την πλευρά τους διαθέτουν διαφόρων ειδών άμυνες, όπως:

- 1) την ταχύτητα φυγής (τρέχοντας, πετώντας ή κολυμπώντας)
- 2) την κρύψη (ιδιαίτερα σε ώρες του εικοσιτετραώρου που οι πιθανοί εχθροί τους είναι ιδιαίτερα δραστήριοι και αποτελεσματικοί).
- 3) τη δυσσομία (ιδιότητα σωτήρια για κάποια ζώα ή φυτά)
- 4) τη θωράκιση (κέρατα, φολίδες, λέπια, σκληροί εξωσκελετοί σε ζώα, τραχιά επιδερμικά κύτταρα σε φυτά, άκανθες σε ζώα και φυτά)
- 5) τη δυσάρεστη ή δηλητηριώδη γεύση (σε ζώα και φυτά), η οποία αν δεν μπορέσει να προφυλάξει ορισμένες φορές το συγκεκριμένο άτομο, προφυλάσσει σε συνδυασμό με τα προειδοποιητικά χρώματα που φέρουν τα δύσγευστα είδη, τουλάχιστον τα ομοειδή του.
- 6) την ενεργή μαχητική άμυνα με κέρατα, οπλές κλπ.

Μια σχετιζόμενη με την κρύψη στρατηγική, που οι οργανισμοί - λείες χρησιμοποιούν για να προφυλαχθούν είναι η ομοιοχρωμία (καμουφλάζ - camouflage). Η ομοιοχρωμία σε συνδυασμό με την αργή κίνηση, κάνει τα ζώα που διαθέτουν αυτές τις ιδιότητες πολύ δύσκολα αντιληπτά. Κορυφαία παραδείγματα αποτελούν τα διάφορα είδη χαμαιλέοντα (σπονδυλωτά) και τα κεφαλόποδα, τα φασμίδια και οι πεταλούδες (στην Εικόνα 2) (ασπόνδυλα) (Βλάχος & Κολλάρος, 1998; Stevens & Merilaita, 2009).




Kallima paralekta, ένα είδος πεταλούδας της Ινδίας που μιμείται νεκρό φύλλο (National Geographic, 2014)

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ένα πειραματικό σενάριο (αναμορφωμένη πρόταση του πειράματος από την ιστοσελίδα του Nuffield foundation (2011)) κατάλληλο για μαθητές Γυμνασίου και Λυκείου, με σκοπό την κατανόηση της έννοιας της Φυσικής επιλογής και πως αυτή λειτουργεί ως μηχανισμός της εξέλιξης των ειδών με τη μέθοδο της διερεύνησης και της ανακαλυπτικής μάθησης.

Υλικά και μέθοδοι

Παρακολουθούμε με τους μαθητές μια απλή μεταγλωττισμένη προσομοίωση φυσικής επιλογής λόγω θήρευσης (<https://youtu.be/GoCfyyNozM0>) και ένα απλό υποτιτλισμένο πραγματικό παράδειγμα φυσικής επιλογής λόγω θήρευσης (<https://youtu.be/9K4UonqIebw>).

Στη συνέχεια, χωρίζουμε τους μαθητές σε ομάδες των 3-4 ατόμων και τους ενημερώνουμε για το μοντέλο προσομοίωσης που πρόκειται να αναπαραστήσουμε, τους ρόλους θα έχουν εκείνοι και τα υλικά που θα χρησιμοποιήσουμε. Οι μαθητές θα έχουν το ρόλο των θηρευτών π.χ. σπίνι και θα συλλέγουν με τη χρήση λαβίδων (ράμφη) κόκκους ρυζιού που θα έχουν το ρόλο του θηράματος π.χ. σκαθάρια. Το υπόστρωμα του περιβάλλοντος θα προσομοιώνει ο περλίτης. Η συλλογή των κόκκων ρυζιού από το κάθε δοχείο περλίτη διαρκεί λίγα λεπτά για κάθε γενεά, αλλά η μέτρηση και η αποκατάσταση του αριθμού των κόκκων και η ανάλυση των αποτελεσμάτων είναι πιο χρονοβόρα. Για το λόγο αυτό, παρέχεται υπολογιστικό φύλλο xls, το οποίο μπορούμε να επεξεργαστούμε στον υπολογιστή ή να τυπώσουμε και να χρησιμοποιήσουν οι μαθητές σε συνδυασμό με ένα κομπιουτεράκι. Στο υπολογιστικό φύλλο υπάρχει επίσης ένα παράδειγμα με μια γραφική παράσταση που δείχνει τις μεταβολές στον αριθμό των ατόμων στη διάρκεια του πειράματος.

Λήψη υπολογιστικού φύλλου  [Υπολογιστικό Φύλλο καταγραφής και υπολογισμών για το πείραμα Φυσικής επιλογής \(33 KB\)](#)

Προετοιμασία εκπαιδευτικού

- Ανεύρεση πλαστικών δοχείων
- Προμήθεια περλίτη, μακρύκοκκου ρυζιού και χρωμάτων ζαχαροπλαστικής
- Χρώση ποσότητας περλίτη και μακρύκοκκου ρυζιού με τα χρώματα ζαχαροπλαστικής

Χρώση: χρωματίζουμε τα υλικά μας με έντονο διάλυμα χρωστικής (Συνιστάται κόκκινο ή μπλε χρώμα). Προσθέτουμε το υλικό και το διάλυμα χρωστικής σε μια πλαστική σακούλα πολυαιθυλενίου, σφραγίζουμε καλά και ανακινούμε ήπια για 1 λεπτό (Ο περλίτης ίσως να χρειαστεί να παραμείνει περισσότερο στο διάλυμα χρωστικής). Στη συνέχεια απλώνουμε το υλικό σε φύλλα εφημερίδας για να στεγνώσει.

Τα υλικά που θα χρειαστούν για κάθε ομάδα μαθητών είναι:

- Δοχείο με περλίτη (υπόστρωμα) στο οποίο υπάρχουν 50 κόκκοι ρυζιού ίδιου χρώματος με τον περλίτη και 50 κόκκοι ρυζιού διαφορετικού χρώματος από τον περλίτη
- Λαβίδες
- Τρυβλία πετρί ή άλλα μικρά δοχεία
- Χρονόμετρο ή ρολόι με δείκτη δευτερολέπτων

- Κομπιουτεράκι

Πορεία του πειράματος

1. Προσθέτουμε περλίτη στα δοχεία και στη συνέχεια προσθέτουμε 100 κόκκους ρυζιού, 50 κόκκους ίδιου χρώματος με τον περλίτη και 50 διαφορετικού χρώματος από τον περλίτη, σε κάθε δοχείο. Αν βάψουμε το ρύζι και τον περλίτη με κόκκινο και μπλε χρώμα ζαχαροπλαστικής και κρατήσουμε και μια ποσότητα σε φυσικό λευκό χρώμα, μπορούμε να έχουμε τους εξής 6 συνδυασμούς:

- Λευκό περλίτη με λευκούς και κόκκινους κόκκους ρυζιού
- Λευκό περλίτη με λευκούς και μπλε κόκκους ρυζιού
- Κόκκινο περλίτη με κόκκινους και λευκούς κόκκους ρυζιού
- Κόκκινο περλίτη με κόκκινους και μπλε κόκκους ρυζιού
- Μπλε περλίτη με μπλε και λευκούς κόκκους ρυζιού
- Μπλε περλίτη με μπλε και κόκκινους κόκκους ρυζιού (στην Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Μπλε και κόκκινοι κόκκοι ρυζιού σε μπλε περλίτη

2. Αφού ετοιμάσουμε τις παραπάνω διατάξεις, ξεκινάει το χρονόμετρο και οι μαθητές μαζεύουν με τις λαβίδες όσους περισσότερους κόκκους ρυζιού μπορούν σε 1 λεπτό (θήρευση). Οι κόκκοι που μαζεύονται τοποθετούνται στο τρυβλίο πετρί.

3. Μετράμε τους κόκκους ρυζιού κάθε χρώματος που αφαιρέθηκαν (αν το σύνολο είναι μονός αριθμός συλλέγουμε ακόμα ένα κόκκο).

4. Υπολογίζουμε πόσοι κόκκοι ρυζιού έχουν απομείνει στο δοχείο.

5. Προσθέτουμε ίσο αριθμό κόκκων ρυζιού από τα δυο χρώματα μέχρι να φτάσουν πάλι τους 100 και σημειώνουμε στον πίνακα 1 του Φύλλου εργασίας (Παράρτημα) πόσοι είναι οι κόκκοι από κάθε χρώμα τώρα. Το ποσοστό των δυο χρωμάτων θα έχει αλλάξει τώρα.

6. Ανακινούμε το δοχείο για να αναμειχθούν οι κόκκοι ρυζιού με τον περλίτη και χρονομετρούμε άλλο 1 λεπτό θήρευσης.

7. Επαναλαμβάνουμε τα βήματα 2-5 και σημειώνουμε πόσοι κόκκοι ρυζιού από κάθε χρώμα υπάρχουν τώρα.

8. Σημειώνουμε τα δεδομένα στον πίνακα 1 και κάνουμε τους υπολογισμούς είτε με το κομπιουτεράκι, είτε με τη χρήση του υπολογιστικού φύλλου που δίνεται στην παρούσα εργασία.

Συμπεράσματα – Συζήτηση

Στην παρούσα εργασία, περιγράφεται ένα μοντέλο προσομοίωσης Φυσικής επιλογής, όπου οι μαθητές προσομοιώνουν τους θηρευτές και καλούνται να επιλέξουν τα θηράματα τους (σκαθάρια), τα οποία προσομοιώνουν κόκκοι ρυζιού σε φυσικό χρώμα και βαμμένοι με χρωστικές τροφίμων (μπλε και κόκκινο) σε περιβάλλον με περλίτη (υπόστρωμα) βαμμένο με τα αντίστοιχα χρώματα. Με τη λήξη του πειράματος και την καταγραφή των αποτελεσμάτων, γίνεται αντιληπτό ότι το ποσοστό % των οργανισμών θηραμάτων (κόκκοι ρυζιού) που παρουσιάζουν αντίθεση με το υπόστρωμα μειώθηκε σημαντικά στον πληθυσμό, σε αντίθεση με τους οργανισμούς που είναι ίδιο χρώμα με το υπόστρωμα (καμουφλάζ), οι οποίοι εξαπλώθηκαν και επικράτησαν στον πληθυσμό. Οι μαθητές τώρα καλούνται να εξηγήσουν, συνεργατικά στο φύλλο εργασίας του παραρτήματος, τα αποτελέσματα του πίνακα 1 αλλά και τη διαδικασία που ακολούθησαν. Στο τέλος, προτείνεται συζήτηση των απαντήσεων των ομάδων, στην ολομέλεια της τάξης. Οι ερωτήσεις του φύλλου εργασίας (παράρτημα) έχουν στόχο,

στο τέλος της διαδικασίας, οι μαθητές να είναι σε θέση να περιγράψουν και να ερμηνεύσουν τα βήματα της διαδικασίας, τις αρχικές διαφορές στα θηράματα και που μπορεί να οφείλονται αυτές (κληρονομικότητα και τυχαίες μεταλλάξεις). Η αντικατάσταση των κόκκων ρυζιού στο δοχείο, μετά από κάθε συλλογή, προσομοιώνει την αναπαραγωγή των θηραμάτων και η διατήρηση του συνολικού πληθυσμού των ατόμων σταθερού (100 άτομα) οφείλεται στη δυνατότητα του οικοσυστήματος να συντηρήσει συγκεκριμένο αριθμό ατόμων (φέρουσα ικανότητα οικοσυστήματος). Η επιλεκτική επιλογή των κόκκων ρυζιού (θηραμάτων) χρώματος με αντίθεση στο υπόστρωμα, σε σχέση με το καμουφλαρισμένο χρώμα, προσομοιώνει τη φυσική επιλογή. Η αλλαγή στις σχετικές αναλογίες που φαίνονται στον πίνακα (παρόλο που δεν είναι ακριβείς με τον τρόπο που υπολογίζονται εδώ, λόγω του ότι δε λαμβάνεται υπόψη στην αντικατάσταση των κόκκων ρυζιού (αναπαραγωγή) η αναλογία των ατόμων διαφορετικού χρώματος), προσομοιώνει την προσαρμογή των ατόμων με τον καμουφλαρισμένο χρωματισμό -- επιβίωση του «ικανότερου» ('survival' of the 'fittest'). Είναι σημαντικό, οι μαθητές να κατανοήσουν ότι «ικανότερος» δε σημαίνει γρηγορότερος ή δυνατότερος, αλλά αυτός που ταιριάζει καλύτερα στο συγκεκριμένο περιβάλλον.

Ενδιαφέρουσες παραλλαγές του πειράματος θα ήταν η επανάληψη της διαδικασίας κάτω από έγχρωμο φωτισμό ή με τη χρήση γυαλιών με φίλτρα από τους μαθητές. Μια άλλη ενδιαφέρουσα παραλλαγή του πειράματος θα ήταν να χρησιμοποιήσουμε μεγαλύτερους καρπούς (π.χ. κόκκινα και λευκά φασόλια) για την προσομοίωση των θηραμάτων και οι θηρευτές (μαθητές) να χρησιμοποιούν τα χέρια τους, άλλοι ως έχουν και άλλοι με δεμένο τον αντίχειρα με κολλητική ταινία μαζί με τα υπόλοιπα δάχτυλα (στέρωση αντιτακτού αντίχειρα) για τη συλλογή της τροφής. Έτσι, οι μαθητές θα συνειδητοποιήσουν το πλεονέκτημα των ζώων με αντιτακτό αντίχειρα (άνθρωπος και πολλά άλλα πρωτεύοντα).

Είναι σημαντικό να συζητήσουμε με τους μαθητές το μοντέλο και να εντοπίσουμε τα δυνατά και τα αδύνατα σημεία που θα παρουσίαζε σε πραγματικές συνθήκες. Μια διαφορά του μοντέλου από τις «πραγματικές» συνθήκες είναι ότι τα χρώματα των απογόνων σε κάθε γενιά είναι σε ίδια αναλογία με την αρχική πατρική γενιά (50%). Στη φύση, ο αριθμός των απογόνων θα ήταν σε αναλογία με την προηγούμενη πατρική γενιά. Αν οι μαθητές μπορούν να αντιληφθούν τη μαθηματική ανάλυση, θα μπορούσαμε να προσθέσουμε και αυτήν την παράμετρο στους υπολογισμούς μας. Μια άλλη αδυναμία του μοντέλου είναι ότι τα θηράματα είναι στατικά και αναγνωρίζονται από τους θηρευτές τους κυρίως με βάση το χρώμα και χωρίς να επηρεάζει το σχήμα και η κίνηση. Οι αδυναμίες αυτές είναι καλό να συζητηθούν με τους μαθητές, αλλά δεν υποβαθμίζουν το μοντέλο και το σκοπό του, που είναι η υπόδειξη της λειτουργίας της φυσικής επιλογής.

Η διερεύνηση και ανακάλυψη του φαινομένου της φυσικής επιλογής, συνεργατικά, μέσω της παρούσας εφαρμογής, πιστεύω ότι θα δώσει σημαντικό πλεονέκτημα στην κατανόηση από τους μαθητές της έννοιας της εξέλιξης.

Αναφορές

- 3ο Γενικό Λύκειο Αγρινίου, Δαρβινική θεωρία της εξέλιξης (2011). <http://3lyk-agrin.ait.sch.gr/autosch/joomla15/index.php/2011-12-21-11-55-18/82-2013-03-05-19-05-32/70-2011-12-21-12-19-10>. Ημερομηνία προσπέλασης: 8/01/2016.
- Demastes S.S., Settlege, J.Jr., Good R. (1995). Students' Conceptions of Natural Selection and its Role in Evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (5), 535-550.
- Εξέλιξη: Δαρβίνος & Θρησκεία, Ερευνητική Εργασία Α' λυκείου (2012). <https://kontardarvinos.wordpress.com/>. Ημερομηνία προσπέλασης: 15/02/2016.
- National Center for Science Education (2012). <http://ncse.com/religion/start>. Ημερομηνία προσπέλασης: 8/01/2016.
- National Geographic (2014). <http://news.nationalgeographic.com/news/2014/12/141210-butterflies-evolution-darwin-leaves-mimicry-science-animals/>. Ημερομηνία προσπέλασης: 8/01/2016.
- Nuffield Foundation (2011). <http://www.nuffieldfoundation.org/practical-biology/simple-model-natural-selection>. Ημερομηνία προσπέλασης: 8/01/2016.
- Settlege, J.Jr. (1994), Conceptions of Natural Selection: A Snapshot of the Sense-Making Process. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(5), 449- 457.
- Stevens, M. & Merilaita, S. (2009). Animal Camouflage: Current Issues and New Perspectives. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 364, 423-427.

The University of California Museum of Paleontology (2012). http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/misconceptions_about_evolution.pdf. Ημερομηνία προσπέλασης: 15/02/2016.

Βλάχος, Ι. & Κολλάρος, Δ. (1998). Ηλεκτρονικές Σημειώσεις μαθήματος Οικολογία (Θεωρία), Τμήμα: Θερμοκηπιακών Καλλιέργειών και Ανθοκομίας Σχολής Τεχνολογία Γεωπονίας ΤΕ.Ι. Κρήτης. http://www.lib.teicrete.gr/webnotes/steg/OikologiaTheoria/pdfs/Enotita_2.pdf. Ημερομηνία προσπέλασης: 15/02/2016.

Πρίνου, Λ., Χαλκιά, Λ., Σκορδούλης, Κ. (2004). Θεωρία της εξέλιξης: Η αναγκαιότητα της διδασκαλίας της και η περιπέτειά της στο ελληνικό σχολείο. Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου με διεθνή συμμετοχή, Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΤΕΑΠΗ) Φυσικές Επιστήμες: Διδασκαλία, Μάθηση και Εκπαίδευση, Τόμος Α', 260-266. Αθήνα. <http://old-asel.primeedu.uoa.gr/PAPERS/theoryofevolutiongreek.pdf>. Ημερομηνία προσπέλασης: 8/01/2016.

Πρίνου, Λ., Χαλκιά, Λ., Σκορδούλης, Κ. (2007). Αντιλήψεις των μαθητών της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για έννοιες της εξελικτικής θεωρίας. Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου, Τεύχος Β. Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση. Ρόδος. <http://www.rhodes.aegean.gr/ptde/labs/lab-fe/downloads/articles/PRINO.U.pdf>. Ημερομηνία προσπέλασης: 17/02/2016.

Σκούρας, Ζ.Γ. (2004). Φιλοσοφία και σύγχρονες τάσεις της Βιολογίας. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις University Studio Press.

Παράρτημα

Φύλλο εργασίας μαθητή

Όνοματεπώνυμο: Ημερομηνία:

Συμπληρώστε στον πίνακα τα αποτελέσματα του πειράματος και απαντήστε στις ερωτήσεις που ακολουθούν σε συνεργασία με την υπόλοιπη ομάδα σας.

Πίνακας 1. Πίνακας καταγραφής αποτελεσμάτων και υπολογισμού του ποσοστού παρουσίας κάθε χρώματος στον συνολικό πληθυσμό του θηράματος

| | Αριθμός κόκκων ρυζιού που αφαιρέθηκαν | | Αριθμός κόκκων που αντικαταστάθηκαν | | Ποσοστό στον πληθυσμό % | |
|--------------------------|---------------------------------------|-----------|-------------------------------------|-----------|-------------------------|-----------|
| | Χρώμα 1 | Χρώμα 2 | Χρώμα 1 | Χρώμα 2 | Χρώμα 1 | Χρώμα 2 |
| Πατρική γενιά | 50 | 50 | -- | -- | 50 | 50 |
| Μετά τη θήρευση 1 | | | | | | |
| Μετά τη θήρευση 2 | | | | | | |
| Μετά τη θήρευση 3 | | | | | | |
| Μετά τη θήρευση 4 | | | | | | |
| Μετά τη θήρευση 5 | | | | | | |
| Μετά τη θήρευση 6 | | | | | | |
| ... | | | | | | |

Ερώτηση 1. Που οφείλονται οι διαφορές στον φαινότυπο -στο χρώμα του σώματος- των «σκαθαριών» στον αρχικό πληθυσμό;

.....
.....

Ερώτηση 2. Για ποιο λόγο αντικαθιστούσαμε τον αριθμό των «σκαθαριών» που συλλέξαμε μετά από κάθε επεισόδιο θήρευσης; Ποια φυσική διαδικασία προσομοιώνει αυτή η ενέργεια στο μοντέλο μας;

.....
.....

Ερώτηση 3. Θα μπορούσε ένας φυσικός πληθυσμός «σκαθαριών» σε ένα οικοσύστημα να αναπτύσσεται συνεχώς με εκθετική αύξηση και αν ναι, τι επιπτώσεις θα είχε αυτό για το οικοσύστημα;

.....
.....

Ερώτηση 4. Στη διαδικασία που ακολουθήσαμε στο μοντέλο προσομοίωσης της Φυσικής επιλογής, ποιο από τα 2 χρώματα επικράτησε στον πληθυσμό των «σκαθαριών» και γιατί πιστεύετε ότι συνέβη αυτό;

.....
.....

Ερώτηση 5. Σύμφωνα με τη θεωρία της επιβίωσης του «ικανότερου» ('survival' of the 'fittest'), ποια άτομα θεωρείτε ότι είναι τα «ικανότερα» στην περίπτωση μας;

.....
.....

Ερώτηση 6. Πιστεύετε ότι το μοντέλο που χρησιμοποιήσαμε είναι ακριβές; Παρατηρήσατε κάποιο μειονέκτημα σε σχέση με τις πραγματικές συνθήκες;

.....
.....

Συζητήστε τις απαντήσεις σας με την υπόλοιπη τάξη και τον εκπαιδευτικό.

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Workshops B

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Πρόταση πειραματικής διδασκαλίας της Οπτικής στο Δημοτικό Σχολείο

Γιάννης Στυλιανακάκης

Δάσκαλος, συνεργάτης του Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων
styl_argia@yahoo.gr

Νίκος Αναστασάκης

Φυσικός, συνεργάτης του Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων
nikos.anastasakis@sch.gr

Περίληψη

Η συγκεκριμένη προσέγγιση της θεωρίας με την πράξη στις Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό Σχολείο, είναι αναγκαία. Βοηθά και υποστηρίζει συναδέλφους της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης και όχι μόνο. Διαπίστωση των χιλίων εξακοσίων περίπου (1600) δασκάλων που έχουν επιμορφωθεί στο Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων, εδώ και πέντε σχολικά έτη, με ημερίδες και σεμινάρια. Θα προσπαθήσουμε να παρουσιάσουμε δύο οπτικά φαινόμενα της Ε΄ τάξης (ανάκλαση - διάχυση) που αναφέρονται στο πρόγραμμα σπουδών του Δημοτικού με πραγματικά πειράματα. Χρησιμοποιούμε ελάχιστα επιστημονικά όργανα, απλά καθημερινά υλικά, κατασκευές και διατάξεις που σύμφωνα με την εμπειρία μας βοηθούν και λύνουν προβλήματα που συναντούν οι δάσκαλοι στην προσπάθειά τους να πετύχουν τα πειράματα του σχολικού εγχειριδίου. Βασικό χαρακτηριστικό της πρότασης είναι ότι οι πειραματικές δραστηριότητες μπορούν να πραγματοποιηθούν μέσα στη σχολική τάξη, χωρίς συσκότιση.

Λέξεις κλειδιά: Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων, ανάκλαση, διάχυση, δημοτικό

Εισαγωγή

Η αφορμή για την παρούσα εργασία είναι ότι οι δάσκαλοι που έχουν επιμορφωθεί στο Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων επιζητούν γενικά την επιμόρφωσή τους στις Φυσικές Επιστήμες και ειδικά την επιμόρφωση στην ενότητα της οπτικής. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει από συμπλήρωση ερωτηματολογίων που πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια εννέα (9) ημερίδων για εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, στο Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων, από 21/10/2015 έως και 27/11/2015. Στις ημερίδες και στην έρευνα συμμετείχαν 210 δάσκαλοι του νομού, Ε΄ και ΣΤ΄ τάξης. Το 1οο ερώτημα του ερωτηματολογίου ήταν: «Ποια θέματα θα θέλατε να δουλέψουμε σε μελλοντική μας συνάντηση;». Οι απαντήσεις που δόθηκαν καταγράφονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Προτεινόμενα θέματα για επιμόρφωση

| Ενότητες | Αριθμός Δασκάλων | Ποσοστά |
|--------------------|------------------|---------|
| Οπτική | 73 | 35% |
| θερμότητα | 32 | 15% |
| Ηλεκτρισμός | 30 | 14% |
| Όλες οι ενότητες | 20 | 10% |
| Ήχος | 15 | 7% |
| Ηλεκτρομαγνητισμός | 14 | 7% |
| Ενέργεια | 9 | 4% |
| Χημεία | 7 | 3% |
| Βιολογία | 6 | 3% |
| Μικρόκοσμος | 4 | 2% |
| Σύνολο | 210 | 100% |

Οι 73 δάσκαλοι, που επέλεξαν για επιμόρφωση την ενότητα της οπτικής, δικαιολόγησαν την απάντησή τους: «Τα πειράματα του βιβλίου πετυχαίνουν πολύ δύσκολα και πολλά από αυτά καθόλου». Επίσης αφορμή στάθηκε, ο παγκόσμιος εορτασμός του Διεθνούς Έτους Φωτός (2015).

Η πραγματοποίηση των πειραματικών δραστηριοτήτων της οπτικής γίνεται με απλά υλικά και ελάχιστα επιστημονικά όργανα. Για φωτεινές πηγές χρησιμοποιούμε τον Ήλιο, κεράκια, φακούς, απλά λέιζερ, και ανακλαστικό προβολέα. Επίσης χρησιμοποιούμε απλές κατασκευές και διατάξεις, οι οποίες έχουν γίνει αποδεκτές από δασκάλους και καθηγητές, λόγω της απλότητας της κατασκευής τους και της συμβολής τους στην επιτυχία των πειραμάτων. Έχουν δοκιμαστεί και «δουλεύουν» στη πράξη, όπως αναφέρουν οι ίδιοι οι συνάδελφοι. Στην ιστοσελίδα μας (Ιστοσελίδα Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων, 2014) έχουν αναρτηθεί οι σχετικές προτάσεις διδασκαλίας για το Δημοτικό Σχολείο.

Ανάκλαση και διάχυση του φωτός

Διδακτικοί στόχοι

Επιδιώκεται οι μαθητές να:

- Διαπιστώσουν πειραματικά τα φαινόμενα της ανάκλασης και της διάχυσης του φωτός.
- Αναφέρουν επιφάνειες στις οποίες το φως ανακλάται και επιφάνειες που διαχέεται.
- Εξηγήσουν ότι βλέπουμε γύρω μας λόγω διάχυσης.

Όργανα, υλικά, κατασκευές, διατάξεις που προτείνουμε: Φακός με ρολό από χαρτί κουζίνας ή με πλαστικό σωλήνα (αντικαθιστά τον προβολέα Reuter) (Μπουρούτης, 1993), απλές συσκευές λέιζερ με ή χωρίς βάση, καθρέπτης, χαρτοπετσέτα λευκή, τσαλακωμένο αλουμινόχαρτο, χαρτόκουτα, κόλλα, τρία λευκά φύλλα Α4. Εικόνα 1 και 2.



Εικόνα 1. Φακός με σωλήνα. Λέιζερ με βάση



Εικόνα 2. Καθρέπτης, χαρτοπετσέτα, αλουμινόχαρτο, χαρτόκουτα, φύλλα Α4

Στο εσωτερικό της χαρτόκουτας, οι μαθητές κολλούν τα τρία λευκά φύλλα Α4 και στη βάση της τοποθετούν στη σειρά τη χαρτοπετσέτα, το τσαλακωμένο αλουμινόχαρτο και τον καθρέπτη (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Ανακλαστικές επιφάνειες σε χαρτόκουτα

Τους ζητάμε να χαρακτηρίσουν τις επιφάνειές τους. Από τη συζήτηση προκύπτει ότι η επιφάνεια του καθρέπτη είναι λεία και γυαλιστερή, η επιφάνεια του αλουμινόχαρτου είναι γυαλιστερή αλλά δεν είναι λεία και η επιφάνεια της χαρτοπετσέτας δεν είναι ούτε λεία ούτε γυαλιστερή. Στη συνέχεια καλούμε τους μαθητές να διατυπώσουν τις απόψεις τους απαντώντας στο ερώτημα: «τι προβλέπετε να πάθει το φως από το φακό ή από τα λέιζερ αν φωτίσετε πλάγια τις τρεις επιφάνειες (καθρέπτη, χαρτοπετσέτα, αλουμινόχαρτο)». Το 98% των μαθητών που έχουν επισκεφτεί το Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων τα τελευταία 5 χρόνια, (περισσότεροι από 5.000), απαντούν: «το φως αν πέσει πάνω στον καθρέπτη θα πάθει «αντανάκλαση» και θα φωτίσει το λευκό χαρτί στο εσωτερικό της χαρτόκουτας». «Αν φωτίσουμε τη χαρτοπετσέτα, το φως θα μείνει στη χαρτοπετσέτα και δεν θα φωτίσει το εσωτερικό της χαρτόκουτας», απαντά το 70% των μαθητών, ενώ οι υπόλοιποι δεν έχουν άποψη. «Αν φωτίσουμε το τσαλακωμένο αλουμινόχαρτο, λίγο φως θα πάει στη χαρτόκουτα, γιατί η επιφάνειά του δεν είναι λεία, είναι όμως γυαλιστερή», απαντά το 40% των μαθητών, το άλλο 40% απαντά ότι «το φως θα μείνει στο αλουμινόχαρτο» και οι υπόλοιποι δεν έχουν άποψη. Στη συνέχεια παροτρύνουμε τους μαθητές να φωτίσουν, με το φακό ή τα λέιζερ, μία-μία τις τρεις διαφορετικές επιφάνειες, πλάγια, από απόσταση 10-15 εκατοστά και να παρατηρήσουν ότι βλέπουν στο εσωτερικό της χαρτόκουτας (Εικόνα 4).



Εικόνα 4. Ανάκλαση σε καθρέπτη, διάχυση σε χαρτοπετσέτα και αλουμινόχαρτο

Συσκότιση της τάξης δεν χρειάζεται. Αν όμως μπαίνει πολύ φως από τα παράθυρα, μπορούμε να κλείσουμε τις κουρτίνες ή κατά ομάδες τα παιδιά που πραγματοποιούν το πείραμα, να σχηματίσουν σκιά με το σώμα τους, στο θρανίο τους.

Οι μαθητές παρατηρούν ότι: «όταν φωτίζουμε τον καθρέπτη, το φως από τα λέιζερ, φωτίζει το εσωτερικό της χαρτόκουτας σε συγκεκριμένα σημεία» ή «οι δύο φωτεινές τελείες που πέφτουν στον καθρέπτη, φαίνονται και στη χαρτόκουτα» ή «το φως μετά τον καθρέπτη άλλαξε πορεία και πήγε στο άσπρο χαρτί» ή «το φως στον καθρέπτη έπαθε αντανάκλαση».

Μετά από συζήτηση οι μαθητές γενικεύουν τις παρατηρήσεις τους και διατυπώνουν το συμπέρασμα για την ανάκλαση: «Όταν το φως ή μια φωτεινή ακτίνα συναντήσει μια λεία και γυαλιστερή επιφάνεια αλλάζει κατεύθυνση. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ανάκλαση του φωτός».

Στη συνέχεια τα παιδιά φωτίζουν τη χαρτοπετσέτα και το τσαλακωμένο αλουμινόχαρτο και παρατηρούν: «το φως από τα λέιζερ, φωτίσει τη χαρτοπετσέτα και το αλουμινόχαρτο όμως δεν έμεινε

πάνω τους, φώτισε και το εσωτερικό της χαρτόκουτας, όχι όμως σε συγκεκριμένα σημεία, το φως απλώθηκε» ή «το φως μετά τη χαρτοπετσέτα και το αλουμινόχαρτο διασκορπίζεται στο άσπρο χαρτί και το φωτίζει» ή «το φως που προέρχεται από το αλουμινόχαρτο, φωτίζει έντονα το άσπρο χαρτί».

Πριν καταλήξουμε στο συμπέρασμα για τη διάχυση του φωτός, πρέπει να το εξηγήσουμε στους μαθητές με απλά λόγια, ότι δηλαδή οι περισσότερες επιφάνειες δεν είναι λείες και γυαλιστερές. Ακόμα και επιφάνειες που φαίνονται λείες, έχουν ανωμαλίες που δεν είναι ορατές με το μάτι. Όταν οι φωτεινές ακτίνες προσπίπτουν σε αυτές, ανακλώνται σε διάφορες κατευθύνσεις.

Μέσα από συζήτηση οι μαθητές διατυπώνουν και καταγράφουν το συμπέρασμα: «Όταν το φως ή μια φωτεινή ακτίνα συναντήσει μια τραχιά επιφάνεια ανακλάται σε πολλές κατευθύνσεις, διασκορπίζεται. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται διάχυση του φωτός».

Η διάχυση λοιπόν δεν είναι παρά μια πολλαπλή ανάκλαση του φωτός σε τυχαίες κατευθύνσεις. Όσο πιο τραχιά είναι η επιφάνεια τόσο πιο έντονο είναι το φαινόμενο της διάχυσης. Όταν η φωτεινή ακτίνα προσπίπτει στο τσαλακωμένο αλουμινόχαρτο, μπορούμε να δούμε τις διαφορετικές ανακλώμενες ακτίνες, ενώ στη χαρτοπετσέτα που η επιφάνεια είναι πιο τραχιά, δεν μπορούμε να τις διακρίνουμε (Αποστολάκης κ.ά., 2006). Τη διάχυση του φωτός μπορούμε να την ονομάσουμε και διάχυτη ανάκλαση (Hewitt, 1997).

Αναφέρουμε βέβαια και εξηγούμε στους μαθητές ότι καθώς το φως διαχέεται στα διάφορα αντικείμενα που βρίσκονται γύρω μας, κάποιες φωτεινές ακτίνες φτάνουν στα μάτια μας κι έτσι εμείς τα βλέπουμε.

Ανάκλαση του φωτός και γωνίες

Διδακτικοί στόχοι

Επιδιώκεται οι μαθητές να:

- Επιβεβαιώσουν την ευθύγραμμη διάδοση του φωτός.
- Διαπιστώσουν πειραματικά την πορεία της προσπίπτουσας και της ανακλώμενης ακτίνας.

Σαν εισαγωγικό ερέθισμα θέτουμε στους μαθητές την εξής ερώτηση: «*Βλέπουμε το φως;*». Το 90% των παιδιών απαντά καταφατικά «και βέβαια το βλέπουμε», εννοώντας προφανώς, όπως και οι ενήλικες, ότι βλέπουν τις φωτεινές πηγές οι οποίες εκπέμπουν φως. Σε αυτό το σημείο πρέπει να εξηγήσουμε στους μαθητές ότι βλέπουμε τη φωτεινή πηγή, βλέπουμε εκεί που πέφτει το φως και το μέρος που φωτίζει αλλά δεν βλέπουμε φωτεινές ακτίνες ή δέσμες φωτός να ξεκινούν από τη φωτεινή πηγή και να καταλήγουν σε κάποιο μέρος που φωτίζεται. Μπορούμε να δούμε όμως την πορεία του φωτός αν κάτι τη φανερώσει. Αυτό που μπορεί να φανερώσει τη πορεία του φωτός, επειδή το φως διαχέεται πάνω του, είναι οι σταγόνες νερού, η ομίχλη, η υγρασία, ο καπνός ή και η σκόνη που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα.

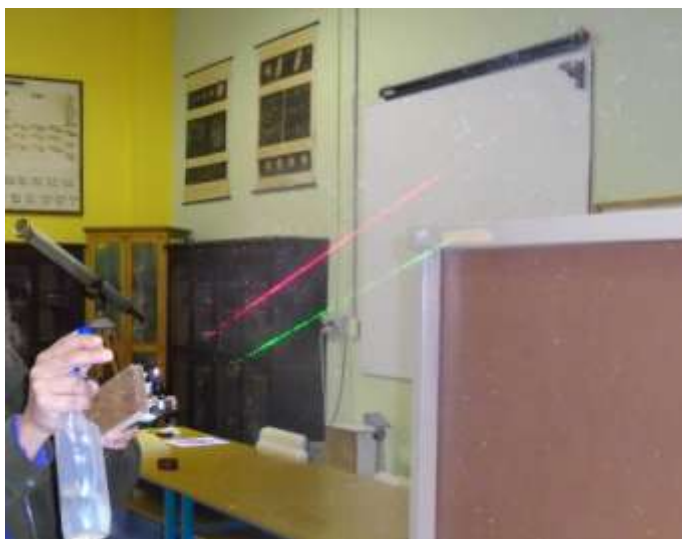


Εικόνα 5. Λείζερ με βάση Μικροαντλία

Ένα πείραμα που μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσα στη τάξη, χωρίς συσκότιση, με το οποίο οι μαθητές παρατηρούν την πορεία του φωτός μετά την ανάκλασή του και κατανοούν, συμπεραίνουν και εμπεδώνουν την προσπίπτουσα, την ανακλώμενη ακτίνα και τις αντίστοιχες γωνίες, περιγράφεται παρακάτω. Χρειαζόμαστε λείζερ και μικροαντλία (Εικόνα 5).

Οι μαθητές φωτίζουν με λείζερ και ταυτόχρονα ψεκάζουν νερό, με μικροαντλία, κατά μήκος της νοητής ευθείας που διαδίδεται το φως. Βλέπουν τη φωτεινή πηγή (τα λείζερ), βλέπουν τα σημεία του

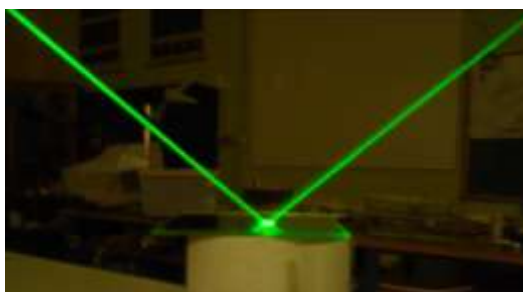
πετάσματος που φωτίζονται και βλέπουν την πορεία του φωτός να σχηματίζει δύο ευθείες (επιβεβαίωση της ευθύγραμμης διάδοσης). Το συμπέρασμα που καλήγουμε μετά από συζήτηση είναι: «Το φως δεν το βλέπουμε, βλέπουμε τη πορεία του φωτός επειδή διαχέεται στα σταγονίδια του νερού» (Εικόνα 6).



Εικόνα 6. Ευθύγραμμη διάδοση, πορεία φωτός

Ζητάμε από τους μαθητές να σκεφτούν και να προτείνουν μια πειραματική δραστηριότητα, χωρίς συσκότιση, που να φανερώνει τη πορεία του φωτός που πέφτει στον καθρέπτη και τη πορεία του φωτός που ανακλάται από τον καθρέπτη. Σχηματίζοντας την πορεία με τα χέρια μας, για βοήθεια. Το 50% περίπου των μαθητών προτείνει την παρακάτω δραστηριότητα.

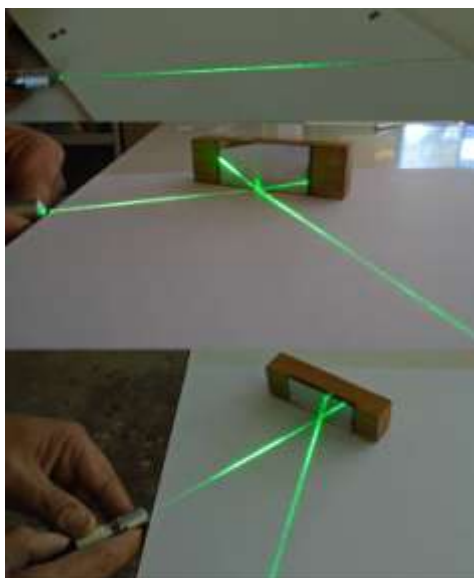
Οι μαθητές φωτίζουν με το λέιζερ πλάγια στην επιφάνεια του καθρέπτη και ταυτόχρονα ψεκάζουν νερό, ή δημιουργούν καπνό στην περιοχή, με αρωματικά stick (Εικόνα 7).



Εικόνα 7. Προσπίπτουσα και ανακλώμενη δέσμη σε περιβάλλον με καπνό

Εξηγούμε στους μαθητές ότι η ακτίνα που προέρχεται από το λέιζερ και πέφτει στον καθρέπτη ονομάζεται προσπίπτουσα και η ακτίνα που προέρχεται από τον καθρέπτη, λόγω ανάκλασης ονομάζεται ανακλώμενη.

Η παρακάτω δραστηριότητα, χωρίς συσκότιση, μπορεί να επαναληφθεί από τους μαθητές για εμπέδωση. Φωτίζουν με το λέιζερ την επιφάνεια του θρανίου έτσι ώστε η ακτίνα να εφάπτεται με την επιφάνεια. Στη συνέχεια, στη πορεία του φωτός, τοποθετούν ένα καθρέπτη πάνω στο θρανίο και παρατηρούν την προσπίπτουσα και την ανακλώμενη ακτίνα. Επίσης προτρέπουμε τους μαθητές, να αλλάξουν τη θέση του καθρέπτη στρίβοντάς τον δεξιά ή αριστερά. Παρατηρούν και συμπεραίνουν: «μπορούμε να στείλουμε την ανακλώμενη ακτίνα σε διαφορετικά σημεία του θρανίου» (Εικόνα 8). Ανάλογα με το επίπεδο των μαθητών μπορούμε να αναφέρουμε ότι η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης, προσδιορίζοντας πώς σχηματίζονται και ποιες είναι.



Εικόνα 8. Προσπίπτουσες και ανακλώμενες ακτίνες

Ανάκλαση του φωτός και καθρέπτες

Διδακτικοί στόχοι

Επιδιώκεται οι μαθητές να:

- Κατανοήσουν πώς φαίνεται το είδωλο ενός αντικειμένου μέσα σε διάφορα είδη καθρεπτών.
- Διαπιστώσουν πειραματικά τη χρήση των σφαιρικών καθρεπτών.
- Κατανοήσουν πώς ανάβει η Ολυμπιακή φλόγα.

Το εισαγωγικό ερέθισμα τέθηκε από ένα μαθητή, όταν παρατήρησε καθώς κοιταζόταν στο καθρέπτη, ότι τα γράμματα στο μπλουζάκι του φαίνονταν ανάποδα. Οι δάσκαλοι δε πρέπει να χάνουν τέτοιες ευκαιρίες από τις εμπειρίες των μαθητών στη καθημερινή τους ζωή, όχι μόνο πρέπει να τις αξιοποιούν αλλά και να τις αντλούν από τους μαθητές.

Η συζήτηση αρχίζει για τους καθρέπτες και με κατάλληλες ερωτήσεις, οι μαθητές καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι βλέπουμε την εικόνα μας (είδωλο) μέσα στον καθρέπτη εξαιτίας της ανάκλασης του φωτός. Προκαλούμε τους μαθητές να παίξουν με λέξεις που γράφουν σε χαρτί και τις βλέπουν μέσα σε καθρέπτη.

Κάποιοι άλλοι μαθητές αναφέρουν ότι σε επικίνδυνες στροφές ή σε σταυροδρόμια, είναι τοποθετημένοι «κάτι ασυνήθιστοι καθρέπτες». Συζητάμε με τους μαθητές και τους αναφέρουμε ότι υπάρχουν δύο είδη καθρεπτών: οι επίπεδοι και οι σφαιρικοί (κοίλοι και κυρτοί), εξηγώντας τις έννοιες. Επίσης λέμε στους μαθητές ότι όλοι στα σπίτια μας έχουμε κοίλους και κυρτούς καθρέπτες και τους χρησιμοποιούμε σχεδόν κάθε μέρα (σύνδεση μαθήματος με την καθημερινότητα). Το 50% σχεδόν των μαθητών αναφέρει τις κουτάλες και τα κουτάλια.

Η πειραματική δραστηριότητα συνεχίζεται, με κατάλληλες οδηγίες και ερωτήσεις από το δάσκαλο. «Κάνε μια τριάδα με δυο φίλους σου, εσύ στη μέση, ο ένας δεξιά σου και ο άλλος αριστερά σου. Κράτησε ένα επίπεδο καθρέπτη σταθερά, όσο πιο μακριά μπορείς από τα μάτια σου. Χωρίς να στρίβεις το κεφάλι σου δεξιά και αριστερά, ούτε και τον καθρέπτη, περιέγραψε τι βλέπεις. Μπορείς να επαναλάβεις το ίδιο κρατώντας τη μια φορά την κουτάλα από την κοίλη επιφάνειά της και τη άλλη φορά από τη κυρτή επιφάνειά της» (Εικόνα 9).



Εικόνα 9. Είδωλο και οπτικό πεδίο σε επίπεδο, κοίλο και κυρτό καθρέπτη

Οι μαθητές περιγράφουν: «Στον επίπεδο καθρέπτη, βλέπω το είδωλό μου μέσα στον καθρέπτη, όρθιο. Δε βλέπω όμως τους δύο φίλους μου, που είναι δίπλα μου».

«Βλέπω το είδωλό μου μέσα στο κοίλο καθρέπτη, μαζί και τους φίλους μου όλοι όμως είμαστε ανάποδα και μικρότεροι. Επίσης βλέπω το Γιώργο που ενώ βρίσκεται στα αριστερά μου, στον καθρέπτη είναι δεξιά μου. Ο Νίκος πάλι ακριβώς το αντίθετο».

«Βλέπω το είδωλό μου μέσα στον κυρτό καθρέπτη, μαζί και τους φίλους μου, όλοι τώρα είμαστε όρθιοι, μικρότεροι και στις θέσεις μας».

Συμπέρασμα: «Σε επικίνδυνες στροφές ή σε σταυροδρόμια και όχι μόνο, τοποθετούν κυρτούς καθρέπτες. Οι κυρτοί καθρέπτες δίνουν είδωλα όρθια με τα αντικείμενα και έχουν μεγάλο οπτικό πεδίο».

Ερώτηση εκπαιδευτικού: «Πώς ανάβει η δάδα στη τελετή της αφής της Ολυμπιακής φλόγας;»
Απάντηση: «Χρησιμοποιούν ένα μεγάλο καθρέπτη». Ερώτηση: «Τι είδους καθρέπτη χρησιμοποιούν επίπεδο, κοίλο ή κυρτό;» Το 65% των μαθητών απαντά επίπεδο, το 15% απαντά κοίλο, το 10% απαντά κυρτό και το 10% δεν ξέρει.

Για το πείραμα θα χρειαζόμαστε: φακό με σωλήνα, καθρέπτη επίπεδο, τομή μεταλλικού καθρέπτη κοίλου και κυρτού, διάφραγμα με χτενάκι (Εικόνα 10).



Εικόνα 10. Υλικά και διατάξεις για τη μελέτη της ανάκλασης

Το διάφραγμα με χτενάκι κατασκευάζεται με ρολό από χαρτί κουζίνας και από ένα τμήμα μιας χτένας, το οποίο κολλάμε στο ένα άνοιγμα του ρολού. Η κατασκευή προσαρμόζεται στο σωλήνα του φακού (Εικόνα 11).



Εικόνα 11. Διάφραγμα με χτενάκι στο σωλήνα του φακού



Εικόνα 12. Λυγισμένη λαμαρίνα σε ρόλο κοίλου και κυρτού κατόπτρου

Οι μεταλλικές τομές κοίλου και κυρτού κατόπτρου κατασκευάζονται εύκολα, λυγίζοντας μια λεπτή, γυαλισμένη, ανοξείδωτη λαμαρίνα (Εικόνα 12).

Οδηγίες εκπαιδευτικού: Τοποθέτησε τον επίπεδο καθρέφτη κάθετα στην επιφάνεια του θρανίου σου, σε απόσταση 10 εκατοστά από τη άκρη του. Τοποθέτησε το διάφραγμα με το χτενάκι μπροστά από το σωλήνα του φακού, άναψέ τον και στρέψε τον στον καθρέφτη, αφού τον ακουμπήσεις στο πλαϊνό της επιφάνειας του θρανίου σου. Τι παρατηρείς;

Μπορείς να επαναλάβεις το ίδιο τοποθετώντας πρώτα τον κοίλο καθρέπτη στο θρανίο και μετά τον κυρτό. Δεν χρειάζεται συσκότιση (Εικόνα 13).



Εικόνα 13: Παράλληλες ακτίνες σε επίπεδο, κοίλο και κυρτό καθρέπτη

Παρατήρηση μαθητών: Οι ακτίνες μετά την ανάκλασή τους, μόνο στον κοίλο καθρέφτη συγκεντρώνονται όλες σε ένα σημείο, επομένως για να ανάψει η Ολυμπιακή φλόγα, χρησιμοποιείται κοίλος καθρέπτης (Εικόνα 14).



Εικόνα 14. Έτσι ανάβει η Ολυμπιακή φλόγα

Συμπεράσματα

Η συγκεκριμένη εργασία προσεγγίζει άμεσα τη θεωρία με την πράξη στις Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό Σχολείο. Προσέγγιση, που βοηθά και υποστηρίζει συναδέλφους της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης, μα και της Δευτεροβάθμιας (Γυμνάσιο). Παρουσιάστηκαν μόνο δύο από όλα τα οπτικά φαινόμενα της Ε΄ και ΣΤ΄ τάξης, με πραγματικά πειράματα, χρησιμοποιώντας απλά καθημερινά υλικά, κατασκευές και ελάχιστα επιστημονικά όργανα. Βασικό χαρακτηριστικό της πρότασης είναι ότι τα πειράματα μπορούν να πραγματοποιηθούν χωρίς συσκότιση. Είναι πολύ σημαντικό και επιβάλλεται να συνδέουμε τα φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών με την καθημερινότητα. Επίσης είναι πολύ σημαντικό να αξιοποιούμε τις εμπειρίες των μαθητών, αλλά και τις δικές μας, να ψάχνουμε και να ψαχνόμαστε για να ανακαλύπτουμε και να ερμηνεύουμε. Αναδείξαμε ότι με την πειραματική διδασκαλία η ενότητα της οπτικής και γενικά οι Φυσικές Επιστήμες, στο Δημοτικό και στο Γυμνάσιο, είναι ευχάριστες και διασκεδαστικές.

Αναφορές

- Hewitt, P. G. (1997). *Οι έννοιες της φυσικής 1 και 2*. Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 3η Έκδοση.
- Αποστολάκης, Ε., Παναγοπούλου, Ε., Τσαγλιώτης, Ν., Μακρή, Β., Πανταζής, Γ., Πετυρέα, Κ., Σωτηρίου Σ., Τόλιας, Β., Τσαγκογέωργα, Α., Καλκάνης, Γ. (2006). *Ερευνώ και Ανακαλύπτω, βιβλίο δασκάλου Ε΄ και ΣΤ΄ Δημοτικού*. Αθήνα: ΟΕΔΒ, Έκδοση Α.
- Αποστολάκης, Ε., Παναγοπούλου, Ε., Τσαγλιώτης, Ν., Μακρή, Β., Πανταζής, Γ., Πετυρέα, Κ., Σωτηρίου Σ., Τόλιας, Β., Τσαγκογέωργα, Α., Καλκάνης, Γ. (2007). *Ερευνώ και Ανακαλύπτω, βιβλίο μαθητή Ε΄ και ΣΤ΄ Δημοτικού*. Αθήνα: ΟΕΔΒ, Έκδοση Β.
- Αποστολάκης, Ε., Παναγοπούλου, Ε., Τσαγλιώτης, Ν., Μακρή, Β., Πανταζής, Γ., Πετυρέα, Κ., Σωτηρίου Σ., Τόλιας, Β., Τσαγκογέωργα, Α., Καλκάνης, Γ. (2007). *Ερευνώ και Ανακαλύπτω, τετράδιο εργασιών Ε΄ και ΣΤ΄ Δημοτικού*. Αθήνα: ΟΕΔΒ, Έκδοση Β.
- Ιστοσελίδα Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων. (2014). <http://ekfe.chan.sch.gr/Dimotiko/dimotiko.html> Ημερομηνία προσπέλασης: 20/12/2015
- Μπουρούτης, Ι. Λ. (1993). *Πειράματα Φυσικής ΤΟΜΟΣ Β΄*. Αθήνα: ΟΕΔΒ, Έκδοση Γ΄

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Εμπλουτίζοντας τη διδασκαλία της Βιολογίας της Α΄ Γυμνασίου με απλά πειράματα Φυσικής

Θεόδωρος Πιερράτος

Φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Ευόσμου
pierratos@gmail.com

Παρασκευή Τσακμάκη

Φυσικός, Υπ. Διδάκτορας Π.Τ.Δ.Ε. Α.Π.Θ.
vtsakmaki@gmail.com

Περίληψη

Στην εργασία παρουσιάζονται 4 απλά πειράματα Φυσικής με σκοπό τον εμπλουτισμό της πειραματικής διδασκαλίας της Βιολογίας της Α΄ Γυμνασίου. Τα πειράματα αφορούν τα κεφάλαια της μεταφοράς και αποβολής ουσιών, της αναπνοής, της στήριξης και κίνησης και της ερεθιστικότητας.

Λέξεις κλειδιά: βιολογία Γυμνασίου, πειράματα Φυσικής

Εισαγωγή

Στο πλαίσιο των υποχρεωτικών εργαστηριακών ασκήσεων της Βιολογίας ζητείται συνήθως από τους μαθητές να παρατηρήσουν μικροσκοπικά και να καταγράψουν την εξέλιξη κάποιων φυσικών φαινομένων που σχετίζονται με ζωντανούς οργανισμούς (ΥΠ.Π.Ε.Θ., 2016). Συνήθως παραλείπεται η αναφορά στους μηχανισμούς που εξηγούν τις παρατηρήσεις αυτές και οι οποίοι έχουν τη βάση τους στη Φυσική και τη Χημεία.

Στην εργασία αυτή προτείνονται μερικά απλά πειράματα Φυσικής που επιχειρούν να φωτίσουν τους μηχανισμούς πίσω από διάφορα φαινόμενα της ζωής. Στόχοι μας είναι να αναδειχθεί ο διεπιστημονικός χαρακτήρας των φυσικών φαινομένων και η προσέλευση των ενδιαφέροντος των μικρών μαθητών της Α΄ τάξης του Γυμνασίου.

Πώς τα φυτά αντλούν νερό από το έδαφος;

Διδάσκοντας τη μεταφορά και αποβολή ουσιών στα φυτά, μπορούμε να θέσουμε στους μαθητές μας την εξής ερώτηση: τα φυτά αντλούν νερό από το έδαφος το οποίο μεταφέρεται μέσα από ένα σύστημα αγγείων-σωληνίσκων προς τα φύλλα. Άραγε σε ποια περίπτωση τα αγγεία αυτά είναι πιο φαρδιά: σε ένα ψηλό φυτό ή σε ένα κοντό φυτό; Όπως προκύπτει από συνεντεύξεις μαθητών, οι μαθητές (και όχι μόνο) υποθέτουν ότι όσο πιο ψηλό είναι ένα φυτό τόσο πιο φαρδύ πρέπει να είναι ένα αγγείο-σωληνίσκος ώστε να μπορεί να τροφοδοτηθεί κατάλληλα το φυτό με νερό.

Ένα φυτό απορροφά νερό μέσω των ριζών από τον άμεσο περίγυρό τους, γνωστό ως ριζόσφαιρα. Η απορρόφηση μπορεί να γίνει με την μέθοδο της μαζικής ροής. Το νερό από τη στιγμή που έρχεται σε επαφή τα ριζικά τριχίδια προχωράει προς το εσωτερικό της ρίζας. Το νερό αντλείται αναρροφητικά προς τα φύλλα και η αιτία της αρνητικής πίεσης στην κορυφή των αγγείων είναι η διαπνοή, η οποία είναι υπεύθυνη και για τη μαζική ροή.

Το φαινόμενο συνεπικουρείται από το τριχοειδές φαινόμενο το οποίο συνδέεται με την ιδιότητα των υγρών να διαβρέχουν στερεές επιφάνειες. Το τριχοειδές φαινόμενο παρατηρείται σε ένα χαρτί κουζίνας που απορροφά νερό ή όταν το νερό του εδάφους ανεβαίνει επάνω στους τοίχους ενός σπιτιού από τα θεμέλιά του. Χάρη στο τριχοειδές φαινόμενο, ένας γυάλινος σωλήνας μπορεί να προσελκύσει νερό στο εσωτερικό του, όταν οι ενδομοριακές δυνάμεις ανάμεσα στο υγρό και στο γυαλί είναι μεγαλύτερες από τις ενδομοριακές δυνάμεις μέσα στο υγρό. Το βάρος της στήλης υγρού είναι ανάλογο με το τετράγωνο της διαμέτρου του σωλήνα, αλλά το μήκος επαφής (περίμετρος του τοιχώματος) μεταξύ του υγρού και του σωλήνα είναι ανάλογο μόνο με τη διάμετρο του σωλήνα. Συνεπώς, ένας στενός σωλήνας ελκύει μια στήλη υγρού πιο ψηλά σε σχέση με ένα πλατύ σωλήνα.

Εάν τοποθετήσουμε ένα μικρό σωλήνα μέσα σε ένα υγρό, το υγρό θα ελκύεται προς τα επάνω στο σωλήνα μέχρι οι δυνάμεις βαρύτητας και τριβής να εξισορροπήσουν την τριχοειδή δύναμη.

Αποδεικνύεται (Cosialls, 2009) ότι για ένα δεδομένο υγρό και δοχείο, το ύψος h της στήλης του υγρού είναι αντιστρόφως ανάλογο με τη διάμετρο του σωλήνα r και την επιτάχυνση της βαρύτητας g :

$$h \propto \frac{1}{rg}$$

Για γυάλινο σωλήνα και για υγρό νερό η παραπάνω αναλογία, στην επιφάνεια της Γης, γίνεται:

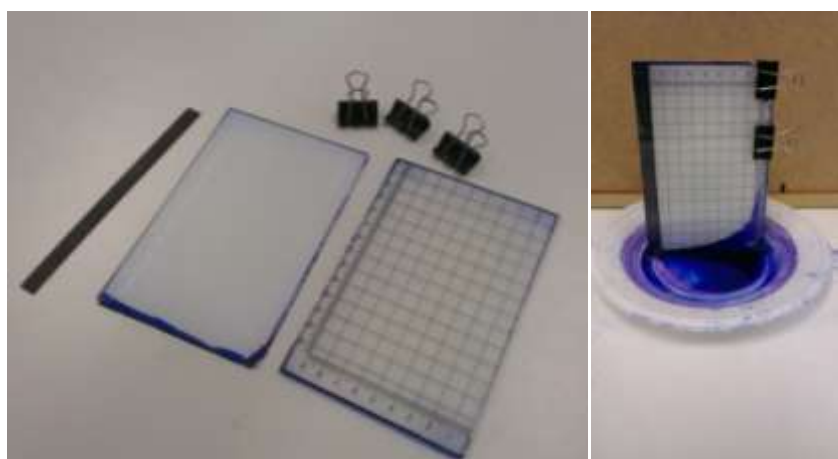
$$h = 1,4 \cdot 10^{-5} \frac{1}{r}$$

όπου τόσο η ακτίνα r όσο και το ύψος h μετριοούνται σε μέτρα. Επομένως, για ένα σωλήνα με ακτίνα $r=5$ cm τότε προκύπτει το νερό θα ανέλθει σε ύψος 0,28 mm ενώ όταν η ακτίνα γίνει 0,1 mm τότε το ύψος θα γίνει 14 cm!

Το πείραμα

Για να δείξουμε στην πράξη ότι το ύψος που θα ανέλθει το νερό είναι αντιστρόφως ανάλογο με την ακτίνα του σωλήνα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μία γυάλινη σφήνα η οποία μπορεί να σχηματιστεί εύκολα από τα υλικά που φαίνονται στην Εικόνα 1α: δύο γυάλινες πλάκες ενδεικτικών διαστάσεων 10 cm x 15 cm, ένα λάστιχο και 2-3 πιαστράκια που χρησιμοποιούνται για τη στερέωση κορνιζών. Τοποθετούμε το λάστιχο παράλληλα και πάνω στην άκρη της μίας μεγάλης πλευράς μιας εκ των γυάλινων πλακών. Η δεύτερη πλάκα τοποθετείται ακριβώς πάνω στην πρώτη και τα πιαστράκια χρησιμοποιούνται για να κρατήσουν τις δύο πλάκες ενωμένες. Η σφήνα που σχηματίζεται τοποθετείται κατακόρυφη σε ένα πιάτο γεμισμένο σε ύψος περίπου 0,5 cm με νερό βρύσης στο οποίο έχει διαλυθεί υδατοδιαλυτό μελάνι. Σε 2-3 λεπτά σχηματίζεται η καμπύλη (υπερβολή) που φαίνεται στην Εικόνα 1β: όσο πιο κοντά βρίσκονται οι δύο πλάκες (από τη μεριά που είναι τα πιαστράκια) τόσο πιο ψηλά ανεβαίνει το χρωματισμένο νερό. Αντίθετα, από την πλευρά που έχει τοποθετηθεί το λάστιχο, η μεταξύ τους απόσταση είναι μεγαλύτερη και το νερό ανεβαίνει σε μικρότερο ύψος.

Γενικεύοντας, υποστηρίζουμε στους μαθητές μας ότι αντίθετα με τη διαίσθηση των περισσότερων, το απλό αυτό πείραμα υποδεικνύει ότι στα ψηλά φυτά το σύστημα των σωλήνων που μεταφέρουν το νερό από το έδαφος είναι μικρότερης ακτίνας από ό,τι στα κοντά φυτά.



Εικόνα 1. (α) τα υλικά για να φτιαχτεί μία γυάλινη σφήνα, (β) το χρωματισμένο νερό ανεβαίνει στη σφήνα σχηματίζοντας μία υπερβολή

Η νόσος των δυτών

Διδάσκοντας το κεφάλαιο της αναπνοής στον άνθρωπο (Μαυρικάκη κ.ά., 2015, σελ. 86-92) έχει ενδιαφέρον να αναφερθούμε στη νόσο των δυτών.

Η νόσος δυτών οφείλεται στην παρουσία φυσαλίδων στους ιστούς του σώματος, από το αέριο άζωτο που προσλαμβάνεται κατά την αναπνοή από τον ατμοσφαιρικό αέρα και έχει διαλυθεί στο αίμα και στους ιστούς κατά τη διάρκεια μιας κατάδυσης. Η ποσότητα του αζώτου που διαλύεται στους

ιστούς του σώματος κατά τη διάρκεια μιας κατάδυσης εξαρτάται από το βάθος της κατάδυσης και τη διάρκεια της έκθεσης στο βάθος. Αν ωστόσο ο δύτης αναδυθεί γρήγορα τότε μπορούν να δημιουργηθούν φυσαλίδες αζώτου στους ιστούς του δύτη με πιθανά αποτελέσματα βλάβη ή παραμόρφωση ιστών από άμεση πίεση παρακείμενων ιστών ή/και απόφραξη αγγείων που οδηγεί σε ισχαιμία.

Το πείραμα

Για να προσομοιώσουμε τη βασική φυσική αρχή πίσω από τη νόσο των δυτών θα χρειαστούμε μία σύριγγα και ένα ποτήρι από αεριούχο αναψυκτικό π.χ. σόδα ή τόνικ. Το αναψυκτικό προτείνεται να έχει παραμείνει μερικές ώρες στο ποτήρι ώστε να έχει «ξεθυμάνει», να έχει χάσει δηλαδή αρκετό από το διαλυμένο μέσα σε αυτό CO₂. Σε αυτή την περίπτωση η όψη του θα μοιάζει με αυτή του νερού.

Από το ποτήρι με το αναψυκτικό προσροφούμε με τη σύριγγα υγρό μέχρι το μισό του όγκου της σύριγγας. Κλείνουμε το στόμιο της σύριγγας με το δάκτυλό μας και τραβάμε το έμβολό της. Παρατηρούμε ότι το υγρό γεμίζει με φυσαλίδες: η αύξηση του όγκου μείωσε την πίεση μέσα στη σύριγγα γεγονός που οδηγεί στη μείωση της διαλυτότητας του αερίου διοξειδίου του άνθρακα στο αναψυκτικό. Εξηγούμε ότι παρομοίως το διαλυμένο άζωτο μέσα στο αίμα και τους ιστούς απελευθερώνεται αν μειωθεί απότομα η εξωτερική πίεση προκαλώντας ό,τι είναι γνωστό ως νόσος των δυτών.

Γιατί οι αστροναύτες ψηλώνουν;

Οι πρώτοι αστροναύτες που επιχείρησαν διαστημικό περίπατο διαμαρτυρήθηκαν στη ΝΑΣΑ ότι οι διαστημικές στολές που χρησιμοποίησαν ήταν στενές. Οι αστροναύτες φαίνεται να ψηλώνουν κατά περίπου 1,5-2% του ύψους τους στην επιφάνεια της Γης. Γιατί;

Η σπονδυλική στήλη αποτελείται από σπονδύλους, ανάμεσα στους οποίους υπάρχουν ελαστικοί δίσκοι, οι μεσοσπονδύλιοι δίσκοι. Οι σπόνδυλοι τοποθετούνται ο ένας πάνω στον άλλο, σχηματίζοντας ένα σωλήνα, τον σπονδυλικό σωλήνα. Το σχήμα της σπονδυλικής στήλης και ο τρόπος άρθρωσης των σπονδύλων τη βοηθούν να συγκρατεί το βάρος του σώματος και να είναι ευλύγιστη.

Όμως οι αστροναύτες βιώνουν ό,τι είναι γνωστό ως συνθήκες έλλειψης βαρύτητας: λόγω της ελεύθερης πτώσης π.χ. του Διεθνούς Διαστημικού Σταθμού γύρω από τη Γη, δεν αισθάνονται την έλξη τους από τη Γη. Έτσι οι ελαστικοί μεσοσπονδύλιοι δίσκοι απελευθερωμένοι από το φορτίο του βάρους του ατόμου απομακρύνονται μεταξύ τους επιμηκύνοντας τη σπονδυλική στήλη και άρα το μετρούμενο ύψος του ατόμου.

Το πείραμα

Για να προσομοιώσουμε συνθήκες έλλειψης βαρύτητας ζητάμε από έναν μαθητή να ξαπλώσει στο πάτωμα της αίθουσας και μετράμε προσεκτικά το ύψος του. Με έκπληξη οι μαθητές διαπιστώνουν ότι η μέτρηση αυτή οδηγεί σε αποτέλεσμα μεγαλύτερο κατά μερικά εκατοστόμετρα σε σχέση με τη μέτρηση του όρθιου μαθητή. Καθώς η αύξηση του ύψους εξαρτάται από το αρχικό ύψος του όρθιου μαθητή τα αποτελέσματα είναι τόσο πιο εντυπωσιακά όσο ψηλότερος είναι ο μαθητής.

Γιατί δε βλέπουμε άστρα το μεσημέρι;

Υπάρχει ένας θρύλος, ο οποίος ανάγεται μέχρι τον Αριστοτέλη, σύμφωνα με τον οποίο μπορούμε να δούμε αστέρια στον μεσημεριανό ουρανό, φτάνει να βρεθούμε στο εσωτερικό μίας χαράδρας ή ενός πηγαδιού. Ο θρύλος αυτός, αφού καταγράφηκε ακόμη και σε βιβλία αστρονομίας προβεβλημένων αστρονόμων (Ball, 1892), έχει υιοθετηθεί από αρκετούς συγγραφείς με αποτέλεσμα να γνωρίζει ευρεία διάδοση.

Εύλογα τίθεται επομένως το ερώτημα: Είναι πράγματι δυνατό να παρατηρήσουμε αστέρια κατά τη διάρκεια της ημέρας, κι αν ναι, κάτω από ποιες συνθήκες; Το ερώτημα θα μπορούσε να τεθεί κατά τη διαπραγμάτευση ζητημάτων που αφορούν τη διδασκαλία της ερεθιστικότητας στο μάθημα της Βιολογίας.

Κατάδυση στο βασίλειο των κωνίων και των ραβδίων

Για να επιχειρήσουμε να κατανοήσουμε γιατί δεν βλέπουμε τα άστρα το μεσημέρι πρέπει καταρχάς να καταλάβουμε πώς βλέπουμε τα άστρα το βράδυ.

Όταν φως από ένα αντικείμενο διέλθει από το φακό του ματιού σχηματίζει το είδωλο του αντικειμένου στον αμφιβληστροειδή χιτώνα που βρίσκεται στο πίσω μέρος του ματιού. Εκεί ένα μωσαϊκό από φωτοευαίσθητους υποδοχείς, τα κωνία και τα ραβδία, συλλέγουν πληροφορίες σχετικά με τη φωτεινή ροή που προσπίπτει σε αυτά και τις μεταφέρουν στον εγκέφαλο.

Ένα αυτόματο σύστημα ενίσχυσης του ματιού μειώνει την ευαισθησία όταν το φως είναι έντονο, για παράδειγμα το πρωί, (ενεργοποίηση λειτουργίας των κωνίων) και την αυξάνει όταν το φως είναι αδύναμο, για παράδειγμα το βράδυ, (ενεργοποίηση λειτουργίας των ραβδίων στο σκοτάδι). Επιπλέον, το μάτι διαθέτει σύστημα κατάπνιξης του «θορύβου» χάρη στο οποίο εξομαλύνονται τυχαίες διακυμάνσεις της φωτεινότητας τόσο χρονικά όσο και τοπικά. Αυτό σημαίνει ότι προκειμένου να σταλεί πληροφορία στον εγκέφαλο από έναν φωτουποδοχέα (είτε κωνίο είτε ραβδί) θα πρέπει η διαφορά φωτεινής ροής ανάμεσα σε αυτόν και τους γειτονικούς φωτουποδοχείς να υπερβαίνει μία τιμή κατωφλίου. Διαφορετικά η πληροφορία διαγράφεται (Feynman, Leighton & Sands, 1964).

Επειδή ένα άστρο αποτελεί ουσιαστικά μία σημειακή φωτεινή πηγή, λόγω της μεγάλης του απόστασης από τη Γη, η φωτεινή ροή από αυτό διεγείρει έναν μόνο φωτουποδοχέα. (Λόγω της διαρκούς κίνησης της ατμόσφαιρας προκαλείται το φαινόμενο “seeing” που γίνεται αντιληπτό ως τρεμόσβημα των άστρων. Λόγω αυτού του φαινομένου, το οποίο μειώνεται σε μεγάλα υψόμετρα, η φωτεινή ροή από ένα άστρο διεγείρει στην πραγματικότητα περισσότερους από έναν φωτουποδοχείς. Το γεγονός αυτό θέτει κάποιους περιορισμούς στην παρακάτω διαπραγμάτευση, χωρίς ωστόσο να μεταβάλλει ουσιαστικά την ερμηνεία που ακολουθεί.) Πώς βλέπουμε επομένως ένα άστρο τη νύχτα ή, για την ακρίβεια, τι συμβαίνει όταν κοιτάμε προς την κατεύθυνση ενός άστρου τη νύχτα;

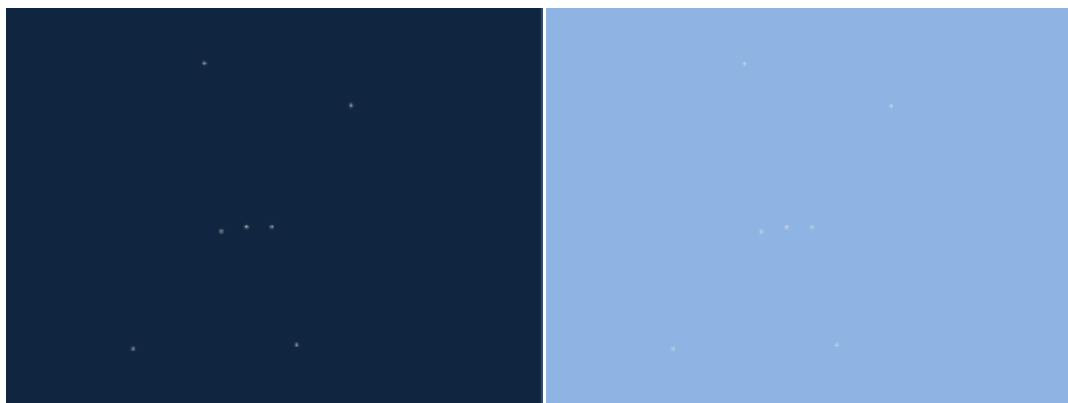
Φως από το άστρο διεγείρει έναν φωτουποδοχέα ενώ οι γειτονικοί φωτουποδοχείς παραμένουν ανενεργοί (Εικόνα 2α). Επειδή η φωτεινή ροή (αριθμός φωτονίων ανά δευτερόλεπτο) για το διεγερμένο υποδοχέα είναι πολύ μεγαλύτερη από την αντίστοιχη ροή που καταγράφουν οι γειτονικοί υποδοχείς (διαφορά φωτεινών ροών μεγαλύτερη από την τιμή κατωφλίου) η πληροφορία γίνεται αντιληπτή ως πραγματική και προωθείται στον εγκέφαλο: το άστρο είναι ορατό στο νυκτερινό ουρανό.

Αντίστοιχα, όταν κοιτάμε προς το ίδιο άστρο κατά τη διάρκεια της ημέρας το φως από το άστρο διεγείρει και πάλι έναν υποδοχέα, την ίδια στιγμή όμως και οι γειτονικοί υποδοχείς καταγράφουν φως που προέρχεται από τη σκέδαση του ηλιακού φωτός στην ατμόσφαιρα (Εικόνα 2β). Το πλεόνασμα φωτονίων που καταγράφει ο διεγερμένος από το φως του άστρου υποδοχέας σε σχέση με τους γειτονικούς είναι πλέον κάτω από την τιμή κατωφλίου και η πληροφορία αποσβένεται και δεν προωθείται στον εγκέφαλο, καθώς θεωρείται ως τυχαία διακύμανση: το άστρο είναι αόρατο στον πρωινό ουρανό.



Εικόνα 2. (α) Τη νύχτα, το φως από ένα άστρο διεγείρει έναν φωτουποδοχέα του οποίου οι γείτονες παραμένουν ανενεργοί. (β) Την ημέρα, το φως από ένα άστρο εξακολουθεί να διεγείρει έναν φωτουποδοχέα του οποίου όμως οι γείτονες συλλέγουν και αυτοί σκεδαζόμενο από την ατμόσφαιρα φως

Σχηματικά, το παραπάνω φαινόμενο αναπαριστάται στην Εικόνα 3. Παρατηρούμε πόσο πιο ευδιάκριτα είναι τα αστέρια που συνιστούν τον αστερισμό του Ωρίωνα στην αριστερή εικόνα (προσομοίωση νυχτερινού ουρανού) σε σχέση με τη δεξιά εικόνα (προσομοίωση ουρανού την αυγή).



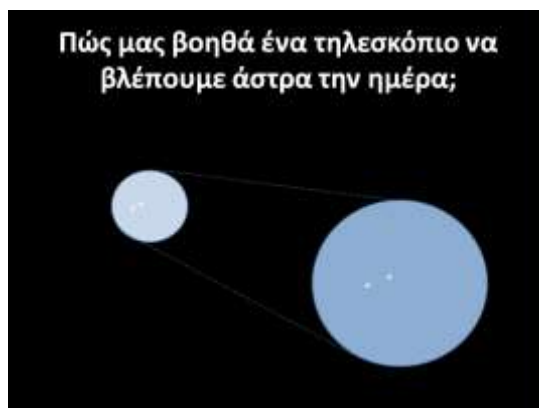
Εικόνα 3. Δύο στιγμιότυπα του τμήματος του ουρανού που απεικονίζει τον αστερισμό του Ωρίωνα. Μολονότι η φωτεινότητα των αστεριών είναι η ίδια και στα δύο στιγμιότυπα, τα αστέρια είναι πιο ευδιάκριτα στο αριστερό στιγμιότυπο (προσομοίωση βραδινού ουρανού) από ό,τι στο δεξί (προσομοίωση ουρανού την αυγή)

Συμπερασματικά, ένα άστρο μπορεί καταρχήν να είναι οριακά ορατό την ημέρα μόνο όταν η φωτεινή ροή του είναι οριακά συγκρίσιμη (δηλαδή έχει οριακά μεγαλύτερη τιμή σε σχέση με την τιμή κατωφλίου) με εκείνη που προέρχεται από ένα κομμάτι ουρανού που διεγείρει έναν μόνο φωτουποδοχέα (κωνίο, κατά τη διάρκεια της ημέρας). Το γωνιακό άνοιγμα αυτού του κομματιού ουρανού, το οποίο διεγείρει έναν μόνο φωτουποδοχέα, είναι γνωστό ως διακριτική ικανότητα του ματιού και ισούται περίπου με ένα πρώτο λεπτό της μοίρας, αν προς στιγμή δεν ληφθεί υπόψη το φαινόμενο “seeing” ή η παρατήρηση γίνεται από μεγάλο υψόμετρο (Shu, 1990).

Ο ρόλος του τηλεσκοπίου

Με δεδομένα ότι α. ένα άστρο διεγείρει έναν φωτουποδοχέα, β. για να είναι ορατό το άστρο πρέπει η φωτεινή ροή σε αυτόν τον υποδοχέα να είναι μεγαλύτερη κατά μία τιμή κατωφλίου από τη ροή των γειτονικών φωτουποδοχέων, και γ. κατά τη διάρκεια της ημέρας δεν ισχύει η τελευταία προϋπόθεση, τίθεται το ερώτημα αν μπορούμε με κάποιον τρόπο να «ξεγελάσουμε» το μηχανισμό της όρασης και να δούμε αστέρια στο μεσημεριανό ουρανό.

Πράγματι, παρατηρησιακοί αστρονόμοι (Cruz, 1993) διατείνονται ότι μπορούμε να δούμε άστρα ακόμη και το μεσημέρι αρκεί να χρησιμοποιήσουμε έστω κι ένα μικρό τηλεσκόπιο και λίγο-πολύ να γνωρίζουμε σε ποιο σημείο του ουρανού είναι το άστρο που θέλουμε να δούμε. Πώς όμως ένα τηλεσκόπιο μας επιτρέπει να βλέπουμε άστρα την ημέρα;



Εικόνα 4. Ένα τηλεσκόπιο μεγαλώνει τη διακριτική ικανότητα του ματιού ενώ ταυτόχρονα μειώνει τη λαμπρότητα του ουρανού

Ένα τηλεσκόπιο συλλέγει περισσότερο φως από ό,τι το μάτι μας, γιατί έχει μεγαλύτερη συλλεκτική επιφάνεια (αντικειμενικό φακό ή κάτοπτρο). Η φωτεινή ροή που συλλέγεται αυξάνεται, σε σχέση με το γυμνό μάτι, περίπου κατά παράγοντα A , όπου:

$$A = \text{εμβαδό αντικειμενικού φακού (ή κατόπτρου)} / \text{εμβαδό κόρης ματιού}$$

Ταυτόχρονα, το τηλεσκόπιο αυξάνει τη διακριτική ικανότητα του ματιού μας λόγω της μεγέθυνσης που προκαλεί (ένας φωτουποδοχέας διεγείρεται από μικρότερο κομμάτι του ουρανού). Όμως, όταν το τηλεσκόπιο πετυχαίνει μεγέθυνση κατά παράγοντα M τότε η παρατηρούμενη λαμπρότητα μειώνεται κατά παράγοντα M^2 (Εικόνα 4) καθώς το φως που συλλέγεται μοιράζεται σε μεγαλύτερη επιφάνεια (Αυγολούπης & Σειραδάκης, 1987).

Συνεπώς, ο υποδοχέας του ματιού που ενεργοποιείται από το φως του άστρου που βλέπουμε μέσα από το τηλεσκόπιο, ο οποίος υποδοχέας εξακολουθεί να είναι ένας αφού ακόμη και με το μεγαλύτερο τηλεσκόπιο τα άστρα εμφανίζονται ως σημειακές φωτεινές πηγές, συλλέγει περισσότερα φωτόνια σε σχέση με την παρατήρηση του ίδιου άστρου με γυμνό μάτι. Βέβαια, περισσότερα φωτόνια, κατά παράγοντα A , συλλέγονται και από το περιβάλλον κομμάτι ουρανού. Ωστόσο, λόγω της μεγέθυνσης το τηλεσκόπιο προβάλλει το ίδιο κομμάτι ουρανού σε μεγαλύτερο πλήθος γειτονικών κωνίων με αποτέλεσμα το καθένα γειτονικό κωνίο να συλλέγει τελικά λιγότερο φως σε σχέση με την παρατήρηση του ουρανού με γυμνό μάτι (Surdin, 1994). Η διαφορά ανάμεσα στις φωτεινές ροές του κωνίου που διεγείρεται από το άστρο και των γειτονικών του ξεπερνάει την τιμή κατωφλίου και το άστρο καθίσταται ορατό (Εικόνα 5).



Εικόνα 5. Το τηλεσκόπιο προβάλλει το ίδιο κομμάτι ουρανού (αριστερά) σε μεγαλύτερο πλήθος κωνίων (δεξιά) με αποτέλεσμα το κάθε κωνίο να συλλέγει πλέον λιγότερο φως τη στιγμή που το φως του άστρου εξακολουθεί να διεγείρει ένα μόλις κωνίο.

Το πείραμα: υδραυλική προσομοίωση του μηχανισμού της όρασης και η βελτίωση που προσφέρει το τηλεσκόπιο

Τα υλικά που απαιτούνται για αυτό τα πείραμα είναι: μία πλαστική θήκη από σοκολατένια αυγά 4x6 θέσεων, νερό, υδατοδιαλυτό χρώμα, ένας ψεκαστήρας, ένας ογκομετρικός σωλήνας

Βήμα 1. Διαλύουμε το υδατοδιαλυτό χρώμα στο νερό. Ρίχνουμε σε ένα συγκεκριμένο «κελί» της θήκης 30 ml χρωματισμένου νερού. Ψεκάζουμε με τον ψεκαστήρα μερικές φορές τυχαία προς όλα τα κελιά της θήκης χρωματισμένο νερό. Τοποθετούμε τη θήκη στο πάτωμα και την κοιτάμε από ψηλά. Μπορείτε να διακρίνετε το κελί στο οποίο τοποθετήσαμε το χρωματιστό νερό;

Βήμα 2. Έχοντας διατηρήσει το χρωματιστό νερό στο προηγούμενο κελί, συμπληρώνουμε τέσσερα γειτονικά κελιά με χρωματιστό νερό όγκου 25 ml το καθένα. Τοποθετούμε και πάλι τη θήκη στο πάτωμα. Μπορείτε να διακρίνετε εύκολα το αρχικό κελί στο οποίο τοποθετήσαμε το χρωματιστό νερό;

Βήμα 3. Προσθέτουμε στο αρχικό κελί χρωματιστό νερό ώστε ο συνολικός του όγκος να γίνει 60 ml, δηλαδή διπλάσιος από τον αρχικό. Μοιράζουμε 200 ml νερού σε δεκαέξι γειτονικά κελιά, δηλαδή κάθε κελί θα δεχτεί το μισό νερό σε σχέση με το νερό που είχαν προηγουμένως τα 4 γειτονικά κελιά (περίπου 12,5 ml). Τοποθετούμε τη θήκη στο πάτωμα και την κοιτάζουμε από ψηλά. Μπορείτε να διακρίνετε εύκολα το αρχικό κελί στο οποίο τοποθετήσαμε το χρωματιστό νερό;

Ερμηνεία

Στο βήμα 1 προσομοιώθηκε η λειτουργία ενός μέρους των φωτοϋποδοχέων του αμφιβληστροειδούς (πλαστική θήκη) κατά τη διάρκεια της νύχτας. Ένας φωτοϋποδοχέας (ένα κελί) διεγείρεται από τη φωτεινή ροή (χρωματιστό νερό) ενός άστρου. Το λιγιστό σκεδαζόμενο φως (νερό από τον ψεκαστήρα) διεγείρει ελάχιστα τα γειτονικά ραβδία και ο εγκέφαλος αντιλαμβάνεται την παρουσία του άστρου στον νυκτερινό ουρανό (διακρίνετε εύκολα το κελί με το χρωματιστό νερό όταν η θήκη τοποθετείται στο πάτωμα).

Στο βήμα 2 προσομοιώθηκε η λειτουργία ενός μέρους του αμφιβληστροειδούς κατά τη διάρκεια της μέρας. Πέρα από το φως από το άστρο (νερό στο αρχικό κελί) καταγράφεται και σκεδαζόμενο ηλιακό φως από την ατμόσφαιρα, το οποίο διεγείρει τους γειτονικούς φωτοϋποδοχείς. Μολονότι το αρχικό κωνίο προσλαμβάνει ελαφρώς περισσότερο φως από τα γειτονικά κωνία, η μικρή διαφορά θεωρείται τυχαία διακύμανση από τον εγκέφαλο και διαγράφεται.

Στο βήμα 3 προσομοιώθηκε η λειτουργία ενός μέρους του αμφιβληστροειδούς κατά τη διάρκεια της μέρας ενώ χρησιμοποιείται τηλεσκόπιο. Θεωρώντας ότι το τηλεσκόπιο συλλέγει διπλάσια ποσότητα φωτός από το μάτι χρησιμοποιήθηκε διπλάσια ποσότητα νερού για να γεμίσει το αρχικό κελί, επειδή θεωρείται ότι το άστρο εξακολουθεί να διεγείρει ένα μόνο κωνίο. Αντίστοιχα, αντί για τα 100 ml που γέμισαν τα τέσσερα κελιά αρχικά, χρησιμοποιήθηκαν 200 ml νερού τα οποία όμως γέμισαν αντί για 4, 16 κελιά (4^2). Πράγματι, αν θεωρήσουμε ότι το τηλεσκόπιο οδήγησε σε διπλασιασμό της μεγέθυνσης η ενεργός λαμπρότητα του ουρανού, μολονότι μεγαλύτερη, μοιράζεται σε διπλάσια επιφάνεια. Το αρχικό κελί διαθέτει πλέον σημαντικά περισσότερο νερό από τα γειτονικά (τετραπλάσιο) και επομένως είναι εύκολα διακριτό. Ο εγκέφαλος μπορεί να διακρίνει αστέρια στον μεσημεριανό ουρανό.

Αναφορές

- Ball, R. (1892). *Star-land: being talks with young people about the wonders of the heavens*. Cambridge University Press (Virtual Publishing), 2011.
- Cruz, R. (1992). *Sky & Telescope*, vol. 85, 2 February 1993, pp 112.
- Feynman, R., Leighton, R. & Sands, M. (1964). *The Feynman Lectures on Physics*. Vol. I, pp. 36_9-36_11.
- Shu, F. (1990). *Αστροφυσική. Δομή και εξέλιξη του Σύμπαντος. Τόμος I*. ΠΕΚ.
- Surdin, V. (1994). Οπτική για ουρανοβάμονες. *Quantum*, τόμος 1, τεύχος 4.
- Αυγολούπης, Σ., Σειραδάκης Ι. (1987). *Παρατηρησιακή Αστρονομία*. ΑΠΘ, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων.
- ΥΠ.Π.Ε.Θ. (2016). *Υποχρεωτικές εργαστηριακές δραστηριότητες μαθημάτων Φυσικών Επιστημών στα Γυμνάσια, Γενικά Λύκεια και ΕΠΑ.Λ. για το σχολικό έτος 2015-2016*. Αρ. πρωτ. Φ3/10848/Δ4/ 25-01-2016/Δ/νση Σ.Π.Ο.Ε.Δ.Ε./ΥΠ.Π.Ε.Θ.
- Μαυρικάκη, Ε., Γκούβρα, Μ. & Καμπούρη Α. (2015). *Βιολογία Α' Γυμνασίου*. Διεύθυνση Εκδόσεων/Ι.Τ.Υ.Ε. «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ».
- Cosialls, A., Lombardo, L., Luyten, J., Pierratos, T., Recour, M. (2009). *Σημειώσεις μαθημάτων «Ταξιδέψτε τους μαθητές σας στο Διάστημα»*. ESA. Διαθέσιμο σε 7 γλώσσες. Η ελληνική έκδοση είναι διαθέσιμη στη διεύθυνση http://esamultimedia.esa.int/docs/hsf/les-2/ESAbooklet_Greek.pdf

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Εργαστηριακές ασκήσεις Χημείας Λυκείου με καθημερινά υλικά

Αναστασία Γκιγκούδη
Χημικός, Υπεύθυνη Ε.Κ.Φ.Ε. Τούμπας
tgigoudi@hotmail.com

Περίληψη

Πληθώρα εργαστηριακών μεθόδων μάς επιτρέπει πλέον να ανιχνεύουμε, να ταυτοποιούμε αλλά και να προσδιορίζουμε τη συγκέντρωση μεγάλου αριθμού ουσιών. Παρόλα αυτά, σε πολλές από αυτές τις μεθόδους απαιτούνται υλικά που συχνά είναι δύσκολο να βρεθούν σε μη εξειδικευμένα περιβάλλοντα, όπως τα σχολικά εργαστήρια. Για την επίλυση αυτού του προβλήματος, τα τελευταία χρόνια έχει προταθεί ένας αριθμός νέων μεθόδων βασισμένων εξολοκλήρου σε υλικά καθημερινής χρήσης (π.χ. τρόφιμα, καθαριστικά). Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τρεις εργαστηριακές δραστηριότητες οι οποίες βασίζονται σε παραλλαγές τέτοιων μεθόδων. Οι δραστηριότητες αυτές καλύπτουν ένα μεγάλο αριθμό διδακτικών ενοτήτων από το μάθημα της Χημείας, ενώ γίνεται εκτενής αναφορά στις τεχνικές λεπτομέρειες που αφορούν τη διεξαγωγή τους σε σχολικά περιβάλλοντα.

Λέξεις κλειδιά: Χημεία, πειράματα, υλικά καθημερινής χρήσης

Εισαγωγή

Τα υλικά καθημερινής χρήσης αποτελούν άριστα «υλικά» για να εφαρμόσουμε επιστημονικές μεθόδους και πρακτικές και δεν υπολείπονται καθόλου από τις ουσίες που υπάρχουν σε ένα χημικό εργαστήριο. Ο μαθητής πειραματιζόμενος με τέτοιου είδους υλικά αντιλαμβάνεται ότι η επιστήμη λειτουργεί παντού και όχι μόνο στα βιβλία και τα επιστημονικά εργαστήρια. Αυτό διαπιστώθηκε όταν πραγματοποιήθηκαν εργαστηριακές δραστηριότητες στις οποίες τα υλικά αυτά χρησιμοποιήθηκαν ως βασικά αντιδραστήρια.

Τα πλεονεκτήματα, όταν χρησιμοποιούνται υλικά καθημερινής χρήσης σε εργαστηριακές δραστηριότητες Χημείας είναι αρκετά (Κουμαράς κ.ά., 2000):

- Είναι συνήθως άμεσα διαθέσιμα
- Έχουν μικρό κόστος
- Κάποια είναι λιγότερο επικίνδυνα από αντίστοιχα εργαστηριακά υλικά
- Διεγείρουν το ενδιαφέρον του μαθητή
- Δημιουργούν θετική στάση απέναντι στο μάθημα της Χημείας
- Συμβάλλουν στη σύνδεση των μαθητών με την καθημερινή ζωή

Οι ασκήσεις που θα παρουσιαστούν είναι:

- Η σόδα πλύσης σε ρόλο ανιχνευτή
- Στοιχειομετρικοί υπολογισμοί σε αντίδραση παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα
- Ανάπτυξη μεθόδου για ταυτοποίηση διογκωτικού της κουζίνας

Οι δύο πρώτες πειραματικές δραστηριότητες εφαρμόστηκαν στον τοπικό διαγωνισμό πειραμάτων EUSO το 2014 και 2015 αντίστοιχα, στην Διεύθυνση Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Ανατολικής Θεσσαλονίκης, ενώ η τρίτη παρουσιάστηκε σε διημερίδα του 2^{ου} Πειραματικού ΓΕ.Λ. Θεσσαλονίκης με θέμα: «Χημεία και Τρόφιμα» το 2014.

Πρώτη εργαστηριακή άσκηση- Η σόδα πλύσης σε ρόλο ανιχνευτή

Εισαγωγή

Στην πρώτη εργαστηριακή άσκηση παρασκευάζεται ένα διάλυμα σόδας πλύσης και κατόπιν με τη χρήση αυτού του διαλύματος ανιχνεύεται το περιεχόμενο τριών άλλων διαλυμάτων. Τα διαλύματα περιέχουν συγκεκριμένες ουσίες, αλλά δε γνωρίζουμε σε ποιο από τα δοχεία περιέχεται η καθεμιά. Οι πειραματικές δοκιμασίες θα δώσουν διαφορετικό αποτέλεσμα σε κάθε δοχείο. Το θεωρητικό υπόβαθρο που απαιτείται για να εκτιμήσει κάποιος τα αποτελέσματα των δοκιμασιών είναι αυτό της

Χημείας της Α' Λυκείου. Τα κεφάλαια που εμπλέκονται είναι: Ιδιότητες οξέων και βάσεων, δείκτες, αντιδράσεις διπλής αντικατάστασης. Ο πειραματιζόμενος θα καταγράψει τι παρατηρεί σε κάθε δοκιμασία και κατόπιν θα προσπαθήσει, στηριζόμενος στις θεωρητικές γνώσεις του, να ταυτοποιήσει το περιεχόμενο του κάθε διαλύματος ερμηνεύοντας τις παρατηρήσεις του. Έτσι στην αναφορά του δεν θα γράψει μόνο τι περιέχει το κάθε δοχείο αλλά και πώς κατέληξε σε αυτό το συμπέρασμα.

Υλικά και όργανα που απαιτούνται

Πίνακας 1. Όργανα και υλικά που απαιτούνται για την πρώτη εργαστηριακή άσκηση

| Συσκευές, όργανα και σκεύη | Υλικά, αντιδραστήρια |
|---|---------------------------------|
| Υδροβολέας | Σόδα πλύσης |
| Ποτήρι ζέσεως | Απιονισμένο νερό (σε υδροβολέα) |
| 3 δοκιμαστικοί σωλήνες Α, Β, Γ με «άγνωστη» ουσία | Διάλυμα φαινολοφθαλεΐνης (Α) |
| Βάση στήριξης δοκιμαστικών σωλήνων | Διάλυμα νιτρικού βαρίου (Β) |
| Πλαστικό κουτάλι | Διάλυμα θεικού οξέος (Γ) |

Διαδικασίες

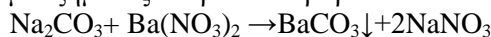
- Παρασκευάζεται διάλυμα σόδας πλύσης στο ποτήρι ζέσεως.
- Προστίθενται στο δοκιμαστικό σωλήνα Α η άγνωστη ουσία Α (διάλυμα φαινολοφθαλεΐνης), στο Β η άγνωστη ουσία Β (διάλυμα νιτρικού βαρίου) και στο Γ η άγνωστη ουσία Γ (διάλυμα θεικού οξέος) (Εικόνα 1α).
- Προστίθεται σε κάθε δοκιμαστικό σωλήνα Α, Β, και Γ μικρή ποσότητα του διαλύματος σόδας πλύσης.
- Καταγράφονται οι μεταβολές που παρατηρούνται (Εικόνα 1β).
- Επιχειρείται η ερμηνεία των παρατηρήσεων.



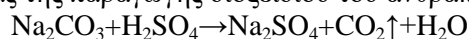
Εικόνα 1. (α). τα υλικά του πειράματος, (β) τα τρία διαλύματα μετά την προσθήκη σόδας πλύσιματος.

Η ερμηνεία των παρατηρήσεων

Η σόδα πλύσης περιέχει άλας του ανθρακικού νατρίου. Όταν προστεθεί στο διάλυμα της φαινολοφθαλεΐνης αυτό χρωματίζεται κόκκινο, επειδή το διάλυμα του ανθρακικού νατρίου είναι αλκαλικό. Όταν στο διαυγές διάλυμα του νιτρικού βαρίου προτεθεί το διάλυμα του ανθρακικού νατρίου, τότε παρατηρείται θόλωμα. Το ανθρακικό βάριο που σχηματίζεται είναι δυσδιάλυτο και το θόλωμα οφείλεται στο σχηματισμό ιζήματος ανθρακικού βαρίου.



Τέλος, όταν διάλυμα ανθρακικού νατρίου προστεθεί σε διάλυμα θεικού οξέος παρατηρείται σχηματισμός φυσαλίδων, εξαιτίας της παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα.



Δεύτερη εργαστηριακή άσκηση-Μελέτη της στοιχειομετρίας της αντίδρασης μεταξύ μαγειρικής σόδας και ξινού

Εισαγωγή

Στη δραστηριότητα αυτή ζυγίζονται συγκεκριμένες ποσότητες σόδας και ξινού και προστίθεται συγκεκριμένη ποσότητα απιονισμένου νερού ώστε να αντιδράσουν οι ουσίες αυτές μεταξύ τους (Εικόνα 2α). Κατόπιν, με υπολογισμούς, βρίσκεται ποια από τις δύο ουσίες είναι σε περίσσεια, γίνεται πρόβλεψη της μάζας του αερίου διοξειδίου του άνθρακα που θα παραχθεί, συγκρίνεται με τη μάζα του αερίου που παράγεται πειραματικά και τέλος υπολογίζεται το κόστος παραγωγής συγκεκριμένης ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα με τη συγκεκριμένη μέθοδο.

Υλικά και όργανα που απαιτούνται

Πίνακας 2. Όργανα και υλικά που απαιτούνται για τη δεύτερη εργαστηριακή άσκηση

| Συσκευές, όργανα και σκεύη | Υλικά, αντιδραστήρια |
|--|---------------------------------|
| Ζυγός | Ξινό (Α) |
| Υδροβολέας | Μαγειρική σόδα (Β) |
| Ποτήρια ζέσεως των 100 και 250 mL | Απιονισμένο νερό (σε υδροβολέα) |
| Ογκομετρικός κύλινδρος ή σιφώνιο των 10 mL | |
| Πουάρ τριών βαλβίδων | |
| Πλαστικό κουτάλι | |

Διαδικασίες

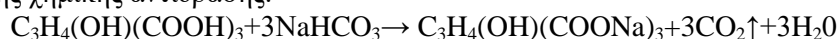
- Σε ποτήρι ζέσεως των 250 mL προστίθενται περίπου 4 έως 4,5 g ουσίας Α (ξινό).
- Στο ίδιο ποτήρι προστίθενται περίπου 6 έως 6,5 g ουσίας Β (μαγειρική σόδα).
- Στο ίδιο ποτήρι προστίθεται 10 mL απιονισμένου νερού του οποίου έχει μετρηθεί η μάζα (Εικόνα 2β).
- Μετά από 10 λεπτά ζυγίζεται το ποτήρι ζέσεως με το περιεχόμενό του



Εικόνα 2. (α) τα απαιτούμενα όργανα και υλικά, (β) εκτέλεση της πειραματικής διαδικασίας

Η ερμηνεία των παρατηρήσεων

Στο πείραμα αυτό αντιδρά το ξινό, το οποίο είναι κιτρικό οξύ, και η μαγειρική σόδα, που είναι όξινο ανθρακικό νάτριο, και παράγεται διοξείδιο του άνθρακα. Όπως προκύπτει από τη στοιχειομετρία της χημικής αντίδρασης:



τα 48g της ουσίας Α αντιδρούν με 63 g της ουσίας Β και παράγουν 33 g αερίου. Η απώλεια μάζας που παρατηρείται μετά την ολοκλήρωση της χημικής αντίδρασης οφείλεται στην έκλυση του αερίου.

Τρίτη εργαστηριακή άσκηση-Ανάπτυξη μεθόδου για ταυτοποίηση διογκωτικού της κουζίνας

Εισαγωγή

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στη μαγειρική και τη ζαχαροπλαστική μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο διδασκαλίας στο μάθημα της Χημείας. Τα διογκωτικά είναι ουσίες που προσθέτουμε στις ζύμες για να αυξηθεί ο όγκος τους και οι ιδιότητες τους μπορούν να μελετηθούν στο εργαστήριο.

Στη δραστηριότητα αυτή θα γίνει προσπάθεια να αναπτυχθεί μία μέθοδος ταυτοποίησης διογκωτικής ουσίας με απλά μέσα και αντιδραστήρια. Διαθέτουμε 4 είδη γνωστών διογκωτικών (μαγειρική σόδα, Baking powder, “αμμωνία”, μαγιά), άχρωμο ξύδι, βάμμα ιωδίου και διάλυμα γαλαζόπετρας. Το αποτέλεσμα της αντίδρασης καθενός διογκωτικού με καθένα από τα τρία αντιδραστήρια εξαρτάται από τη χημική του σύσταση.

Υλικά και όργανα που απαιτούνται

Πίνακας 3. Όργανα και υλικά που απαιτούνται για την τρίτη εργαστηριακή άσκηση

| Σκεύη | Ουσίες-αντιδραστήρια |
|------------------------------------|----------------------|
| Βάση στήριξης δοκιμαστικών σωλήνων | Μαγειρική σόδα |
| 12 δοκιμαστικοί σωλήνες | Baking powder |
| Σταγονομετρικά φιαλίδια | “Αμμωνία” |
| Πλαστικό κουτάλι | Ξηρή μαγιά |
| | Άχρωμο ξύδι |
| | Βάμμα ιωδίου |
| | Διάλυμα γαλαζόπετρας |

Δραστηριότητες

- Σε τρεις δοκιμαστικούς σωλήνες προστίθεται μικρή ποσότητα από ένα είδος διογκωτικού. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για όλα τα διογκωτικά, οπότε προκύπτουν 12 συνολικά δοκιμαστικοί σωλήνες.
- Προστίθενται 2 σταγόνες από καθένα αντιδραστήριο (άχρωμο ξύδι, βάμμα ιωδίου, διάλυμα γαλαζόπετρας) σε καθένα από τους 3 σωλήνες που περιέχουν το ίδιο διογκωτικό.
- Καταγράφονται οι παρατηρήσεις των μεταβολών σε κάθε σωλήνα χρησιμοποιώντας τις λέξεις: έντονος, μέτριος ή χαμηλός αφρισμός, παραγωγή ουσίας με συγκεκριμένο χρώμα.
- Με βάση τις παρατηρήσεις αυτές επιχειρείται η ταυτοποίηση ενός από τα διογκωτικά το οποίο «βρέθηκε στο ντουλάπι της κουζίνας χωρίς ετικέτα».

Η ερμηνεία των παρατηρήσεων

Τα διογκωτικά της κουζίνας είναι ουσίες που απελευθερώνουν αέριο κατά την αντίδρασή τους με κάποιο όξινο συστατικό ή κατά την προσθήκη νερού. Οι φυσαλίδες του αερίου διογκώνονται κατά τη θέρμανση με αποτέλεσμα την αύξηση όγκου του παρασκευάσματος (Manthey, 2002). Η μαγειρική σόδα περιέχει όξινο ανθρακικό νάτριο ενώ το baking powder είναι μίγμα όξινου ανθρακικού νατρίου με όξινες ουσίες, όπως τρυγικό ή φωσφορικό οξύ ή ενώσεις του αργιλίου. Στο baking powder συνυπάρχει μικρή ποσότητα αμύλου που χρησιμεύει ως αφυγραντικός παράγοντας. Η «αμμωνία» είναι στην πραγματικότητα όξινο ανθρακικό αμμώνιο και τέλος η ξηρή μαγιά περιέχει μύκητες της οικογένειας *Saccharomyces Cerevisiae*, οι οποίοι πολλαπλασιάζονται προκαλώντας ζύμωση κατά την οποία παράγεται διοξείδιο του άνθρακα. Τα τρία πρώτα διογκωτικά χαρακτηρίζονται ως χημικά ενώ η μαγιά ως βιολογικό διογκωτικό (Pop, 2007).

Κατά την προσθήκη οξέος πχ ξύδι παρατηρείται αφρισμός στα χημικά διογκωτικά εξαιτίας της παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα. Όταν προσθέσουμε βάμμα ιωδίου το baking powder δίνει ένα σκουρόχρωμο ίζημα επειδή περιέχει άμυλο. Τέλος η «αμμωνία» με την επίδραση διαλύματος γαλαζόπετρας δίνει ένα έντονο κυανό χρώμα που οφείλεται στο σχηματισμό συμπλόκου (ΕΚΠΑ, 2016).

Αναφορές

- Manthey's Baking Page (2002). <http://www.orbitals.com/self/leaven/index.html>. Ημερομηνία προσπέλασης: Φεβρουάριος 2016
- Pop, G. (2007). Researches regarding the chemical leavening agents' role in quality of bakery products. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies, Volume XIII, No.1* (105-112)
- ΕΚΠΑ, (2002). *Αντιδράσεις κατιόντων, Χαλκός*. http://www.chem.uoa.gr/quali/quali_C02_Cu.htm. Ημερομηνία προσπέλασης: Φεβρουάριος 2016
- Κουμαράς, Π., Βασιλοπούλου, Μ., Λευκοπούλου, Σ. (2000). *Πειράματα Φυσικών Επιστημών με υλικά καθημερινής χρήσης*. Θεσσαλονίκη: ΟΕΔΒ

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Συνεδρία Π5

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Ο Όμιλος των Μικρών Πειραματιστών

Κωνσταντίνος Καράμπελας

Δάσκαλος, 2ο Πειραματικό Δημοτικό Σχολείο Πόλεως Ρόδου

kkarampelas@aegean.gr

Περίληψη

Η εργασία αυτή αποτελεί μια έρευνα που εξετάζει τη δυνατότητα καλλιέργειας δεξιοτήτων πειραματικού σχεδιασμού σε μαθητές δημοτικού σχολείου. Το πείραμα και ο σχεδιασμός πειράματος αποτελούν βασικά στοιχεία στη σύγχρονη θεώρηση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, καθώς μέσα από αυτά, οι μαθητές κατανοούν τον τρόπο με τον οποίο οικοδομείται η νέα γνώση και απαντώνται επιστημονικά ερωτήματα. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε μαθητές δημοτικού σχολείου, που λειτουργεί ο Όμιλος Φυσικών Επιστημών, ο οποίος απαρτίζεται από μαθητές που έχουν κλίση στο συγκεκριμένο μάθημα. Ο συγκεκριμένος όμιλος λειτουργεί στο σχολείο της έρευνας για τρία χρόνια. Οι 42 συνολικά μαθητές που έχουν συμμετάσχει στον Όμιλο ενεπλάκησαν σε δράσεις σχεδιασμού πειράματος. Μέσα από μια ποιοτική έρευνα, εξετάστηκε κατά πόσο οι συμμετέχοντες κατανόησαν και προσδιόρισαν βασικές παραμέτρους σχεδιασμού ενός πειράματος. Αυτές είναι ο εντοπισμός μεταβλητών, η διατύπωση υπόθεσης και ο προσδιορισμός των μετρήσεων που συσχετίζονται με το πείραμα. Τα αποτελέσματα ήταν γενικά ενθαρρυντικά. Ωστόσο, υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης.

Λέξεις κλειδιά: Πειραματικός Σχεδιασμός, Δημοτικό Σχολείο, Ταλαντούχα και χαρισματικά παιδιά

Εισαγωγή

Η σύγχρονη θεώρηση της Διδακτικής Φυσικών Επιστημών, ορίζει επιστημονικές πρακτικές στις οποίες οφείλει η διδασκαλία να εστιάζεται: 1) Διατύπωση ερωτήσεων και εντοπισμός προβλημάτων, 2) ανάπτυξη και εφαρμογή μοντέλων, 3) σχεδιασμός και υλοποίηση έρευνας, 4) ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, 5) χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, 6) οικοδόμηση εξηγήσεων και σχεδιασμός λύσεων, 7) ανταλλαγή τεκμηριωμένων ιδεών μέσω διαλόγου και 8) συλλογή, αποτίμηση και ανταλλαγή πληροφοριών (NGSS, 2013).

Οι συγκεκριμένες πρακτικές επιδιώκουν και επιδιώκονται από την καλλιέργεια της επιστημονικής σκέψης στους μαθητές. Η θεώρηση αυτή επιδιώκει να αποφύγει τον περιορισμό της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών σε απλή απομνημόνευση εννοιών, φαινομένων και πληροφοριών. Η καλλιέργεια επιστημονικής σκέψης είναι μια σύνθετη και πολύπλοκη διαδικασία. Στη βιβλιογραφία και έρευνα, έχουν διατυπωθεί διαφορετικές απόψεις σχετικά με τα στοιχεία που προϋποθέτει. Όλες οι πλευρές ωστόσο, υποστηρίζουν πως επιτυγχάνεται μέσα από την οικοδόμηση και κατανόηση εννοιών, την ανάπτυξη δεξιοτήτων, τη εξοικείωση με μεθοδολογικές διαδικασίες και την υιοθέτηση στάσεων. Παράλληλα, βασικό στοιχείο είναι και η κατανόηση της ύπαρξης σχέσεων ανάμεσα σε έννοιες και φαινόμενα.

Έχουν περιγραφεί τρία διαφορετικά στάδια μέσα από τα οποία εξελίσσεται η επιστημονική σκέψη στους μαθητές. Το πρώτο στάδιο είναι της στρατηγικής (strategic). Στο επίπεδο αυτό, γίνονται κατανοητή η επιρροή και η σχέση που μπορεί να έχει ένα φαινόμενο σε ένα άλλο, όπως για παράδειγμα η σχέση της ποσότητας διαλυμένης ουσίας με τη δυνατότητα του διαλύτη να τη διαλύσει. Το δεύτερο στάδιο της μετα-στρατηγικής (metastrategic), περιλαμβάνει βαθύτερη εξοικείωση με τη φύση της Επιστημονικής γνώσης. Στο στάδιο αυτό, οι μαθητές κατανοούν ότι η γνώση δεν είναι κάτι στατικό που υπάρχει στη φύση από μόνο του. Αναγνωρίζουν ότι είναι δυναμική, εξελίσσεται καθώς και ότι είναι προϊόν ομαδικής, ερευνητικής προσπάθειας. Τέλος, στο τρίτο στάδιο, της επιστημολογίας (epistemology), οι μαθητές είναι ικανοί να συμμετέχουν σε συζήτηση και ανταλλαγή ιδεών ή απόψεων, γύρω από επιστημονικά θέματα και προβλήματα, βασισμένα σε γνώσεις, θεωρία και διαφορετικά δεδομένα (Kuhn et al, 2008). Η διδασκαλία που εξυπηρετεί αυτή τη μετάβαση, από το στάδιο της στρατηγικής, στην μετα-στρατηγικής και της επιστημολογίας, καλλιεργεί την επιστημονική σκέψη στους μαθητές (Kuhn et al, 2008).

Το πείραμα στη διδασκαλία Φυσικών Επιστημών

Η σημασία του πειραματισμού

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών βασίζεται, σε μεγάλο βαθμό, στην καλλιέργεια δεξιοτήτων. Τέτοιες είναι η παρατήρησης, η καταμέτρησης, η διατύπωσης υποθέσεων, ο έλεγχος υποθέσεων και ο πειραματισμός. Η καλλιέργεια του πειραματισμού και γενικότερα του σχεδιασμού πειράματος (experimental design) αποτελεί βασικό στόχο του γνωστικού αντικείμενου των Φυσικών Επιστημών (NGSS, 2013).

Βασικός στόχος ενός πειράματος, είναι να προσδιορίσει τη σχέση ανάμεσα σε φαινόμενα ή έννοιες, έτσι ώστε να δώσει απάντηση σε προκαθορισμένο, διατυπωμένο επιστημονικό ερώτημα. Εντάσσοντας το πείραμα σε μια διδακτική παρέμβαση, δίνεται στους μαθητές η ευκαιρία να παρακολουθήσουν, να γνωρίσουν την επιστημονική μέθοδο, οικοδόμησης γνώσης, με αώτερο στόχο να την υιοθετήσουν. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην παρατήρηση, την υπόθεση, τον πειραματισμό, την απόδειξη, τον έλεγχο της υπόθεσης και τελικά στη διατύπωση του συμπεράσματος, που αποτελεί την αποδεκτή επιστημονικά γνώση (Ryu & Sandoval, 2012).

Η γνωριμία των μαθητών με την πειραματική διαδικασία και το σχεδιασμό πειράματος είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα το γνωστικό αντικείμενο των Φυσικών Επιστημών και να προσεγγίσει περισσότερο κριτικά, τη γνώση, την έρευνα και γενικά την εξέλιξη της έρευνας στο χώρο αυτό.

Ωστόσο, αποτελεί μια πολύ σημαντική πρόκληση για τους εκπαιδευτικούς. Η διδασκαλία σχεδιασμού πειραμάτων προϋποθέτει την εξοικείωση των μαθητευόμενων με κανόνες που πρέπει να ακολουθούνται σε κάθε πειραματική δραστηριότητα. Οι κανόνες αυτοί είναι αρκετά σύνθετοι και πολύπλοκοι. Η εξοικείωση αυτή, γίνεται με την κατάκτηση των γνώσεων αλλά και με την καλλιέργεια συγκεκριμένων δεξιοτήτων και στάσεων, σχετικά με την πειραματική διαδικασία. Όλα αυτά είναι δύσκολο να κατακτηθούν όταν η διδασκαλία του σχεδιασμού πειράματος περιορίζεται κυρίως σε μια θεωρητική προσέγγιση. Απαιτείται διαρκής πρακτική εξάσκηση των μαθητών με την πειραματική διαδικασία, ώστε να κατανοήσουν καλύτερα τη χρησιμότητα και τη φύση της (Stafford et al, 2010).

Τα βασικά σημεία του σχεδιασμού πειράματος

Κατά το σχεδιασμό του πειράματος είναι απαραίτητο να προσδιοριστούν ορισμένες βασικές παράμετροι, που αφορούν τη σημασία, τη διαδικασία το πλαίσιο και τη γενικότερη εξέλιξη του πειράματος.

Αρχικά πρέπει να γίνει προσδιορισμός των μεταβλητών. Ως μεταβλητή μπορεί να οριστεί κάθε παράγοντας που συσχετίζεται με ένα πείραμα ή ένα επιστημονικό ερώτημα και μπορεί να αλλάξει, όπως μάζα, όγκος, χρόνος, ποσότητα ενός συγκεκριμένου υλικού, υγρασία, θερμοκρασία. Στο σχεδιασμό ενός πειράματος που εξετάζει κατά πόσο το φως επηρεάζει την ανάπτυξη των φυτών, μεταβλητές που μπορεί να εμπλέκονται είναι η ένταση του φωτός και κάθε παράμετρος που υποδηλώνει ανάπτυξη του φυτού, όπως μέγεθος, χρονική διάρκεια αλλαγής μεγέθους, χρώμα φύλλων (Cutting & Kelly, 2014).

Σε κάθε πείραμα πρέπει να υπάρχει μια ανεξάρτητη μεταβλητή (independent variable). Η μεταβλητή αυτή είναι ένας παράγοντας που αλλάζει αυτόνομα ή όπως ορίζει η ομάδα ατόμων που υλοποιεί το πείραμα. Στο παράδειγμα του πειράματος που εξετάζει κατά πόσο το φως επηρεάζει την ανάπτυξη των φυτών, ανεξάρτητη μεταβλητή είναι το φως ή η ένταση φωτός.

Το πείραμα αποτελεί μια προσπάθεια διαπίστωσης του τρόπου με τον οποίο η ανεξάρτητη επηρεάζει μια άλλη μεταβλητή, την εξαρτημένη (dependent variable). Στο πείραμα του παραδείγματος η αλλαγή στο μέγεθος του φυτού μπορεί να είναι η εξαρτημένη μεταβλητή. Το πείραμα σχεδιάζεται, εκτελείται ομαλά και έχει περισσότερο έγκυρα αποτελέσματα, όταν έχει καθοριστεί μια ανεξάρτητη και μια εξαρτημένη μεταβλητή. Η προσέγγιση και η χρήση της ανεξάρτητης αλλά και της ανεξάρτητης μεταβλητής θέλει προσοχή (Cutting & Kelly, 2014).

Στο πείραμα, θα πρέπει να δοθούν διαφορετικές τιμές της πρώτης, ώστε να μελετηθεί η εξέλιξη της δεύτερης και να καθοριστεί η σχέση μεταξύ τους. Είναι δηλαδή απαραίτητο να εξεταστεί ο τρόπος με τον οποίο αλλάζει η εξαρτημένη μεταβλητή ανάλογα με τις αλλαγές της ανεξάρτητης. Ανάλογα με τις συνθήκες είναι απαραίτητο να επαναληφθεί το πείραμα αρκετές φορές, δίνοντας ή υπολογίζοντας διαφορετική τιμή στην ανεξάρτητη μεταβλητή, ώστε να διερευνηθεί η τιμή της εξαρτημένης κάθε φορά. Για το λόγο αυτό πρέπει, να μετρηθούν οι μεταβλητές αυτές. Η μέτρησή τους μπορεί να γίνει με

αριθμούς, ποσοτικά. Ανάλογα όμως με τις συνθήκες που γίνεται το πείραμα και τους διαθέσιμους πόρους, μπορεί να γίνει και ποσοτικά, δηλαδή με διαβαθμίσεις όπως ‘λίγο φως’, ‘έντονο φως’. Είναι πολλές φορές χρήσιμο να οριστεί και μια συγκεκριμένη τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής ως ‘συνηθισμένη’ ή ‘φυσιολογική’ (Cothorn et al, 2000).

Η επανάληψη του πειράματος με διαφορετικές δοκιμές (repeated trials) θεωρείται πως οδηγεί σε πιο έγκυρα αποτελέσματα. Στην περίπτωση του πειράματος που εξετάζει τη σχέση του φωτός με την ανάπτυξη του φυτού, δοκιμές θα μπορούσαν να γίνουν αφήνοντας ίδια φυτά να μεγαλώσουν σε διαφορετικές συνθήκες έντασης φωτός. Ο αριθμός των διαφορετικών δοκιμών εξαρτάται από τις δυνατότητες και το γενικότερο πλαίσιο που πραγματοποιείται το πείραμα.

Υπάρχουν βέβαια και άλλοι παράγοντες που μπορεί να επηρεάζουν το φαινόμενο που εξετάζει το πείραμα, οι οποίοι χρειάζεται να μείνουν σταθεροί. Στο πείραμα του παραδείγματος, τέτοιοι παράγοντες μπορεί να είναι η θερμοκρασία δωματίου, το είδος του φυτού, η υγρασία. Αυτοί ονομάζονται ελεγχόμενες ή σταθερές μεταβλητές (controlled variables) ή αλλιώς σταθερές (constants).

Φυσικά, ένας παράγοντας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάποιο πείραμα ως ανεξάρτητη, εξαρτημένη ή ελεγχόμενη μεταβλητή, ανάλογα με το πλαίσιο ή το ερώτημα που επιχειρεί το πείραμα να απαντήσει (Foulds & Rowe, 1996; Cutting & Kelly, 2014).

Εκτός από τις μεταβλητές, σημαντική παράμετρος στο σχεδιασμό αλλά και στην εκτέλεση πειράματος είναι και η διατύπωση υπόθεσης. Η υπόθεση, που οφείλει να είναι διατυπωμένη και συγκροτημένη, μπορεί να χρησιμεύσει στον προσανατολισμό της πειραματικής διαδικασίας, για το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα. Βοηθά τους μαθητές να εστιάσουν την προσοχή τους στις σχέσεις που θέλει να εξετάσει η πειραματική διαδικασία. Η διατύπωση της υπόθεσης μπορεί να πιστοποιήσει κατά πόσο οι μαθητές έχουν κατανοήσει ποιες είναι οι μεταβλητές και ποιος ο ανώτερος στόχος της πειραματικής διαδικασίας. Επίσης, με τη διατύπωση της υπόθεσης, παρουσιάζονται συγκροτημένες οι ιδέες και αντιλήψεις των μαθητών πάνω στο θέμα και το φαινόμενο που εξετάζει το πείραμα. Αυτές οι ιδέες χρησιμεύουν ως θεμέλιο για την οικοδόμηση της γνώσης. Αντιπαραθέτοντας την υπόθεση του πειράματος με τα αποτελέσματά του, τα παιδιά περνούν από τη φάση της ‘κοινωνιογνωστικής σύγκρουσης’, που θα τους βοηθήσει να υιοθετήσουν την επιστημονικά αποδεκτή γνώση και να απορρίψουν τυχόν λάθος ιδέες και αντιλήψεις (Driver et al, 1996).

Σχεδιασμός πειράματος από παιδιά

Η παιδαγωγική προσέγγιση της διδασκαλίας Φυσικών Επιστημών μέσα από την έρευνα για την οικοδόμηση της γνώσης, βασίζεται σε συγκεκριμένες φάσεις. Η πρώτη αποτελεί τον προσδιορισμό του ερευνητικού ερωτήματος. Η δεύτερη είναι η διατύπωση της υπόθεσης. Η τρίτη φάση είναι ο σχεδιασμός του πειράματος, ο προσδιορισμός και η υλοποίηση του σχεδίου καθώς και της διαδικασίας. Η τελευταία φάση αφορά τη συλλογή και ερμηνεία δεδομένων και πληροφοριών. Οι γνώσεις, δεξιότητες και στάσεις που αναπτύσσονται, καλλιεργούνται στο μάθημα, οφείλουν να είναι προσανατολισμένες προς τις παραπάνω φάσεις (Girault et al, 2012).

Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο, η σύγχρονη θεώρηση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών δεν περιορίζεται στην υλοποίηση προσχεδιασμένων δράσεων για την οικοδόμηση της γνώσης. Υποστηρίζεται παράλληλα και η χρησιμότητα δράσεων όπως ο σχεδιασμός πειράματος από τους ίδιους τους μαθητές. Συγκεκριμένα, μέσα από τη συγκεκριμένη διαδικασία του σχεδιασμού, οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να καλλιεργήσουν και να αναπτύξουν δεξιότητες όπως είναι η κριτική τους σκέψη και να επιλύσουν προβλήματα επιστημονικής φύσεως, με καινοτόμες προσεγγίσεις. Αυτό βοηθά σημαντικά την επίδοσή τους και την ανάπτυξη θετικών στάσεων προς το συγκεκριμένο χώρο (Ross & Robinson, 1987).

Η ανάληψη της ευθύνης για σχεδιασμό πειράματος από τους μαθητές, αποτελεί μια ευκαιρία για τους μαθητές να ασχοληθούν με δημιουργικό τρόπο με τη γενικότερη επιστημονική μεθοδολογία, έρευνα, ανταλλαγή απόψεων και επιχειρημάτων. Όλες αυτές οι παράμετροι είναι αναπόσπαστα στοιχεία της επιστημονικής γνώσης και εργασίας. Επιπλέον, βοηθά τους μαθητές να αναγνωρίσουν ότι ο βασικός στόχος του πειράματος είναι ο προσδιορισμός σχέσεων και η απάντηση σε επιστημονικά ερωτήματα. Συνοπτικά, η ενασχόληση με το σχεδιασμό πειράματος, σε βάθος, βοηθά τους μαθητές να οικοδομήσουν γνώση, να μάθουν για τη γνώση και να εξασκηθούν στην επιστημονική δουλειά με δημιουργικό τρόπο (Ryu & Sandoval, 2012).

Οι Chin και Malhotra (2002), ορίζουν συγκεκριμένες διαδικασίες τις οποίες πρέπει να ακολουθήσει ο μαθητής, για το σχεδιασμό του πειράματος, στα πρότυπα της προσέγγισης που

ακολουθεί και ο επιστήμονας-ερευνητής. Αρχικά, γίνεται ο προσδιορισμός του ερωτήματος. Στη συνέχεια επιλέγονται η ανεξάρτητη και η εξαρτημένη μεταβλητή, καθώς και οι σταθερές μεταβλητές. Ακολουθεί η περιγραφή και αποσαφήνιση της διαδικασίας του πειράματος με σκοπό να διατυπωθεί η υπόθεση. Τέλος, γίνεται ο σχεδιασμός των μετρήσεων. Με βάση αυτά θα γίνει αργότερα, μετά την εκτέλεση του πειράματος, η παρατήρηση, η συλλογή δεδομένων, η γενίκευση και η οικοδόμηση γνώσης. Αυτή η πορεία είναι συμβατή και με τις γενικότερες διαδικασίες σχεδιασμού του πειράματος (Cothorn et al, 2000; Cutting & Kelly, 2014). Αποτελεί το βασικό κριτήριο αξιολόγησης της εξοικείωσης των μαθητών με την επιστημολογική προσέγγιση της γνώσης (Chin & Malhotra, 2002).

Προκλήσεις στο σχεδιασμό πειράματος από μαθητές

Η διδασκαλία σχεδιασμού πειράματος σε μαθητές όμως δεν είναι εύκολη διαδικασία. Η βασικότερη δυσκολία πηγάζει από τη γενικότερη κουλτούρα και αντίληψη για τη σχολική μάθηση και τους στόχους της διδασκαλίας, τόσο σε γενικό επίπεδο, όσο και ειδικά στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών. Η γενικότερη αυτή κουλτούρα ορίζει έμμεσα ότι οι μαθητές είναι υποχρεωμένοι να μάθουν συγκεκριμένες γνώσεις, καθορισμένες ως αποδεκτές. Ακόμα και οι πειραματικές διαδικασίες που περιέχονται σε σχολικά βιβλία ή προγράμματα σπουδών, είναι προσανατολισμένες προς τις συγκεκριμένες γνώσεις. Αυτοσκοπός είναι οι γνώσεις αυτές και όχι η καλλιέργεια επιστημονικού συλλογισμού, ο σχεδιασμός πειράματος, η γνωριμία με την επιστημονική σκέψη και έρευνα. Με άλλα λόγια, το πρόγραμμα σπουδών δίνει έμφαση κυρίως στις γνώσεις και όχι σε δεξιότητες ή στάσεις και άλλα στοιχεία που αποτελούν θεμέλια για την ικανότητα σχεδιασμού πειράματος από τους μαθητές (Ross & Robinson, 1987).

Η υπέρβαση του συγκεκριμένου εμποδίου γίνεται μέσα από κατάλληλες διδακτικές παρεμβάσεις. Οι παρεμβάσεις αυτές πρέπει να εστιάζονται στην καλλιέργεια των δεξιοτήτων και εφοδίων που χρειάζεται ένας μαθητής για να μπορέσει να εμπλακεί σε μια διαδικασία επιστημονικής σκέψης και σχεδιασμού πειράματος. Στα πλαίσια των παρεμβάσεων αυτών, γίνεται παρουσίαση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών που έχει το πείραμα και η επιστημονική σκέψη, καθώς και με ενεργό συμμετοχή των μαθητών σε ανάλογες δράσεις. Επίσης, γίνεται ανάπτυξη σχετικών δεξιοτήτων γλωσσικών γραπτών ή προφορικών. Παράλληλα, επιχειρείται και προώθηση της συνεργασίας. Ακόμα και τέτοιες δράσεις όμως δεν έχουν πάντα τα απαιτούμενα αποτελέσματα. Απαιτούν χρόνο και άλλου είδους υποδομές, όπως χώρους και σχετικό εκπαιδευτικό υλικό. Είναι δύσκολο να ενταχθούν σε ένα δομημένο και καθιερωμένο εκπαιδευτικό πρόγραμμα και πλαίσιο, ώστε να διδάσκονται παράλληλα με αυτό (Ryu & Sandoval, 2012).

Οι Ross και Robinson (1987), τόνισαν ότι ιδιαίτερη σημασία έχει η σύνταξη και η εφαρμογή κανόνων, που βοηθούν τους μαθητές να παρακολουθούν αλλά και να διατυπώνουν ιδέες και σκέψεις για την εξέλιξη μιας επιστημονικής πειραματικής διαδικασίας. Οι κανόνες αυτοί διαμορφώνονται ανάλογα με τους μαθητές αλλά και το γενικότερο σκοπό και πλαίσιο του μαθήματος. Στην περίπτωση των πειραμάτων ένας απλός κανόνας που προτείνεται είναι γνωστός ως το μοντέλο '2 x 2'. Σύμφωνα με αυτόν, το πρόβλημα, το επιστημονικό ερώτημα, πρέπει να απλοποιείται, έτσι ώστε να εξετάζονται κάθε φορά δύο διαφορετικές μεταβλητές, με δύο τιμές. Ο συγκεκριμένος κανόνας οδηγεί σε αποσαφήνιση του προβλήματος και τον συσχετισμό του με πειραματική διαδικασία. Άλλος κανόνας μπορεί να είναι η σύνταξη ενός γενικού σχεδίου που να καταγράφει στάδια του πειραματισμού όπως εξεύρεση υλικών, διατύπωση υπόθεσης και καταγραφή παρατήρησης. Οποσδήποτε η σύνταξη κανόνων και η εφαρμογή τους δε γίνεται εύκολα.

Γενικά, λοιπόν η διδασκαλία της πειραματικής διαδικασίας όπως και γενικότερα της επιστημονικής σκέψης πρέπει να εστιάζεται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της, στην καλλιέργεια ποικίλων δεξιοτήτων και στην σύνταξη κανόνων. Η προσέγγιση αυτή έχει αποδειχθεί ότι βοηθάει, χωρίς όμως να εγγυάται επιτυχές αποτέλεσμα (Ross & Robinson, 1987; Ryu & Sandoval, 2012).

Το πλαίσιο έρευνας

Ο όμιλος Φυσικών Επιστημών

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας, επιχειρήθηκε η εξοικείωση μαθητών με το σχεδιασμό πειράματος. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε παιδιά δημοτικού σχολείου. Τα παιδιά αυτά ήταν μέλη του Ομίλου Φυσικών Επιστημών. Οι όμιλοι αποτελούν ένα καινοτόμο θεσμό, που εφαρμόζεται στα

Πειραματικά Σχολεία της Ελλάδας και αφορά παιδιά που έχουν κοινά ιδιαίτερα ενδιαφέροντα ή κλίση σε ένα συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο (Νόμος 3966/2011).

Ο Όμιλος Φυσικών Επιστημών, σχεδιάστηκε και λειτουργεί βασισμένος σε δύο άξονες. Ο πρώτος είναι οι αρχές και θεωρίες της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Ο δεύτερος είναι οι αρχές και θεωρίες της εκπαίδευσης ταλαντούχων και χαρισματικών παιδιών.

Η έννοια του ταλέντου και του ταλαντούχου και χαρισματικού παιδιού είναι δύσκολο να οριστεί συγκεκριμένα, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία. Η Rinn (2012), υποστηρίζει ότι τα χαρισματικά παιδιά γενικά, διακρίνονται για χαρακτηριστικά τους όπως είναι το κίνητρο, η διάθεση για πειραματισμό και διερεύνηση, η πρόθεση για συνεργατική δουλειά, για αντιμετώπιση προκλήσεων και για εμβάθυνση στο αντικείμενο του ταλέντου τους γενικά.

Η διδακτική παρέμβαση που απευθύνεται σε τέτοια παιδιά, πρέπει να προωθεί τις απαραίτητες γνώσεις, δεξιότητες και στάσεις που θα τα βοηθήσουν να επιλύσουν προβλήματα και να αποκτήσουν τη φιλοδοξία να ασχοληθούν στο μέλλον με το χώρο ή το γνωστικό αντικείμενο που έχουν ταλέντο ή χάρισμα, όπως μπορεί να είναι οι Φυσικές Επιστήμες. Επιπλέον, θα τους εμπνεύσουν τη φιλοδοξία να συνεισφέρουν στο χώρο αυτόν. Είναι σημαντικό τα παιδιά αυτά να μην περιοριστούν στις γνώσεις ή δεξιότητες που θα αποκομίσουν από τη διδακτική παρέμβαση. Είναι ζητούμενο να αποκτήσουν και την αυτοπεποίθηση ότι μπορούν και τα ίδια αυτές τις γνώσεις να τις εμπλουτίσουν (Subotnik et al, 2011; Rinn, 2012; Ziegler et al, 2012).

Οι λόγοι για τους οποίους ο Όμιλος Φυσικών Επιστημών θεωρήθηκε ότι είναι κατάλληλο πλαίσιο για τη συγκεκριμένη έρευνα ήταν δύο. Ο πρώτος ήταν ότι δράσεις όπως ο σχεδιασμός πειράματος, ταίριαζαν στις αρχές και πρακτικές που αφορούν ταλαντούχα και χαρισματικά παιδιά, καθώς εστιάζεται στην ανάπτυξη δεξιοτήτων και στάσεων που αφορούν την περαιτέρω έρευνα πάνω στα φυσικά φαινόμενα (Girault et al, 2012; Ryu & Sandoval, 2012). Ο δεύτερος λόγος ήταν ότι στα πλαίσια του Ομίλου παρέχεται ευελιξία στον εκπαιδευτικό να επιλέξει την προσέγγιση, τους στόχους, τα θέματα που θα διδαχθούν και τις επιμέρους παιδαγωγικές δράσεις που θα υλοποιηθούν. Δεν υπάρχει κάποιο προκαθορισμένο, αυστηρό πρόγραμμα σπουδών που πρέπει να ακολουθηθεί. Ο εκπαιδευτικός αποφασίζει ποιο θα είναι το περιεχόμενο του ομίλου, ποιες θα είναι οι δράσεις. Αυτά όλα περιγράφονται και τεκμηριώνονται σε πρόταση σχεδιασμού, που υποβάλλεται στην Διοικούσα Επιτροπή των Προτύπων και Πειραματικών Σχολείων και αξιολογούνται. Με την έγκριση της επιτροπής αυτής συγκροτείται και αρχίζει να λειτουργεί ο Όμιλος (Νόμος 3966/2011).

Στο σχολείο που πραγματοποιείται η έρευνα, ο Όμιλος Φυσικών Επιστημών, λειτουργεί τις χρονιές 2013-2014, 2014-2015 και 2015-2016. Συνολικά, οι μαθητές που έχουν συμμετάσχει στον όμιλο στα τρία χρόνια της λειτουργίας είναι 42. Ήταν μαθητές της Ε' και Στ' τάξης.

Όπως ορίζει τόσο η νομοθεσία, όσο και η βιβλιογραφία, η συμμετοχή στον Όμιλο είναι εθελοντική. Η συμμετοχή γίνεται με αίτηση του παιδιού που επιθυμεί να συμμετέχει καθώς και του γονέα του, που υποβάλλεται στην αρχή του σχολικού έτους. Προβλέπεται επίσης, μια πρώτη αξιολόγηση των μαθητών, που βοηθά στην παρατήρηση της προόδου τους, σε ότι αφορά τις δράσεις, τις γνώσεις, τις δεξιότητες και τα θέματα που διαπραγματεύεται ο όμιλος (Νόμος 3966/2011; Rinn, 2012).

Οι δράσεις σχεδιασμού πειράματος

Οι μαθητές του Ομίλου λοιπόν, κλήθηκαν να σχεδιάσουν πειράματα. Τα θέματα και οι ενότητες των συγκεκριμένων πειραμάτων, ήταν σχετικές με τα κεφάλαια του Προγράμματος Σπουδών των Φυσικών Επιστημών στο Δημοτικό Σχολείο (ΔΕΠΠΣ, 2003). Σ' αυτή την πρώτη φάση γνωριμίας των παιδιών με το σχεδιασμό πειράματος, το επιστημονικό ερώτημα που θα διαπραγματευόταν η πειραματική διαδικασία, παρουσιάστηκε στα παιδιά ύστερα από εισαγωγική συζήτηση μαζί τους, στην αρχή του μαθήματος. Παράδειγμα ερώτησης για σχεδιασμό πειράματος, από το κεφάλαιο των μιγμάτων, ήταν: 'Ξέρουμε από το μάθημα, ότι η ποσότητα της ουσίας, που μπορεί να διαλυθεί σε ένα διαλύτη, εξαρτάται από τη φύση της ουσίας, την ποσότητα και τη θερμοκρασία του διαλύτη. Εξαρτάται όμως και από τη φύση του διαλύτη;' Σε κάποιες άλλες περιπτώσεις ζητήθηκε από τα παιδιά να ανακατασκευάσουν πειράματα, που είχαν δει. Τέτοιο παράδειγμα ήταν: 'Τι πείραμα μπορούμε να σχεδιάσουμε, ώστε να αποδείξουμε ότι η θερμότητα στα στερεά μεταδίδεται με αγωγή;'

Πριν αρχίσουν τα παιδιά να εμπλέκονται σε δραστηριότητες σχεδιασμού πειράματος, είχε γίνει συζήτηση μαζί τους για τη φύση του πειράματος στις Φυσικές Επιστήμες, τις διαδικασίες και την πορεία που ακολουθούνται. Δόθηκε έμφαση στην κατανόηση από την πλευρά των παιδιών, ότι το πείραμα αποσκοπεί στην διαπίστωση σχέσεων ανάμεσα σε έννοιες. Έτσι, θα ήταν σε θέση τα παιδιά

να αναγνωρίζουν σε κάθε πείραμα την ανεξάρτητη, την εξαρτημένη μεταβλητή και τις σταθερές μεταβλητές. Δόθηκε επίσης, προσοχή στην αναγνώριση της σημασίας της διατύπωσης υπόθεσης. Επιπλέον, εξηγήθηκε ότι σημαντικό είναι να προσδιοριστούν και οι μετρήσεις που πρέπει να γίνουν. Με τα εφόδια αυτά, θα μπορούσαν να διατυπώνουν το στόχο του συγκεκριμένου πειράματος, να επιλέξουν απαραίτητα υλικά και έτσι να ολοκληρώσουν την περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας (Ross & Robinson, 1987; Cothorn et al, 2000; Chin & Malhotra, 2002; Ryu & Sandoval, 2012; Cutting & Kelly, 2014).

Οι ερευνητικές ερωτήσεις

Ο σχεδιασμός πειράματος από τα παιδιά είναι ιδιαίτερα σημαντικός στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Αποτελεί όμως μια πολυσύνθετη και δύσκολη διαδικασία. Σε ένα πείραμα πρέπει να διευκρινίζεται από την αρχή το ερώτημα που πρόκειται να απαντηθεί. Σχετικά με αυτό, πρέπει να προσδιοριστούν οι μεταβλητές του πειράματος και να διευκρινισθεί ποια είναι η ανεξάρτητη μεταβλητή, ποια η εξαρτημένη και ποιες είναι οι σταθερές ή ελεγχόμενες. Ιδιαίτερη σημασία έχει και η διατύπωση της υπόθεσης, που βοηθάει την ομαλό και συντονισμένο σχεδιασμό της διαδικασίας. Παράλληλα, πρέπει να προσδιοριστεί και το είδος των μετρήσεων καθώς και ο τρόπος που θα γίνουν. Τα παιδιά επομένως που καλούνται να σχεδιάσουν πειράματα, πρέπει να τα κατανοήσουν αυτά. Σ' αυτό μπορούν να βοηθήσουν κανόνες σύνταξης του πειράματος που τονίζουν χωριστά τα βασικά σημεία του σχεδιασμού (Ross & Robinson, 1987; Cothorn et al, 2000; Chin & Malhotra, 2002; Ryu & Sandoval, 2012; Cutting & Kelly, 2014).

Η απάντηση στο γενικότερο ερώτημα της συγκεκριμένης εργασίας, αν τα παιδιά της έρευνας έλαβαν τα απαραίτητα εφόδια για να σχεδιάσουν πειράματα, θα προσδιοριστεί διαπιστώνοντας εάν τα παιδιά αντεπεξέρχονται στις απαιτήσεις και τα στοιχεία που προϋποθέτει η επιτυχής σχεδιασμός πειράματος. Στις επιμέρους ερωτήσεις έρευνας που πρέπει να εξεταστεί εάν τα παιδιά ικανοποιούν τις βασικές παραμέτρους του πειραματικού σχεδιασμού (Foulds & Rowe, 1996). Οι ερωτήσεις αυτές επομένως, διαμορφώνονται ως εξής: 1) Προσδιόρισαν τα παιδιά τις μεταβλητές του πειράματος; 2) Διατύπωσαν υπόθεση για το πείραμα; 3) Διευκρίνισαν πώς θα κάνουν τις μετρήσεις;

Μεθοδολογία Έρευνας

Η συγκεκριμένη έρευνα είναι περισσότερο ποιοτική, καθώς επιχειρεί να μελετήσει συμπεριφορές ατόμων σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο και όχι τόσο να επιβεβαιώσει στατιστικά μια προδιατυπωμένη υπόθεση. Τα δεδομένα και οι πληροφορίες που θα αξιοποιηθούν για ανάλυση στην ποιοτική έρευνα μπορεί να προέλθουν από συνεντεύξεις, ερωτηματολόγια, εργασίες ή σημειώσεις, βιογραφίες ή παρατηρήσεις. Η επιλογή των κατάλληλων τεχνικών συλλογής δεδομένων εξαρτάται από τη φύση και τις ερωτήσεις της έρευνας (Cohen et al, 2011). Για τη συγκεκριμένη εργασία, τα δεδομένα προήλθαν τρεις τεχνικές. Συγκεκριμένα συγκεντρώθηκαν δεδομένα από ανάλυση των εργασιών σχεδιασμού πειράματος των παιδιών. Επίσης, έγιναν συνεντεύξεις με παιδιά του ομίλου, κυρίως ομαδικές, και παρατηρήσεις των διδακτικών παρεμβάσεων.

Ειδικά για τις συνεντεύξεις, που ήταν ημιδομημένες, υπήρχε ένας οδηγός. Για να απαντηθεί το πρώτο ερώτημα, στις συνεντεύξεις, έγιναν ερωτήσεις που αφορούσαν την κατανόηση και τον προσδιορισμό των μεταβλητών στο πείραμα που σχεδιάζοταν. Τέτοιες ήταν ερωτήσεις όπως 'Τι ακριβώς εξετάζουμε;', 'Ποιες έννοιες θέλουμε να μελετήσουμε;', 'Έχουν σχέση;', 'Επηρεάζει η μία την άλλη; Πώς;', 'Τι θα αλλάζουμε, τι θα κρατήσουμε σταθερό;'

Για να απαντηθεί το δεύτερο ερώτημα, στον οδηγό συνέντευξης υπήρχαν ερωτήσεις που αφορούσαν τη διατύπωση υπόθεσης. Παράδειγμα τέτοιων ερωτήσεων ήταν, 'Τι περιμένεις ότι θα γίνει στο πείραμα;', 'Γιατί νομίζεις ότι θα συμβεί αυτό;', 'Τι θα έπρεπε να αλλάζουμε για να έχουμε άλλο αποτέλεσμα;'

Τέλος, για να απαντηθεί το τρίτο ερώτημα, στον οδηγό υπήρχαν ερωτήσεις που αφορούσαν τις μετρήσεις και τον τρόπο καταγραφής. Τέτοιες ήταν, 'πώς θα βρούμε τι σχέση έχουν οι έννοιες που εξετάζουμε;', 'πώς θα δούμε αν η μία έννοια επηρεάζει την άλλη;', 'θα καταγράψουμε κάτι;' (Foulds & Rowe, 1996).

Συνδυάζοντας τις απαντήσεις στις συνεντεύξεις, με τις εργασίες και τις παρατηρήσεις, έγινε τριγωνοποίηση των πληροφοριών, που οδηγεί σε περισσότερο έγκυρα αποτελέσματα (Cohen et al, 2011).

Αποτελέσματα

1ο ερευνητικό ερώτημα

Τα αποτελέσματα της έρευνας για το πρώτο ερευνητικό ερώτημα, ήταν ενθαρρυντικά. Τα παιδιά μπόρεσαν σε κάθε ερευνητικό ερώτημα αρχικά να προσδιορίσουν τις σχετικές έννοιες και να εντοπίσουν τις μεταβλητές που θα διαπραγματευτεί το πείραμα που θα σχεδιάζαν. Παρουσιάστηκαν μεμονωμένες δυσκολίες σε ορισμένες πειραματικές διαδικασίες, στην επιλογή της εξαρτημένης και ανεξάρτητης μεταβλητής. Δηλαδή, υπήρχαν περιπτώσεις που τα παιδιά χρειάστηκαν χρόνο για να κατανοήσουν εξηγήσουν ποια έννοια επηρεάζει και επηρεάζεται, ποια έννοια είναι εκείνη που θα ελέγξουν και θα ρυθμίσουν τα ίδια και ποια είναι που πρέπει να μελετήσουν πώς αλλάζει. Υπήρχε επίσης μια δυσκολία στον προσδιορισμό των σταθερών μεταβλητών. Ορισμένες φορές δυσκολεύονταν να διαπιστώσουν ή να εξηγήσουν γιατί ορισμένες παράμετροι έπρεπε να παραμείνουν σταθερές. Επίσης, αρκετές φορές επηρεασμένα από άλλες πειραματικές διαδικασίες, θεωρούσαν μια έννοια από τη φύση της πάντα και στατικά ότι θα είναι εξαρτημένη ή ανεξάρτητη. Δυσκολεύονταν να κατανοήσουν ότι σε άλλο πείραμα μπορεί να έχει άλλο ρόλο. Αυτά ήταν συχνότερα στις πρώτες δράσεις πειραματικού σχεδιασμού. Ωστόσο, στις περισσότερες περιπτώσεις τα παιδιά μέσα από τη συζήτηση και την ανταλλαγή ιδεών ήταν σε θέση να ξεπεράσουν τις παραπάνω δυσκολίες.

Τα αποτελέσματα αυτά, συμφωνούν γενικά με τη βιβλιογραφία. Αρχικά, στον προσδιορισμό της πειραματικής διαδικασίας, ο προσδιορισμός των μεταβλητών είναι σημαντική πρόκληση (Cutting & Kelly, 2014). Η πρακτική αποσαφήνισης και απλοποίησης του πειράματος στις μεταβλητές, σύμφωνα με το σχετικό μοντέλο των Ross και Robinson, (1987) καθώς και η σύνταξη κανόνων και η προώθηση γλωσσικών δεξιοτήτων φαίνεται να βοηθούν (Foulds & Rowe, 1996; Cutting & Kelly, 2014) και να προσδίδουν τα εφόδια που χρειάζονται τα παιδιά για να υιοθετήσουν την επιστημολογική σκέψη (Chin & Malhotra, 2002).

2ο ερευνητικό ερώτημα

Τα αποτελέσματα για το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα δεν ήταν ιδιαίτερα ενθαρρυντικά, κυρίως στην αρχή. Οι περισσότεροι μαθητές, όπως φάνηκε από τις πρώτες εργασίες και παρατηρήσεις, δεν έδωσαν προσοχή στη διατύπωση της υπόθεσης. Όπως εξήγησαν στις συνεντεύξεις, δεν θεωρούσαν ότι είναι βασική προϋπόθεση. Ορισμένα παιδιά τόνισαν ότι 'πρέπει πρώτα να κάνουμε το πείραμα για να δούμε τι θα γίνει', δίνοντας έτσι την εντύπωση ότι ταυτίζανε την υπόθεση με την παρατήρηση και το συμπέρασμα που εξαγόταν από το πείραμα. Τέτοιου είδους απαντήσεις και σχόλια, φανερώνουν ελλιπή κατανόηση της σημασίας της υπόθεσης για το σχεδιασμό του πειράματος. Ειδικότερα, φανερώνουν μια δυσκολία των παιδιών να εμπλακούν σε διαδικασίες συζήτησης και ανταλλαγής απόψεων πάνω σε επιστημονικά θέματα (Kuhn et al, 2008), κατ'επέκταση και στο σχεδιασμό του πειράματος (Ryu & Sandoval, 2012).

Με την πάροδο του χρόνου και τη διαρκή συμμετοχή των παιδιών στο σχεδιασμό πειραμάτων, με τη βοήθεια κανόνων, τα περισσότερα παιδιά άρχισαν να διατυπώνουν υπόθεση. Υπήρχαν όμως και περιπτώσεις που η υπόθεση που διατύπωναν δεν αφορούσε άμεσα το επιστημονικό ερώτημα. Αυτό ίσως οφείλεται σε αδυναμία κατανόησης του ερωτήματος και του γενικότερου σκοπού του πειράματος που σχεδιάζόταν. Μπορεί επίσης να οφείλεται σε απλή άκριτη εφαρμογή των κανόνων που έχουν οριστεί ότι ακολουθούνται στο σχεδιασμό πειράματος, αλλά δεν έχουν γίνει κατανοητή από τους μαθητές (Foulds & Rowe, 1996).

Η διατύπωση υπόθεσης επομένως δεν ολοκληρωνόταν επαρκώς από τα παιδιά. Όπως έχει φανεί και από άλλες έρευνες, η σύνταξη και εφαρμογή κανόνων έδειξε να βοηθάει, ωστόσο δεν είναι σίγουρο ότι ήταν αρκετή για να βοηθήσει τα παιδιά να κατανοήσουν τη σημασία και το ρόλο της υπόθεσης (Ryu & Sandoval, 2012).

3ο ερευνητικό ερώτημα

Τα αποτελέσματα για το τρίτο ερευνητικό ερώτημα, ήταν γενικά ενθαρρυντικά. Τα παιδιά έδειξαν ότι συμπεριέλαβαν τις μετρήσεις και τις παρατηρήσεις στα βασικά σημεία του σχεδιασμού του πειράματος. Σε κάθε συζήτηση και πρόταση για σχεδιασμό τόνιζαν ότι θα χρειαστεί να καταγράψουν μετρήσεις. Στην αρχή δυσκολεύονταν να επινοήσουν μια κλίμακα για τις μετρήσεις αυτές, όταν χρειαζόταν, για τις περιπτώσεις που δε μπορούσαν να γίνουν αριθμητικές μετρήσεις άμεσα με τη βοήθεια οργάνων. Αυτό ήταν άγνωστο για τα παιδιά στην αρχή. Για τις περιπτώσεις αυτές τους

υποδείχθηκαν παραδείγματα, από τέτοιες κλίμακες, με τη μορφή διαβαθμίσεων όπως 'πολύ φως' ή 'λίγο φως', 'κοντά στην πηγή ήχου' ή 'μακριά από την πηγή ήχου'. Αργότερα με την υπόδειξη αυτή, άρχισαν να χρησιμοποιούν τέτοιες λύσεις όταν χρειαζόταν. Αυτό δείχνει εξοικείωση με τις μετρήσεις ως μέρος του πειραματισμού, σε συνδυασμό πάντα και με τα διαθέσιμα μέσα (Cothorn et al, 2000).

Παράλληλα, τα παιδιά έδειξαν να κατανοούν ότι πρέπει να γίνουν αρκετές μετρήσεις στη διάρκεια του πειράματος. Προέβλεπαν στο σχεδιασμό ότι θα δοθούν διαφορετικές τιμές σε μια ανεξάρτητη μεταβλητή, ώστε να παρατηρηθεί η πορεία μιας εξαρτημένης. Μια δυσκολία όμως που παρατηρήθηκε σε ορισμένες περιπτώσεις ήταν ο προσδιορισμός ακριβώς των μεταβλητών που έπρεπε να μετρηθούν και να μελετηθούν. Υπήρχαν παιδιά που δεν μπορούσαν να εστιάσουν στις μετρήσεις των συγκεκριμένων μεταβλητών που αφορούσαν το πείραμα και σχεδίαζαν να καταγράψουν μετρήσεις για οποιαδήποτε μεταβλητή. Αυτό ίσως συσχετίζεται με την αδυναμία κατανόησης του ρόλου των μεταβλητών που εντοπίστηκε στο πρώτο ερώτημα. Ίσως και να συσχετίζεται και με την αδυναμία σύνταξης υπόθεσης, που εντοπίστηκε στο δεύτερο ερώτημα (Foulds & Rowe, 1996; Chin & Malhotra, 2002).

Συμπεράσματα

Η συγκεκριμένη εργασία εξέτασε τη δυνατότητα καλλιέργειας των δεξιοτήτων σχεδιασμού πειράματος στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών δημοτικού σχολείου. Το πείραμα είναι βασικό στοιχείο της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Η εμπλοκή στο σχεδιασμό πειράματος, βοηθάει ακόμα περισσότερο την εξοικείωση των μαθητών με την ανταλλαγή απόψεων ιδεών πάνω σε επιστημονικά ζητήματα και την υιοθέτηση της επιστημονικής σκέψης (Chin & Malhotra, 2002; Ryu & Sandoval, 2012; NGSS, 2013; Cutting & Kelly, 2014).

Το πείραμα αποσκοπεί βασικά να διερευνήσει σχέσεις ανάμεσα σε έννοιες. Βασικά στοιχεία ενός πειράματος είναι ο καθορισμός των μεταβλητών του πειράματος, δηλαδή των εννοιών που θα επεξεργαστεί ο πειραματιστής ώστε να εξετάσει τη σχέση μεταξύ τους. Επίσης, σημαντική είναι η διατύπωση της υπόθεσης. Τέλος, χρειάζεται να γίνουν μετρήσεις και παρατηρήσεις. Οι μαθητές που σχεδιάζουν πειράματα, οφείλουν να προσδιορίσουν τις παραπάνω παραμέτρους. Η καλλιέργεια των δεξιοτήτων πειραματικού σχεδιασμού δεν είναι εύκολη. Γι' αυτό έχουν διατυπωθεί ορισμένες πρακτικές που βοηθούν (Ross & Robinson, 1987; Foulds & Rowe, 1996; Cothorn et al, 2000).

Με βάση τα παραπάνω σχεδιάστηκε έρευνα για την προώθηση του σχεδιασμού πειράματος σε μαθητές δημοτικού. Οι μαθητές οι συγκεκριμένοι συμμετείχαν στον Όμιλο Φυσικών Επιστημών, καθώς είχαν επιδείξει ιδιαίτερη κλίση στο συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο (Νόμος 3966/2011). Τέτοιοι μαθητές συνήθως επιδεικνύουν ενδιαφέρον να εμβαθύνουν στο αντικείμενο της κλίσης τους, να ερευνήσουν και να ανακαλύψουν. Συνεπώς δράσεις σχεδιασμού πειράματος ήταν συμβατές με τα ενδιαφέροντά τους (Subotnik et al, 2011; Rinn, 2012; Ziegler et al, 2012).

Η έρευνα ήταν ποιοτική. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν με συνεντεύξεις, παρατηρήσεις και ανάλυση εργασιών των μαθητών (Cohen et al, 2011).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές γενικά κατάφεραν να προσδιορίσουν τις μεταβλητές του πειράματος και να τονίσουν ότι υπάρχουν μετρήσεις που πρέπει να κάνουν. Υπήρχαν ωστόσο περιθώρια βελτίωσης, στον ακριβή προσδιορισμό των σχέσεων των μεταβλητών και των μετρήσεων που αφορούν το πείραμα. Επίσης, δυσκολεύτηκαν ιδιαίτερα στη διατύπωση υπόθεσης. Οι πρακτικές που προτείνονται από τη βιβλιογραφία βοήθησαν ως ένα βαθμό (Ross & Robinson, 1987; Foulds & Rowe, 1996). Γενικά, λοιπόν τα παιδιά έδειξαν να κατανοούν την ιδέα ότι η γνώση στις Φυσικές Επιστήμες δεν είναι στατική αλλά ανανεώνεται. Κατέκτησαν επομένως το επίπεδο της μετα-στρατηγικής σκέψης. Έχουν προχωρήσει σε ένα βαθμό και στο επίπεδο της επιστημολογικής σκέψης, συμμετέχοντας σε συζήτηση και ανταλλαγή ιδεών για επιστημονικά ερωτήματα (Kuhn et al, 2008).

Τα γενικότερα αποτελέσματα ήταν επομένως θετικά. Αξίζει να τονιστεί ότι η έρευνα εξέτασε ένα συγκεκριμένο δείγμα μαθητών, για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Παράλληλα, στη φάση αυτή ο σχεδιασμός πειράματος δεν επεκτάθηκε στη φάση της υλοποίησής τους. Πριν γενικευτούν τα αποτελέσματα της έρευνας είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη οι συγκεκριμένοι περιορισμοί (Cohen et al, 2011).

Αναφορές

- Chin, C.A., & Malhotra, B.A., (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: a theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), 175-218.
- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2011). *Research Methods in Education*. 7th Ed. London, Routledge / Falmer.
- Cothron, J. H., Giese, R. N., & Rezba, R. J., (2000). *Students and research: Practical strategies for science classrooms and competitions* (3rd Ed.). Dubuque, IA: Kendall/Hunt Publishing Company.
- Cutting, R. & Kelly, O. (2014). *Creative teaching in primary science*. London: Sage.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press.
- Foulds, W., & Rowe, J. (1996). The enhancement of science process skills in primary teacher education students. *Australian Journal of Teacher Education*, 21(1), 16-23.
- Girault, I., d'Ham, C., Ney, M., Sanchez, E. & Wajeman, C. (2012). Characterizing the Experimental Procedure in Science Laboratories: A preliminary step towards students' experimental design. *International Journal of Science Education*, 34(6), 825-854,
- Kuhn, D., Iordanou, K., Pease, M. & Wirkala, C., (2008). Beyond control of variables. What needs to develop to achieve skilled scientific thinking? *Cognitive Development*, 23(4), 435-451.
- NGSS (2013). Next Generation Science Standards, Science and Engineering Practices in the NGSS. <http://www.nextgenscience.org/next-generation-science-standards> [Προσπελάσθηκε 20 Οκτωβρίου, 2015].
- Rin, A., (2012). Implications for Addressing the Psychosocial Needs of Gifted Individuals : A Response to Subotnik, Olszewski-Kubilius, & Worrell (2011). *Gifted Child Quarterly*, 56 (4), 206-209.
- Ross, J.A. & Robinson, F.G., (1987). The use of rule structures in teaching experimental design to secondary-school students. *Science Education*, 71(4), 571-589.
- Ryu, S. & Sandoval, W.A., (2012). Improvements to elementary children's epistemic understanding from sustained argumentation. *Science Education*, 96(3), 488-526.
- Stafford, R., Anne E. Goodenough, A.E. & Davies, M.S., (2010) Assessing the effectiveness of a computer simulation for teaching ecological experimental design. *Bioscience Education*, 15(1), 1-9,
- Subotnik, R. F., Olszewski-Kubilius, P., & Worrell, F. C. (2011). Rethinking giftedness & gifted education: a proposed direction forward based on psychological science. *Psychological Science in the Public Interest*, 12, 3-54.
- Ziegler, A., Stoeger H. & Vialle W. (2012). Giftedness and gifted education: the need for a paradigm change. *Gifted Child Quarterly*, 56 (4), 194-197.
- Δ.Ε.Π.Π.Σ, (2003). *Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών και Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών για το Δημοτικό και το Γυμνάσιο*. ΦΕΚ 304/13-03-2003.
- ΝΟΜΟΣ 3966/2011. *Θεσμικό πλαίσιο των Πρότυπων Πειραματικών Σχολείων, Ίδρυση Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής, Οργάνωση του Ινστιτούτου Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ» και λοιπές διατάξεις*. 24 Μαΐου 2011, Αρ. Φύλλου 188.

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Η Φυσική, μέσα από πειράματα, στον παιδικό σταθμό

Μαρίνα Κωνσταντινίδου

Βρεφονηπιοκόμος, Δημοτικό Βρεφοκομείο Άγιος Στυλιανός
konstantinidou.marina11@gmail.com

Χαρούλα Δάμτση

Δασκάλα
xrldam87@gmail.com

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια σειρά από πειραματικές δραστηριότητες για την προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία οι οποίες εφαρμόστηκαν μέσα στην τάξη. Παρουσιάζονται τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την πραγματοποίηση των πειραμάτων και οι αντιδράσεις των μικρών μαθητών. Όπως προκύπτει, παρά το νεαρό της ηλικίας τους, οι μικροί μαθητές ανταπεξήλθαν στις αυξημένες απαιτήσεις των πειραματικών δραστηριοτήτων, παρατηρώντας, διατυπώνοντας εικασίες, επιχειρώντας να δώσουν απαντήσεις, έστω φανταστικές ή λανθασμένες, στα προβλήματα που τέθηκαν. Το σημαντικότερο όμως, επέδειξαν ενθουσιασμό και ενδιαφέρον για το αντικείμενο των Φυσικών Επιστημών.

Λέξεις κλειδιά: νηπιαγωγείο, πειράματα, καθημερινά υλικά

Εισαγωγή

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) βοηθά τους μαθητές να αναγνωρίσουν ένα πρόβλημα, να διατυπώνουν ερωτήσεις και υποθέσεις και να συγκρίνουν διάφορες καταστάσεις, όχι μόνο όσον αφορά το μάθημα των Φ.Ε. αλλά επίσης διάφορα θέματα που συναντούν στην καθημερινότητά τους. Παρατηρώντας, συγκρίνοντας και σχολιάζοντας καταστάσεις και διαδικασίες, προκαλείται το ενδιαφέρον τους ενώ δημιουργούνται θετικές στάσεις απέναντι στην καινοτομία και στις διάφορες αλλαγές καθώς και στην αποδοχή της διαφορετικότητας. Τα παιδιά γίνονται κριτικά σκεπτόμενοι άνθρωποι γύρω από την επιστήμη και την τεχνολογία οι οποίες επηρεάζουν την ποιότητα ζωής (Σέρογλου, 2006; Κουμαράς, 2014).

Κάνοντας πειράματα

Στην εργασία αυτή παρουσιάζουμε έξι πειράματα με υλικά καθημερινής χρήσης που πραγματοποιήθηκαν από παιδιά προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας. Τα πειράματα είχαν σκοπό να απαντήσουν σε καθημερινά ερωτήματα των παιδιών. Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η αλλαγή της σκέψης των παιδιών μετά από αυτήν τους την ενασχόληση.

Φαινόμενο υγροποίησης

Ένα σύνθετο ερώτημα των παιδιών που προκύπτει από την παρατήρηση του φυσικού κόσμου είναι το πώς δημιουργείται η βροχή.

Συζητώντας για τις βροχερές μέρες του φθινοπώρου, αποφασίσαμε να επιδείξουμε στα παιδιά πώς το νερό από την επιφάνεια της Γης φθάνει στα σύννεφα και από εκεί ξανά πέφτει ως βροχή. Στην αρχή ρωτήσαμε τα παιδιά τι πιστεύουν ότι συμβαίνει. Οι απαντήσεις ποικίλες, ενέπλεξαν μάγους, θεούς, τον ήλιο: η μικρή ηλικία, οι ελλιπείς γνώσεις και μπόλικη φαντασία έδωσαν ενδιαφέρουσες εκδοχές.

Για το πείραμα χρειαστήκαμε ως υλικά ένα γκαζάκι, ένα μπρίκι, ένα πιατάκι και νερό βρύσης. Ζεσταίνοντας το νερό στο μπρίκι δημιουργήσαμε υδρατμούς και, καθώς αυτοί μετακινούνται από το μπρίκι προς τον αέρα, παρεμβάλλαμε στην πορεία τους ένα πιάτο (Εικόνα 1): στην επιφάνεια του πιάτου εμφανίστηκαν σταγόνες οι οποίες πολλαπλασιάζονταν και τελικά άρχισαν να πέφτουν προς τα κάτω (Κασάμπαλης, 1996; Μάντελ, 1998).

Τα παιδιά ήθελαν να πλησιάσουν το μπρίκι για να δουν τις σταγόνες από κοντά, να τις πιάσουν και να δουν αν όντως είναι ζεστό το πιάτο. Για λόγους ασφαλείας προσπαθήσαμε να τα κρατήσουμε σε

ασφαλή απόσταση. Σε κάθε περίπτωση διαρκώς χαμογελούσαν και άφηναν επιφωνήματα ενθουσιασμού. Εξηγήσαμε τι συμβαίνει και κάναμε τον παραλληλισμό με το συμβαίνει στην ίδια τη φύση.



Εικόνα 1. Οι υδρατμοί μετατρέπονται σε σταγόνες

Η γυμνή αλήθεια για το αβγό που ζεντύνεται

Με αφορμή ένα παιχνίδι όπου οι κότες δεν πρέπει να σπάσουν τα αβγά τους, ψάχνουμε να βρούμε τρόπους ώστε τα αβγά να μην σπάνε τόσο εύκολα.

Τα παιδιά άρχισαν να σκέφτονται και να διατυπώνουν τις ιδέες τους:

- Να το κάνουμε πέτρα
- Να το βάλουμε κάτω από μαξιλάρια
- Να το βάλουμε σε γύψο (λέει ένα παιδί που είχε σπάσει ο χέρι του)
- Να μην το πειράζουμε
- Να το κρύψουμε
- Να μην το πετάξουμε κάτω
- Να το προσέχουμε

Το ερώτημα ήταν δύσκολο και τα παιδιά άρχισαν να επαναλαμβάνονται. Στο σημείο αυτό προτείναμε και εμείς κάποια ιδέα: αντί να το κάνουμε πέτρα (που δεν μπορούμε) γιατί να μην προσπαθήσουμε να το κάνουμε μαλακό, σαν πλαστελίνη;



Εικόνα 2. Το αβγό μέσα στο βάζο με το ξύδι

Στα παιδιά άρεσε και η δική μας η ιδέα οπότε αρχίσαμε να δοκιμάζουμε τις ιδέες που ήταν εφικτές. Για την εφαρμογή της δικής μας ιδέας χρειαστήκαμε ένα ωμό αβγό, ξύδι και ένα βάζο. Προτείναμε να τοποθετήσουμε το αβγό μέσα στο βάζο με ξύδι και να δούμε τι θα συμβεί (Εικόνα 2). Αφήσαμε το αβγό ένα 24ωρο και έπειτα το παρατηρήσαμε. Οι μαθητές παρατήρησαν κάποιες φυσαλίδες μέσα στο ξύδι καθώς και ότι το χρώμα από το τσόφλι του αβγού είχε εξαφανιστεί. Καθώς όμως δεν είχαμε το επιθυμητό αποτέλεσμα (το αβγό δεν ήταν μαλακό) το αφήσαμε ακόμα ένα 24ωρο μέσα στο βάζο το οποίο γεμίσαμε ξανά με ξύδι.

Τα παιδιά κάθε μεσημέρι ανυπομονούσαν να ελέγξουμε το αβγό. Στεκόντουσαν και το

παρατηρούσαν πολλές φορές καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Το ανέφεραν στα παιδιά του άλλου τμήματος καθώς και στα αδέρφια τους. Καθημερινά είχαμε επισκέψεις από παιδιά άλλων τμημάτων για να δουν το ξακουστό αβγό μας. Μέχρι και γονείς επισκέφθηκαν την τάξη για να το παρατηρήσουν. Με το πέρας του δεύτερου 24ώρου είχαμε τα επιθυμητά αποτελέσματα. Το αβγό μας δεν είχε τσόφλι (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Το αβγό όταν το βγάζουμε από το ξύδι, μετά από 48 ώρες

Μπορούσαμε να το πιέσουμε με τα δάχτυλα μας και να παρατηρήσουμε το εσωτερικό του. Τα παιδιά το άγγιζαν με απαλότητα και ενθουσιασμό, το πρόσεχαν σαν να το είχαν μεγαλώσει. Τα μάτια τους έλαμπαν και ακόμα και η φωνή τους είχε μαλακώσει για να μην το ενοχλήσουν. Ήταν μια τρυφερή στιγμή. Τελικά, για να επιβεβαιώσουμε ότι είναι ένα ωμό αβγό, το σπάσαμε σε μια λεκάνη.

Η ερμηνεία του πειράματος είναι δύσκολη για τους μικρούς μαθητές (το τσόφλι του αβγού περιέχει ανθρακικό ασβέστιο, το οποίο αντιδρά όταν έρχεται σ' επαφή με το ξίδι, με αποτέλεσμα την παραγωγή φυσαλίδων διοξειδίου του άνθρακα και την εξαφάνιση του τσοφλιού). Η δραστηριότητα ωστόσο επεκτάθηκε μετά από απαίτηση των παιδιών, καθώς ήθελαν να δουν τι θα γίνει αν τοποθετήσουμε το αβγό μέσα σε νερό (Κασάμπαλης, 1996).

Στεγανοποιημένη σακούλα

Γεμίσαμε ένα σακουλάκι φαγητού με νερό και το κλείσαμε προσεκτικά. Ρωτήσαμε να παιδιά αν μπορούν να τρυπήσουν το σακουλάκι και αν ναι με ποιον τρόπο. Τα παιδιά αναφέρθηκαν σε διάφορα αιχμηρά αντικείμενα όπως οι πινέζες το ψαλίδι κ.λπ. Τους προσφέραμε ξυσμένα μολύβια και τους ρωτήσαμε αν μπορούν να τρυπήσουν το σακουλάκι με αυτά, και αν ναι τότε τι πιστεύουν ότι θα συμβεί.

Η πλειονότητα των παιδιών απάντησε ότι το σακουλάκι μπορεί να τρυπηθεί και όταν θα συμβεί αυτό θα υπάρξει απώλεια νερού. Τους καλέσαμε να δοκιμάσουν, τοποθετώντας μια λεκάνη κάτω από το σακουλάκι για λόγους ασφαλείας (Εικόνα 4).

Τα περισσότερα παιδιά τρυπώντας τη σακούλα παρατήρησαν πράγματι κάποια απώλεια νερού: λόγω της μικρής τους δύναμης δεν έσπρωχναν πολύ το μολύβι. Με την επανάληψη όμως της δραστηριότητας και με τη βοήθεια μας, κατάφεραν να τρυπούν τη σακούλα διεισδύοντας αρκετά το μολύβι μέσα στη σακούλα χωρίς να τρέχει σχεδόν ποτέ νερό. Τα παιδιά και ενθουσιάστηκαν. Ήθελαν να το δοκιμάζουν ξανά και ξανά!

Επιχειρήθηκε να συζητηθούν στοιχεία της χημείας των πολυμερών με απλά παραδείγματα: Οι πολυμερείς αλυσίδες συνεργάζονται για να εμποδίσουν το νερό να διαρρεύσει έξω από μια σακούλα φαγητού.



Εικόνα 4. Ένα παιδί προσπαθεί να περασει το μολύβι μέσα από το σακουλάκι

Μίξη και διαχωρισμός χρωμάτων

Η αφορμή για το πείραμα που ακολουθεί δόθηκε κοιτώντας το ουράνιο τόξο μετά από μια ανοιξιάτικη βροχούλα. Έγινε συζήτηση με τα παιδιά για το αγαπημένο τους χρώμα. Πολλά από αυτά ανέφεραν χρώματα που παρατηρούν γύρω τους όπως το ροζ, το πράσινο, το μωβ και άλλα.

Στη συνέχεια βγήκαμε στην αυλή και χρησιμοποιήσαμε για καμβά ένα χαρτί και για χρώματα υλικά της φύσης: λουλούδια, πέτρες, κλαδιά κ.λπ.

Τα παιδιά ενθουσιάστηκαν, έψαχναν με αγωνία υλικά για να χρησιμοποιήσουν. Τα πίεζαν με δύναμη και απογοητευόντουσαν όταν δεν μπορούσαν να αφήσουν χρώμα στο χαρτί τους (Εικόνα 5). Το ένα έδειχνε στο άλλο τα χρώματα που σχημάτιζε.



Εικόνα 5. Τα παιδιά ζωγραφίζουν με υλικά από τη φύση

Στη συνέχεια δείξαμε ένα βιβλίο με τα χρώματα και αναζητήσαμε τα βασικά χρώματα: το μπλε, το κίτρινο, το κόκκινο ενώ προσθέσαμε το άσπρο και το μαύρο για να μας βοηθήσουν με τις μίξεις που θα ακολουθούσαν. Ρωτήσαμε τα παιδιά τι πιστεύουν ότι θα γίνει αν αναμείξουμε το μπλε με το κίτρινο, το κίτρινο με το κόκκινο, το κόκκινο με το άσπρο, το μαύρο με το άσπρο κ.ο.κ.

Ακούσαμε προσεκτικά όλες τις απόψεις των παιδιών και στη συνέχεια τους αφήσαμε να πειραματιστούν προσφέροντας ως υλικά λευκό χαρτόνι, νερομπογιές, τέμπερες, χαρτί κουζίνας, διαφανείς χρωματιστές ζελατίνες, με τα οποία έτρεξαν τρεις δραστηριότητες.

Αρχικά, δημιουργήσαμε τεμνόμενους κύκλους άνω σε χαρτόνι διάστασης Α3 και χρωματίσαμε με νερομπογιές τον ένα κύκλο με ένα χρώμα και αφήσαμε τα παιδιά να διαλέξουν ένα άλλο χρώμα για να χρωματίσουν το δεύτερο κύκλο. Στο σημείο όπου οι δύο κύκλοι τέμνονται εμφανίστηκε το νέο χρώμα που προήλθε από τη μείξη των δύο προηγούμενων. Τα παιδιά παρατήρησαν τις μίξεις χρωμάτων, τις σχολίασαν και έβγαλαν συμπεράσματα. Τα παιδιά, παρ' όλο που ήδη γνώριζαν τα χρώματα, φάνηκαν να ενθουσιάζονται και να μεταφέρουν τη γνώση και στο σπίτι τους, αφού την επόμενη μέρα έφεραν μίξεις χρωμάτων που έκαναν με τους γονείς τους (Ashbrook, 2003).

Συνεχίζοντας, πήραμε 3 βάζα, γεμίσαμε τα δύο με ίσες ποσότητες νερού και ρίξαμε στο καθένα λίγο (διαφορετικό) χρώμα ώστε το νερό να χρωματιστεί (Εικόνα 6). Το τρίτο βάζο το αφήσαμε άδειο και το τοποθετήσαμε στη μέση. Πήραμε χαρτί κουζίνας και τοποθετήσαμε το ένα άκρο του στο πρώτο βάζο με το χρώμα και το άλλο του άκρο έτσι ώστε να καταλήγει στο άδειο βάζο. Αντίστοιχα κάναμε μεταξύ του τρίτου και το άδειου βάζου. Ρωτήσαμε τα παιδιά τι πιστεύουν ότι θα συμβεί. Οι πιο συνηθισμένες απαντήσεις ήταν ότι:

- θα σκιστεί το χαρτί
- δε θα συμβεί τίποτα
- θα βαφτεί το χαρτί με το ένα χρώμα.

Τα παιδιά δηλαδή συγκεντρώθηκαν σε ένα στοιχείο δείχνοντας ότι η πολυπλοκότητα της σκέψης τους είναι περιορισμένη. Όταν διαπίστωσαν ότι τα χρώματα σκαρφάλωναν στο χαρτί και κατέληγαν στο άδειο βάζο πραγματικά ενθουσιάστηκαν.



Εικόνα 6. Τα παιδιά ετοιμάζουν τα βάζα με τα χρώματα

Τέλος, χρησιμοποιήθηκαν οι πολύχρωμες διάφανες ζελατίνες, τις οποίες τα παιδιά έκοψαν και τις τοποθέτησαν στη φωτοτράπεζα (φωτεινό τραπέζι) ώστε να υπάρχει λευκό φόντο (Εικόνα 7). Παρατήρησαν τα χρώματα από τις ζελατίνες και ρωτήθηκαν να προβλέψουν τι συμβαίνει όταν οι ζελατίνες ενώνονται ή σκεπάζουν η μία την άλλη. Προκύπτει πάντα το ίδιο χρώμα;



Εικόνα 7. Τα παιδιά κάνουν αναμίξεις χρωμάτων πάνω στην φωτοτράπεζα

Τα παιδιά για να απαντήσουν στα ερωτήματα ξεκίνησαν να πειραματίζονται. Τοποθέτησαν τις ζελατίνες στα χέρια τους, σε διάφορα αντικείμενα και κοιτούσαν μέσα από αυτές. Αρχισαν να βλέπουν τον κόσμο γύρω τους με άλλο χρώμα. Στη συνέχεια τους ζητήθηκε να τοποθετήσουν δύο ζελατίνες και να δουν μέσα από αυτές. Τότε το χρώμα άλλαζε. Αρχίσαμε πάλι να βγάζουμε πάλι συμπεράσματα για τις μίξεις των χρωμάτων.

Το μπαλόνι που φουσκώνει μόνο του

Στη χριστουγεννιάτικη γιορτή μας, αποφασίσαμε να έχουμε σκανδαλιάρικα ξωτικά τα οποία έκαναν «μαγικά» για να μπορέσουν να μοιράσουν τα δώρα στα παιδιά. Ένα από αυτά τα ξωτικά, αποφάσισε να φουσκώσει, όχι φυσώντας αλλά με καθημερινά υλικά, μπαλόνια για να μοιράσει στα παιδιά. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ζύδι, μαγειρική σόδα, μία λεκάνη, ένα μπουκάλι διαφανές, ένα μπαλόνι, ένα κουταλάκι

Βάλαμε μαγειρική σόδα μέσα σε ένα μπαλόνι με το κουταλάκι. Αδειάσαμε μισό μπουκάλι ζύδι μέσα σε ένα άδειο μπουκάλι. Τοποθετήσαμε στο στόμιο του μπουκαλιού το μπαλόνι και προσεκτικά το αναποδογυρίσαμε ώστε να πέσει η σόδα μέσα στο μπουκάλι με το ζύδι. Ζητήσαμε από τα παιδιά να εκφράσουν ό,τι παρατηρούν. Γιατί άραγε φουσκώνει το μπαλόνι; Πότε αρχίζει να φουσκώνει;

Το συγκεκριμένο πείραμα έγινε σε κάθε πρόβα της γιορτής μας. Τα παιδιά το είχαν κατακτήσει. Άλλες φορές δε φουσκωνε πολύ το μπαλόνι με αποτέλεσμα να θέλουν να το ξανά δοκιμάσουμε για να

φουσκώσει όσο περισσότερο γίνεται, και άλλες φορές φούσκωνε τόσο πολύ που έσκαγε! Ωσπου βρήκαμε την ισορροπία.

Τα παιδιά ενθουσιάστηκαν και ήθελαν όλα να κάνουν «μαγικά» στη χριστουγεννιάτικη γιορτή μας. Μετά από απαίτηση τους, βάλουμε ακόμα ένα ξωτικό να φουσκώνει ένα γάντι μιας χρήσεως ώστε να χαιρετήσει τον κόσμο που ήρθε να μας δει.

Το ιπτάμενο ρύζι

Τοποθετήσαμε σε τραπέζι ένα μικρό πλαστικό μπουκάλι νερού γεμισμένο με ρύζι και αφήσαμε ένα ξυλάκι από σουβλάκι δίπλα στο μπουκάλι. Θέσαμε στα παιδιά μια πρόκληση: μπορείτε να μετακινήσετε το μπουκάλι χωρίς να το πιάσετε με τα χέρια;

Τα παιδιά έκαναν διάφορες υποθέσεις για το πώς μπορεί να μετακινηθεί το μπουκάλι:

- να το πιάσουμε με το στόμα
- να το μετακινήσουμε με τα πόδια μας
- να το σπρώξουμε τη μύτη μας
- να το πιάσουμε με το ξυλάκι από το σουβλάκι
- να το σπρώξουμε με μια σκούπα
- με το ξυλάκι από το σουβλάκι

Έπειτα δοκίμασαν την κάθε υπόθεσή τους.

Όταν σηκώθηκε το παιδί που είχε προτείνει «με το ξυλάκι από το σουβλάκι», δεν άργησε πολύ να βρει τον τρόπο (Εικόνα 9).



Εικόνα 9. Το παιδί μεταφέρει το μπουκάλι με το ρύζι, στο οποίο κάρφωσε το ξυλάκι από το σουβλάκι

Μας δόθηκε έτσι η ευκαιρία να θίξουμε μερικά ζητήματα σχετικά με την τριβή.

Συζήτηση

Η παρουσίαση και η διδασκαλία φυσικών φαινομένων μέσα από πραγματοποίηση πειραμάτων αποτέλεσε τόσο για μας όσο και για τα παιδιά μια εξαιρετική εμπειρία παιχνιδιού, διασκέδασης και πρόκλησης ενδιαφέροντος. Προσπαθήσαμε όσο ήταν εφικτό να εφαρμόσουμε ένα διερευνητικό μοντέλο ανάδειξης της γνώσης. Εφόρμηση ήταν μια συζήτηση, μια εικόνα, μια παρατήρηση ενός στοιχείου της καθημερινής ζωής των παιδιών. Στην συνέχεια εμφυτεύαμε την απορία στα παιδιά: για ποιο λόγο συμβαίνει κάτι, κάνοντας το να φαντάζει ως δικό τους ερώτημα, και μετά μέσα από μια σειρά δράσεων οδηγούμασταν σε συναγωγές. Αυτό το κομμάτι αποδείχθηκε πολύ ενδιαφέρον. Η φαντασία των παιδιών σε αυτήν την ηλικία καλπάζει και σε εκπλήσσει ευχάριστα ανεξάρτητα από το αν αυτό που λέγεται είναι το αποδεκτό σύμφωνα με την ισχύουσα γνώση. Σημασία έχει η ίδια η διατύπωση της υπόθεσης, όποια και να είναι αυτή, καθώς και ο έλεγχός της. Αυτό μπορεί να κατέληγε σε λερωμένα και βρεγμένα ρούχα και σκορπισμένα ρύζια αλλά και σε ενθουσιασμό, γέλια, σε παραδοχές και αλήθειες.

Ενδεικτικά αναφέρουμε τις αντιδράσεις των παιδιών σε κάποια πειράματα. Σε όλη την σειρά των πειραμάτων που αφορούσαν την ανάμειξη χρωμάτων δεν υπήρξε παιδί που να μην εμπλακεί από την πρώτη στιγμή, να αρχίσει να μπερδεύει χρώματα, να φωνάζει, να ανακαλύπτει αποχρώσεις και να καταλήγει στα τρία βασικά χρώματα. Χρειάστηκε βέβαια να δοκιμάσουμε αρκετές φορές για να καταλήξουμε στα βασικά χρώματα καθώς κάποιες φορές συνεπαίρνονταν από το παιχνίδι και τα

παιδιά δεν παρατηρούσαν πάντα με προσοχή. Όταν η διαδικασία έπαιρνε την μορφή κουίζ το ενδιαφέρον στρέφονταν και πάλι στο να ανακαλύψουμε τι ισχύει για τις μίξεις των χρωμάτων. Στο τέλος όλα τα παιδιά ήξεραν πώς προκύπτουν τα χρώματα. Από αυτά που μας είπαν οι γονείς, τα παιδιά μετέφεραν την γνώση αλλά και την διάθεση για περαιτέρω δοκιμές και στο σπίτι.

Ακόμη ένα πείραμα που παίδεψε αλλά και άρεσε αρκετά στα παιδιά ήταν το πείραμα με τη στεγανοποιημένη σακούλα. Στην αρχή λόγω δύναμης και τεχνικής τα παιδιά δεν το πετύχαιναν και το νερό χυνόταν. Όταν όμως μετά από πολλές δοκιμές το κατάφεραν ένιωσαν σαν μικροί μάγοι. Προσπαθήσαμε τότε να τους πείσουμε ότι μαγικά δεν υπάρχουν αλλά κάτι άλλο συμβαίνει. Μας απαντούσαν πως στριμώχνονται πολύ καλά τα μολύβια και δεν αφήνει το νερό να βγει. Φυσικά δεν περιμέναμε να μας πουν για την χημεία των πολυμερών. Θεωρήσαμε πως εφόσον κινήθηκε το ενδιαφέρον το παιδιών για δοκιμές και εικασίες ο στόχος μας επετεύχθη.

Ιδιαίτερη σημασία είχαν οι αντιδράσεις των παιδιών στο πείραμα με το αυγό που «ξεντύνεται», έπιαναν το αυγό σαν ήταν βρέφος, κάποια φώναζαν, το προστάτευαν αν και εμείς πιστεύαμε πως θα ήθελαν αμέσως να το ζουλήξουν. Όταν το ζουλήξαμε εμείς για να δουν όντως ότι είχε παραμείνει ωμό από μέσα κάποια παιδιά απογοητεύθηκαν. Ήταν γι' αυτά το δικό τους κατόρθωμα που ήθελαν να δείχνουν στους γονείς τους και στα άλλα παιδιά. Γι αυτό κάναμε το πείραμα ξανά. Κάποια παιδιά ζήτησαν από τους γονείς και το έκαναν και σπίτι και αρνούσαν να το πετάξουν αλλά το επιδείκνυαν σε επισκέπτες και έλεγαν σε όλους για το ξύδι που αλλάζει το ασβέστιο στο τσόφλι του αυγού.

Το πείραμα της υγροποίησης ενθουσίασε τα παιδιά αλλά για λόγους ασφάλειας γινόταν κατά βάση σαν επίδειξη από μας με μικρή συμμετοχή των παιδιών ωστόσο και έτσι τα παιδιά γνώρισαν το μηχανισμό σχηματισμού της βροχής. Το ίδιο εκρηκτικές και έντονες ήταν οι αντιδράσεις των παιδιών σε όλα τα πειράματα. Σε άλλα καταλήγαμε εύκολα σε συναγωγές, σε άλλα εμμέναμε περισσότερο στην διαδικασία του πειραματισμού και των δοκιμών, σε κάθε περίπτωση τα παιδιά εξασκούνταν στο να σκέφτονται, να επιδίδονται σε καταγισμό ιδεών, να συγκρούονται οι πρωταρχικές τους ιδέες με αυτό που έβλεπαν να συμβαίνει και να αναρωτιούνται το γιατί. Υπήρχε καθολική συμμετοχή των παιδιών στην τάξη όχι στον ίδιο βαθμό για όλα, αλλά κανένα παιδί δεν έμεινε εντελώς αμέτοχο και όλα ενθουσιάζονταν. Κάποια ήταν πιο εκδηλωτικά και αλλά πιο συγκρατημένα, αυτό ήταν αναμενόμενο.

Επίσης το ίδιο ενθουσιασμένοι και ευχαριστημένοι ήταν και οι γονείς παρά την αναστάτωση που προξενούσαν κάποιες στιγμές τα παιδιά στο σπίτι. Ήταν δεκτικοί και ενθαρρυντικοί και φάνηκαν να το διασκεδάζουν και οι ίδιοι μαζί με τους μικρούς τους ερευνητές. Οι γνώσεις στις οποίες καταλήγαμε ήταν υπεραπλουστευμένες λόγω της ηλικίας των παιδιών αλλά φάνηκε να τις θυμούνται και σε μελλοντικές μας αναφορές στα διάφορα φαινόμενα που ερευνήσαμε. Υπήρξαν βέβαια και περιπτώσεις που κάποια παιδιά θυμόντουσαν τι κάναμε και τι βρίσκαμε αλλά δυσκολεύονταν στην εξήγηση. Με λίγη όμως βοήθεια και υποκίνηση απαντούσαν. Βέβαια θεωρούσαμε επιτυχές κάθε πείραμα που έθετε τα παιδιά στην διαδικασία της ανακάλυψης της γνώσης ανεξάρτητα από αν καταλήγαμε σε γνώση. Τέλος δεν μπορούσαμε να μην τονίσουμε πως τα πειράματα έγιναν παράδοση στην τάξη μετά από απαίτηση των παιδιών καθώς βρήκαν την διαδικασία πολύ ενδιαφέρουσα.

Εν κατακλείδι

Μέσα από τις δραστηριότητες που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο της εργασίας διαπιστώθηκε ότι η πειραματική διδασκαλία βοηθά τους μαθητές, διότι μεταξύ άλλων προκαλεί το ενδιαφέρον και την περιέργειά τους. Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο είναι ότι οι μαθητές ξεκινούν να σκέπτονται σαν τους επιστήμονες χωρίς να θεωρούν τα πάντα δεδομένα οικοδομώντας τη γνώση θέλοντας να δοκιμάσουν και να διαπιστώσουν τα λάθη. Επιπλέον, αποκτούν θάρρος, μαθαίνουν να σκέπτονται, να συνεργάζονται, να κάνουν υποθέσεις και να έχουν υπομονή.

Βέβαια οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να είναι προετοιμασμένοι ότι δεν είναι όλα τα πειράματα για όλες τις ηλικίες και για όλες τις τάξεις. Η σύσταση της τάξης είναι αυτή που θα καθορίσει τα πειράματα και τον τρόπο που θα γίνουν και τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν. Δηλαδή αν θα υπάρχει ενεργή συμμετοχή των παιδιών ή αν θα λειτουργούν πιο πολύ ως παρατηρητές. Επίσης σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να προβούν για χάρη ασφαλείας σε παραλλαγές ενός πειράματος, και αυτό να κάνει το αποτέλεσμα αμφισβητήσιμο. Για παράδειγμα κατά την πραγματοποίηση ενός πειράματος, αντί για σταθερά γυάλινα μπουκάλια, επιλέξαμε να γεμίσουμε με νερό πλαστικά μπουκάλια (αν και γνωρίζαμε ότι αυτό είναι λάθος) και αφού σημαδέψαμε τη στάθμη τα βάλουμε στην κατάψυξη για να δούμε αν όγκος του νερού θα παραμείνει ίδιος. Σίγουρα είδαμε αυτό που θέλαμε, το νερό να ξεπερνά

το σημάδι. Αλλά όταν ρωτήσαμε γιατί συμβαίνει αυτό. Τα παιδιά μας αποστόμωσαν όταν μας απάντησαν «αφού είναι λίγο ζουλιγμένο εδώ κυρία γι' αυτό ανέβηκε, να εδώ κοιτάζτε αν πατήσω το μπουκαλάκι μου το νερό πετάγεται πάνω». Άρα δεν περάσαμε το μήνυμα που αποσκοπούσαμε και δικαίως. Ίσως θα έπρεπε να απλά να αποδεχτούμε ότι θα βάζαμε γυάλινο μπουκάλι και το πείραμα θα είχε μόνο την μορφή επίδειξης. Διαφορετικά θα έπρεπε να σκεφτούμε άλλο πείραμα. Η προσπάθεια να εμπλέξουμε περισσότερο τα παιδιά δεν μας επέτρεψε να διδάξουμε αυτό που είχαμε θέσει ως γνωστικό στόχο.

Αναφορές

- Κασάμπαλης, Δ. (1996). *55 Πειρατεχνήματα*. Αθήνα: Κέδρος.
- Κουμαράς, Π. (2002). *Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής*, Θεσσαλονίκη: Χριστοδουλίδη.
- Κουμαράς, Π. (2014). *Διδάσκοντας Φυσικές επιστήμες με στόχο την καλλιέργεια Γνώσεων και Ικανοτήτων για τη Ζωή*. Πανεπιστημιακές σημειώσεις
- Μάντελ, Μ. (1998). *Απλά πειράματα μετεωρολογίας με υλικά καθημερινής χρήσης*. Αθήνα: Πατάκη. Σέρογλου, Φ. (2006). *Φυσικές επιστήμες για την εκπαίδευση του πολίτη*. Θεσσαλονίκη: Επίκεντρο.

Η διαπλοκή της πειραματικής διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών με τη διδασκαλία της γλώσσας ως μέρος μιας διαδικασίας ένταξης παιδιών Ρομά στο σχολείο

Γιώργος Χατζηπαύλου

Δάσκαλος, 5ο Δημοτικό Σχολείο Μενεμένης Διαπολιτισμικής Εκπαίδευσης
geochatzip@gmail.com

Περίληψη

Με την εργασία αυτή διερευνώ τον τρόπο με τον οποίο διαπλέκεται η πειραματική διδασκαλία των φυσικών επιστημών με τη διδασκαλία της γλώσσας σε ένα δημοτικό σχολείο διαπολιτισμικής εκπαίδευσης στην πλειονοψηφία του οποίου φοιτούν μαθητές/τριες Ρομά. Μέσα από αυτή τη διαδικασία μπορούν με φυσικό τρόπο να αναδειχθούν και να διδαχθούν γλωσσικά χαρακτηριστικά τα οποία προκύπτουν από την αβίαστη παραγωγή του λόγου (προφορικού και γραπτού) των μαθητών/τριών Ρομά. Στο παραπάνω πλαίσιο τα παιδιά συμμετέχουν ενεργά στη συνοικοδόμηση της διδασκαλίας. Το τελευταίο αποτελεί αναγκαίο στοιχείο για την ένταξη και φοίτηση τους στο σχολείο με όρους «σχολικής επιτυχίας».

Λέξεις κλειδιά: Φυσικές επιστήμες, γλώσσα, Ρομά, ένταξη

Εισαγωγή

Ο σκοπός μου είναι να διερευνήσω, μέσα από την πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με απλά υλικά, τα στοιχεία εκείνα που συμβάλλουν στη δημιουργία ορισμένων απαραίτητων συνθηκών για την ένταξη των παιδιών Ρομά στο σχολείο. Για να εντοπίσω τα στοιχεία θα πρέπει να απαντήσω σε δυο ερωτήματα. Πώς το μαθησιακό πλαίσιο που δημιουργεί στην τάξη η συγκεκριμένη προσέγγιση ευνοεί τη «σχολική επιτυχία» των παιδιών; Και πώς «η σχολική επιτυχία» στο μάθημα των Φυσικών με τη σειρά της συμβάλλει στη διαμόρφωση του ενδιαφέροντος των παιδιών για το σχολείο;

Οι λόγοι του αποκλεισμού των παιδιών Ρομά από το σχολείο είναι ευρύτεροι και δεν εντοπίζονται αποκλειστικά στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Είναι λόγοι οικονομικοί, κοινωνικοί, πολιτικοί, εκπαιδευτικοί (Τσιάκαλος, 2002; Χατζηνικολάου, 2005). Από την άλλη μεριά, ωστόσο, υποστηρίζω την άποψη πως η πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών διαθέτει ορισμένα χαρακτηριστικά τα οποία, εφόσον αξιοποιηθούν από το δάσκαλο, μπορούν να δημιουργήσουν συνθήκες σχολικής επιτυχίας.

Η πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και η διδασκαλία της γλώσσας

Παρουσιάζει ενδιαφέρον ο τρόπος με τον οποίο διαπλέκεται η πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με τη γλώσσα. Σε ένα παραδοσιακό μάθημα γλώσσας ακολουθείται περίπου η εξής διαδικασία: Ανάγνωση κειμένου, επεξεργασία (νοηματική, περιεχομένου, δομής), παραγωγή προφορικού και γραπτού λόγου, ασκήσεις γραμματικής, λεξιλογίου, ορθογραφίας και διαθεματικές δραστηριότητες (Ιορδανίδου, κ.ά, χχ, σ.17; Ιορδανίδου, Κανελοπούλου, κ.α, χχ, σς. 19-20). Σ' αυτή την παραδοσιακή διαδικασία συμμετέχουν τα παιδιά Ρομά που έχουν εμπειρίες και γλωσσολογικούς πόρους διαφορετικούς από αυτούς που θεωρεί δεδομένους το σχολικό πλαίσιο. Συνεπώς, το σχολείο πρέπει να τα βοηθήσει ώστε να αναπτύξουν τρόπους χρήσης της γλώσσας που θεωρούνται σημαντικοί στο σχολείο. Από την άλλη μεριά, στην πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών τα παιδιά με ενδιαφέρον περιγράφουν, αφηγούνται, επιχειρηματολογούν και δίνουν οδηγίες. Υποστηρίζω από την αρχή ότι η πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών μπορεί να συμβάλει στο μετασχηματισμό του παραδοσιακού μαθήματος της γλώσσας σε ένα μάθημα κατά το οποίο η γλώσσα διδάσκεται και ως περιεχόμενο και ως μέσο επικοινωνίας. Επομένως, αξιοποιούμε ενιαία τη γλώσσα ως περιεχόμενο και ως μέσο διδασκαλίας καθώς το ίδιο το σχολείο συνιστά μια γλωσσική διαδικασία (Schleppegrell, 2004). Την παραδοχή ότι οι Φυσικές Επιστήμες μπορούν να μας παρέχουν θεμέλια για

την ανάπτυξη της γλώσσας, ειδικότερα για παιδιά από γλωσσικές μειονότητες, συναντάμε στη σύγχρονη βιβλιογραφία της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (Michaels et al, 2007, σ. 3, 74).

Δεν είναι ότι τα παιδιά Ρομά δεν γνωρίζουν να αφηγούνται, να περιγράφουν, να επιχειρηματολογούν ή να δίνουν οδηγίες. Είναι ότι δε γνωρίζουν τα παραπάνω κειμενικά είδη με τον τρόπο που απαιτεί το σχολείο, στη βάση, δηλαδή, του κυρίαρχου ακαδημαϊκού γραμματισμού. Συνεπώς, το σχολείο οφείλει να διδάξει τον τρόπο αυτό και να μην τον θεωρεί αυτονόητο. Πρέπει, ωστόσο, να το κάνει σε ένα πλαίσιο που να έχει νόημα για τα παιδιά. Αν το πλαίσιο ή/και η συγκεκριμένη γλωσσική δραστηριότητα δεν έχει κάποια σημασία για τα παιδιά, τότε αυτά αποσύρονται ή συμμετέχουν παθητικά. Το σχολείο, όμως, όπως λειτουργεί, όταν διδάσκει τον τρόπο και δεν τον ζητάει ως αυτονόητα γνωστό από τα παιδιά (για παράδειγμα, «Συμπληρώστε την άσκηση με το οριστικό άρθρο ένας/μία/ένα ή το αόριστο άρθρο ο/η/το», ή «Μπορείς να περιγράψεις με λίγα λόγια τι συμβαίνει στο στομάχι κατά τη διάρκεια της πέψης;») το κάνει με έναν τρόπο φορμαλιστικό και χωρίς κανένα νόημα. Συνέπεια αυτού του χαρακτηριστικού είναι να συμμετέχουν τα παιδιά μηχανιστικά στις διαδικασίες της μάθησης.

Ωστόσο, ακριβώς το αντίθετο πρέπει να κάνει το σχολείο, ειδικά ένα σχολείο στο οποίο φοιτούν μαθητές που δεν ανήκουν στο κυρίαρχο κοινωνικοπολιτισμικό πλαίσιο και που δε διαθέτουν εκείνα τα γνωστικά σχήματα τα οποία θεωρούνται αυτονόητα από το σχολείο και επιτρέπουν σε παιδιά από άλλα περιβάλλοντα να συμμετέχουν με ευκολία έστω και μηχανιστικά. Τα σχολεία, επομένως, χρειάζονται ένα πλαίσιο γλωσσικών προσεγγίσεων το οποίο να παρέχει στους μαθητές εμπειρίες γεμάτες με νόημα, με καινούρια θέματα ουσίας και το οποίο να καλλιεργεί την εστίαση στα γλωσσολογικά χαρακτηριστικά των κειμένων που διαβάζουν και γράφουν οι μαθητές για τις καινούριες τους εμπειρίες (Schleppegrell, 2004, σσ. 152-153).

Μία μελέτη περίπτωσης

Θα μοιραστώ μαζί σας την πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην τάξη μας στον Δενδροπόταμο και τη διαδικασία με την οποία δημιουργούμε συνθήκες ενσωμάτωσης του λόγου των παιδιών στη διδασκαλία εν γένει. Καλλιεργώντας το διάλογο δεν ακολουθούμε τον παραδοσιακό τρόπο «παράδοσης» του μαθήματος στα παιδιά. Παρουσιάζω ένα πρόβλημα και αναρωτιέμαι αρχικά για τη δυνατότητα και στη συνέχεια για τους πιθανούς τρόπους επίλυσής του. Έτσι, περιορίζεται ο λόγος μου καθώς οι μαθητές επιδιώκουν με ενδιαφέρον να λύσουν το πρόβλημα διατυπώνοντας υποθέσεις και αναπτύσσοντας επιχειρήματα προκειμένου να τεκμηριώσουν και να υπερασπιστούν την άποψη τους. Μέσα από την αντιπαράθεση τους αυτή καλλιεργείται ο προφορικός τους λόγος. Στη συνέχεια ελέγχουν μόνοι τους τις αρχικές τους υποθέσεις με βάση την εκτέλεση του πειράματος. Κατά τη διάρκεια του ελέγχου οι μαθητές αναδιηγούνται το πείραμα και ελέγχουν επιτόπου τις αρχικές τους υποθέσεις.

Το παράδειγμα που ακολουθεί είναι χαρακτηριστικό για τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούμε στην τάξη μας. Αφορά τα Φυσικά της Ε΄ τάξης και συγκεκριμένα το Φ.Ε. 1: Όγκος (Αποστολάκης κ.α, 2014, σσ. 20-22).

Αφού, λοιπόν, έχουμε καταλήξει πως ο όγκος είναι ο χώρος που «πιάνει» ένα σώμα αναρωτιέμαι πώς μπορούμε να τον μετρήσουμε. Για τα επόμενα λεπτά τα παιδιά διερευνούν πιθανούς τρόπους μέτρησης του όγκου.

Δάσκαλος: Πώς μπορούμε να μετρήσουμε τον όγκο της πατάτας;

A: Με ένα μέτρο.

Περιμένω την συγκεκριμένη απάντηση της μαθήτριας γιατί τα παιδιά είναι εξοικειωμένα με το μέτρο (τη μετροταινία) ως όργανο μέτρησης. Η μαθήτρια σηκώνεται από τη θέση της, παίρνει τη μετροταινία και μετράει.

A: Είναι δέκα εκατοστά.

Δάσκαλος: Τι μέτρησες, από εδώ μέχρι εδώ;

Τα παιδιά δίνουν διάφορες απαντήσεις: *πόσα μέτρα είναι, πόσο μεγάλη είναι, πόσο χοντρή είναι, πόσο χώρο πιάνει, τον όγκο.*

Μέχρι στιγμής τα παιδιά αντλούνε τις απαντήσεις τους από ό,τι σκέφτονται άμεσα και από ό,τι άκουσαν λίγο πριν. Αυτά δεν αρκούν για να οδηγηθούν εκεί που πρέπει. Παρεμβαίνω:

Δάσκαλος: Δεν μετρήσε παιδιά τον όγκο, μετρήσε την απόσταση από εδώ μέχρι εδώ.

A: Θα την μετρήσω αλλιώς!

Μετράει στο «πλάτος» την πατάτα.

A: Έξι εκατοστά.

Δάσκαλος: Μέτρησες όγκο A.;

Δυο παιδιά: Ναι!

Π: Όχι, ρε!

Δάσκαλος: Τι μέτρησε Π.;

Π: Πόσο είναι.

A: Πάλι;

Π: Αφού απόσταση είναι!

Η Α. ξαναδοκιμάζει τρίτη φορά να μετρήσει τον όγκο. Αντιλαμβάνεται πως πρέπει να αλλάξει το όργανο μέτρησης.

A: Ξέρω πώς θα τη μετρήσω; Με το χέρι μου!

Καλύπτει την πατάτα με τη χούφτα της. Στη συνέχεια τη βγάζει ανοίγοντας την παλάμη της όσο γίνεται πιο λίγο. Στο τέλος δείχνοντας τον «άδειο» χώρο υποστηρίζει πως «τόση είναι η πατάτα». Τα παιδιά απαντάνε ότι «δεν μέτρησες με αριθμούς!».

Η συζήτηση συνεχίζεται προκειμένου να βρούμε μια λύση αποδεκτή από την ολομέλεια. Τα παιδιά εξακολουθούν να αντλούν από όσα ήδη γνωρίζουν.

Δάσκαλος: Πώς λοιπόν, μπορούμε να μετρήσουμε τον όγκο μιας πατάτας;

Π: Με μια ζυγαριά!

Δάσκαλος: Η ζυγαριά τι μετράει;

M: Το βάρος!

Θ: Αν μετρήσεις και το ύψος [εννοεί την απόσταση] και το βάρος θα μας φτιάξουν έναν όγκο!

Σ' αυτό το σημείο παρεμβαίνω για να υποστηρίξω τη σκέψη τους. Εισάγω ένα άγνωστο στα παιδιά εργαλείο μέτρησης το ογκομετρικό δοχείο. Ο στόχος μου εδώ δεν είναι να δώσω έτοιμη την απάντηση αλλά να βοηθήσω προτείνοντας την κατεύθυνση προς την οποία πρέπει να κινηθούν για να λύσουν το πρόβλημα της μέτρησης του όγκου ενός σώματος. Έτσι, περιορίζομαι στο εργαλείο και δεν προχωρώ στη διαδικασία μέτρησης αφήνοντας χώρο, συνεπώς και χρόνο, στα παιδιά να σκεφτούν.

Δάσκαλος: Υπάρχει παιδιά άλλος τρόπος να μετρήσουμε τον όγκο. Μπορούμε...

Η Α. βλέπει στα υλικά της ημέρας το μπουκάλι με το νερό και διακόπτει

A: Με το νερό!

Δάσκαλος: Να χρησιμοποιήσουμε το ογκομετρικό δοχείο. Το δοχείο [το δείχνω] που μετράει όγκους. Πόσος είναι ένας όγκος.

Στις αντιδράσεις των παιδιών καταγράφεται πως αυτό δεν θα μπορούσαν να το ξέρουν. Δηλώνουν με διάφορους τρόπους την έκπληξη τους.

Δάσκαλος: Α., λες με το νερό. Πώς μπορώ να το μετρήσω με το νερό;

A: Θα βάλετε νερό. Θα βάλετε και την πατάτα μέσα και θα δούμε... Ή και καθόλου νερό να μην βάλετε.

Δάσκαλος: Χωρίς νερό. Δηλαδή άμα βάλω τη πατάτα μέσα θα μετρήσω τον όγκο της;

Τοποθετώ την πατάτα στο ογκομετρικό δοχείο.

Παιδιά: Όχι!

Δάσκαλος: Άρα, πώς θα μετρήσω τον όγκο;

Παιδιά: Με νερό!

Δάσκαλος: Δηλαδή, Α., τι να κάνω;

A: Να βάλετε μέσα νερό.

Βάζω νερό στο ογκομετρικό δοχείο.

Δάσκαλος: Πόσο νερό;

M: Λίγο!

Π: Μισό.

N: Μισό νερό, κύριε.

Δάσκαλος: Πες μου να σταματήσω.

A: Στοπ, κύριε.

Δάσκαλος: Να βάλω μέσα την πατάτα.

A: Ναι.

Δάσκαλος: Μπορώ να μετρήσω;

Ακολουθεί μικρή συζήτηση στην οποία η Ν. συνεισφέρει μια προϋπόθεση σωστής μέτρησης, να είναι το σώμα σκεπασμένο πλήρως με νερό.

N: Πρέπει να την καλύβει το νερό.

Ρίχνω το νερό μέχρι να «καλύψει» οριακά την πατάτα.

Δάσκαλος: *Τώρα μπορώ να μετρήσω τον όγκο της πατάτας;*

Παιδιά: *Ναι!*

Δάσκαλος: *Ωραία, πόσος είναι;*

Τα παιδιά επιχειρούν να διαβάσουν τον αριθμό στο δοχείο. Η Ζ. τους διακόπτει συνεισφέροντας μια ακόμη επιστημολογική προϋπόθεση.

Ζ: *Κύριε, θα βάλεις πρώτα μέσα νερό, θα μετρήσεις πόσο είναι, θα γράψεις στον πίνακα και μετά θα βάλεις την πατάτα και θα δεις πού θα πάει.*

Φυσικές Επιστήμες και παραγωγή κειμένων

Με διαδικασίες όπως η παραπάνω τα παιδιά επιχειρείται να ανακαλύψουν τη νέα γνώση. Ωστόσο, η πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών παρέχει επιπλέον το αναγκαίο πεδίο για να καλλιεργηθούν ποικίλα κειμενικά είδη (αφηγηματικά, περιγραφικά, επιχειρηματολογικά, κατευθυντικά). Αντλώντας από την επικοινωνιακή προσέγγιση της διδασκαλίας της γλώσσας, αρχικά καλλιεργείται ο προφορικός λόγος των μαθητών σε πραγματικές συνθήκες επικοινωνιακής περίπτωσης. Τα παιδιά παράγουν κείμενα κυρίως προφορικά, αλλά συχνά και γραπτά, με σκοπό να αφηγηθούν μια δραστηριότητα, να αναπτύξουν τα επιχειρήματά τους, να αιτιολογήσουν τις υποθέσεις τους, να περιγράψουν μια διαδικασία.

Ακολουθεί ένα χαρακτηριστικό απόσπασμα διαλόγου. Τρία παιδιά συνοικοδομούν με φυσικό τρόπο και αβίαστα την περιγραφή του πειράματος προκειμένου να πληροφορήσουν έναν συμμαθητή τους που έλειπε για το πώς έγινε το πείραμα. Στο απόσπασμα διαλόγου που παρατίθεται είναι χαρακτηριστικός ο ζήλος των παιδιών να μιλήσουν. Τα τρία παιδιά μιλάνε αυθόρμητα το ένα μετά το άλλο χωρίς την παραμικρή επισήμανση του δασκάλου. Επίσης, τα παιδιά δεν απευθύνονται στο δάσκαλο τους παρά άμεσα στο συμμαθητή τους. Στην προκειμένη περίπτωση, λοιπόν, επικοινωνούν μεταξύ τους αδιαμεσολάβητα. Το στοιχείο αυτό δείχνει ότι στο συγκεκριμένο γλωσσικό στιγμιότυπο ισχύουν σχέσεις ισοτιμίας ανάμεσα στο δάσκαλο της τάξης και στα παιδιά.

Μ: *Κοίτα, βάλουμε μέσα στη φούσκα, πώς το λένε, σόδα φαγητού και μετά σε ένα άδειο μπουκάλι βάλουμε ζύδι μισό*

Σ: *Μισό μπουκάλι.*

Μ: *Ναι. Μετά το έβαλε έτσι [δείχνει με τα χέρια του].*

Θ: *Το κλείσαμε έτσι. Το καπάκι το 'χαμε βγάλει. Η σόδα έπεφτε. Όταν πέφτει η σόδα ενώνεται με το ζύδι και βγάζει αφρό. Κι ύστερα αυτό σηκωνόταν προς τα πάνω [εννοεί τη βάση του μπαλονιού] κι αυτό φούσκωνε [εννοεί όλο το μπαλόνι]. Κατάλαβες;*

Ζ: *Κύριε, να το κάνουμε πάλι;*

Δάσκαλος: *Αν είναι, την άλλη ώρα που έχουμε φυσική. Θέλετε να το ξανακάνουμε δηλαδή;*

Όλοι μαζί: *Ναι!*

Ένα παιδί: *Γιατί είναι ωραίο!*

Μετά την παραγωγή προφορικών κειμένων οι μαθητές διδάσκονται και καλλιεργούν γραπτά τα κειμενικά είδη. Έτσι περιγράφουν ένα πείραμα στο βιβλίο των πειραμάτων. Με τον τρόπο αυτό αβίαστα υλοποιούν γραπτά το κειμενικό είδος της περιγραφής. Στην ίδια λογική γράφουν ένα καθοδηγητικό κείμενο με τις οδηγίες εκτέλεσης του πειράματος προκειμένου να ενημερώσουν άλλα παιδιά του σχολείου. Αρχικά τα παιδιά παράγουν ομαδικά στον πίνακα τα κείμενα. Στη συνέχεια αυτό γίνεται στο πλαίσιο των ομάδων. Σταδιακά τα παράγουν ατομικά.

Η διαδικασία αυτή συμβάλλει στο μετασχηματισμό του πλαισίου διδασκαλίας της γλώσσας. Η γλώσσα διαπλέκεται με το πλαίσιο της πειραματικής διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Αυτό έχει τα εξής οφέλη: 1. Τα παιδιά παράγουν κάθε φορά ένα κείμενο που έχει νόημα γι' αυτά. 2. Κατά τη διάρκεια συνοικοδόμησης του κειμένου τους μαθαίνουν σε πραγματικό χρόνο τη μεταγλώσσα του κειμένου αυτού. Μαθαίνουν δηλαδή εκείνα τα συστατικά στοιχεία της γραμματικής του που είναι απαραίτητα για να συνοικοδομήσουν το κείμενό τους. Για παράδειγμα, παράγουν κείμενο (προφορικό ή γραπτό) για το τι κάνανε στο πείραμα (χρόνος αόριστος). Το μετατρέπουν σε ενεστώτα χρόνο για να γίνει «η αφήγηση πιο ζωντανή» (Ιορδανίδου, Αναστασοπούλου, κ.ά, χχ, σ. 11) στην παραπάνω περίπτωση για να βοηθήσουν ένα συμμαθητή τους να το κάνει μόνος του.

Παρόμοια διαδικασία ακολουθείται για να συνοικοδομήσουν οι μαθητές κι άλλα είδη κειμένων ή για να κάνουν ασκήσεις γραμματικής. Δεν αναιρούμε τη γραμματική. Την εντάσσουμε σε μια λογική ώστε να έχει διπλό νόημα για τα παιδιά: Ως σχολική εργασία, να μην ανθρωπιούνται για το ποιος είναι

ο λόγος να κάνουν τη συγκεκριμένη εργασία ή να μην την κάνουν υποχρεωτικά επειδή το ζητάει το βιβλίο ή ο δάσκαλος. Το δεύτερο σκέλος του νοήματος αφορά στο να κατανοούν άμεσα τα παιδιά το όφελος της συγκεκριμένης σχολικής εργασίας. Μετατρέπουμε το κείμενο από αόριστο σε ενεστώτα χρόνο «για να βοηθήσουμε τον συμμαθητή μας να εκτελέσει μόνος του το πείραμα» ή να συνοικοδομήσουμε ένα κείμενο με οδηγίες για τον ίδιο λόγο.

Η ίδια διαδικασία συμβαίνει και όταν διδάσκουμε επιμέρους στοιχεία της γραμματικής, όπως καταδεικνύεται στο επόμενο παράδειγμα: «Η διδασκαλία του οριστικού και του αόριστου άρθρου στο πείραμα με το μπαλόνι που φουσκώνει μόνο του, καθώς η μαγειρική σόδα έρχεται σε επαφή με το ξύδι»

Η περιγραφή του πειράματος συνοικοδομείται με τις συνεισφορές των παιδιών στην ολομέλεια της τάξης. Κατόπιν ένας μαθητής γράφει στον πίνακα. Σταδιακά με αυτή τη διαδικασία ολοκληρώνεται το κείμενο. Στη συζήτηση, λοιπόν, που γίνεται προκύπτουν οι πραγματικές ανάγκες για την εμπλοκή των παιδιών με την γραμματική του κειμένου. Ξεκινώντας να αφηγηθούν το πείραμα από την αρχή προέκυψε η διαφωνία αν θα γράψουν «Πήραμε ένα μπαλόνι» ή «Πήραμε το μπαλόνι» ή «Πήραμε το μπαλόνι το κόκκινο». Μέσα από την γλωσσική επεξεργασία αυτής της διαφωνίας τα παιδιά διδάσκονται ότι «το οριστικό άρθρο το χρησιμοποιούμε για να μιλήσουμε για κάτι συγκεκριμένο, που είναι γνωστό, ενώ το αόριστο το χρησιμοποιούμε όταν δεν είναι ακόμα γνωστό.» (Ιορδανίδου κ.ά, 2012, σ. 62).

Φέρνοντας τα παιδιά Ρομά στο σχολείο

Το παράδειγμα αυτό είναι ένα από τα πολλά στη λογική που ανέπτυξα παραπάνω. Με τα πειράματα μπορούμε να διδάξουμε είδη λόγου: Αναφορικό λόγο (κείμενα αφηγηματικά, περιγραφικά) κατευθυντικό λόγο (κείμενα επιχειρημάτων, καθοδηγητικά). Επίσης, μπορούμε να διδάξουμε γραμματική. Από τη στιγμή που τα παιδιά φτάνουν σε ένα σημείο να αναρωτιούνται στη ρύμη του λόγου τους, στο πλαίσιο μιας συζήτησης με φυσικό τρόπο, τότε με εξίσου φυσικό τρόπο διδάσκονται. Αυτό σημαίνει ότι διδάσκονται χωρίς καταναγκασμούς. Συνεπώς, δεν είναι ότι απλώς παρακολουθούνε τη διδασκαλία και δεν κάνουν φασαρία, είναι ότι συμμετέχουν ενεργά στη συνοικοδόμηση της. Υποστηρίζω δηλαδή πως για να έρχονται τα παιδιά Ρομά στο σχολείο και να είναι με τον τρόπο που απαιτεί το σχολείο «καλοί μαθητές» πρέπει να μετατραπεί η σχολική τάξη σε ένα ελκυστικό μαθησιακό περιβάλλον στο οποίο να ακούγεται η φωνή τους. Αυτό γίνεται όταν φέρνουν πόρους από την κοινότητά τους στην τάξη, αλλά και όταν εμπλέκονται σε δραστηριότητες σχολικού γραμματισμού. Σε επίπεδο χρήσης της γλώσσας στο σχολείο, αυτό συμβαίνει όταν η γλώσσα χρησιμοποιείται για να συνοδεύσει δράσεις ή να παρουσιάσει δράσεις με τρόπο συναφή με την εμπειρία των παιδιών (Κωστούλη, 2011).

Στο επόμενο παράδειγμα συμπυκνώνεται παραστατικά στο λόγο του μαθητή το πλαίσιο λειτουργίας της σχολικής τάξης όπως αυτό περιγράφεται στην προηγούμενη παράγραφο. Το πείραμα ελκύει τα παιδιά ώστε να έρχονται με όρεξη στο σχολείο. Ακόμα, λειτουργεί στη συνείδηση τους ως διαδικασία ένταξης στο σχολείο καθώς ο Χ. το αξιοποιεί για να πείσει έναν συμμαθητή του με πολλές απουσίες να έρθει στο σχολείο.

Μπαίνει το πρωί ο Χ. στην τάξη. Στα πρώτα δευτερόλεπτα από την είσοδο του στην αίθουσα αναφέρει στον δάσκαλο πως ενημέρωσε τον Γ. που έλειπε την προηγούμενη ημέρα για το πείραμα που κάναμε στην τάξη. Μάλιστα, ο Χ. από μόνος του προτάσσει τον λόγο για τον οποίο τον ενημέρωσε.

Χ: (Στον δάσκαλο): Ξέρεις γιατί του είπα για το πείραμα; Γιατί δεν ερχόταν σχολείο!

Δάσκαλος: Γιατί Χ.; Τι σκέφτηκες και του το είπες;

Χ: (χαμογελώντας). Να 'ρθεί σχολείο κι αυτός!

Δάσκαλος: Μπράβο, Χ., καλή σκέψη!

Με τις διαδικασίες που παρουσίασα παραπάνω θέτουμε υπό αμφισβήτηση:

α) τις θεωρίες της πολιτισμικής αναντιστοιχίας (cultural mismatch) του τρόπου ζωής των Ρομά σε σχέση με το σχολείο. Κατά τη θεωρία αυτή, για τους Ρομά θεωρείται σχεδόν φυσιολογικό να μην θέλουν το σχολείο επειδή ο τρόπος με τον οποίο ζουν και ανατρέφουν τα παιδιά τους δεν ταιριάζει με το σχολικό πλαίσιο.

β) τις θεωρίες του γλωσσικού ελλείμματος (linguistic deficit theories) που αποδίδεται στα παιδιά Ρομά εξαιτίας της καταγωγής τους ή του κοινωνικοπολιτισμικού περιβάλλοντος στο οποίο μεγαλώνουν.

Επίσης, απομακρυνόμαστε από το μεταβιβαστικό μοντέλο οργάνωσης της γνώσης και προσεγγίζουμε αυτό που ο Freire αποκαλεί *γνωσιολογικό κύκλο της μάθησης*. Ο κύκλος αυτός αποτελείται από δύο στιγμές οι οποίες βρίσκονται σε διαλεκτική σχέση μεταξύ τους. Η πρώτη στιγμή του γνωσιολογικού κύκλου είναι αυτή της παραγωγής της νέας γνώσης και έχει να κάνει με το καινούριο. Η δεύτερη στιγμή αφορά εκείνη κατά την οποία η παραγόμενη γνώση γίνεται αντιληπτή ή κατανοητή. Αφορά δηλαδή τη στιγμή κατά την οποία μαθαίνει κάποιος την υπάρχουσα γνώση. Συνήθως η γνώση παράγεται κάπου αλλού, μακριά από τους μαθητές, τη μεταφέρει ο δάσκαλος στην τάξη και ζητάει από τα παιδιά να την απομνημονεύσουν. Διχοτομεί με τον τρόπο αυτό τον γνωσιολογικό κύκλο της μάθησης και περιορίζει τη διεργασία της μάθησης της γνώσης σε μιαν απλή διαδικασία μεταφοράς της. Έτσι, ο δάσκαλος γίνεται ειδικός στη μεταφορά γνώσης. Με τη διχοτόμηση, ωστόσο, της διαδικασίας στερούνται ο δάσκαλος και ο μαθητής μερικές αναγκαίες διεργασίες για την παραγωγή και την πρόσληψη της γνώσης, όπως είναι η δράση, ο κριτικός στοχασμός, η περιέργεια, η έρευνα, η αβεβαιότητα (Freire & Shor, 2011).

Εν κατακλείδι

Στα παιδιά αρέσει η πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και λειτουργεί ως κίνητρο για να έρθουν στο σχολείο. Ζητάνε να κάνουν μόνα τους τα πειράματα. Ζητάνε, ακόμη, να τα δείχνουν στους δικούς τους. Επειδή τα υλικά των πειραμάτων είναι καθημερινά υλικά, μπορούν να τα εντοπίσουν και να κάνουν το πείραμα χωρίς βοήθεια. Μιλάνε δηλαδή στο σπίτι τους για ό,τι έκαναν στο σχολείο αναπλαισιώνοντας έτσι την σχολική τους εμπειρία. Αυτό συνεπάγεται μια μορφή σύνδεσης σχολείου-σπιτιού. Τέλος, ζητάνε να κάνουμε πειράματα κάθε μέρα και απογοητεύονται όταν τους υπενθυμίζω πως σήμερα δεν έχουμε Φυσικά. Είναι χαρακτηριστική η απάντηση ενός μαθητή μας («*Εγώ για τα πειράματα έρχομαι σχολείο*»). Όταν λείπει κάποιος συμμαθητής τους μια μέρα, την επόμενη τον οικτίζουν για το ότι «έχασε» το πείραμα στη Φυσική και του το αφηγούνται. Η αφήγηση μπορεί να είναι είτε προφορική είτε γραπτή. Και στις δυο περιπτώσεις πάλι δημιουργούνται συνθήκες αναπλαισίωσης της γνώσης.

Οι μαθητές Ρομά μαθαίνουν να χρησιμοποιούν την ελληνική ως δεύτερη γλώσσα καθώς χρειάζεται να προβαίνουν σε δυο εξίσου απαιτητικές νοητικές διεργασίες, να μεταφράζουν στη γλώσσα τους το λόγο της διδασκαλίας, να τον χρησιμοποιούν στα ελληνικά ολοκληρωμένα στο επίπεδο του κειμένου (προφορικού ή γραπτού) – όχι της πρότασης - και συγχρόνως να επεξεργάζονται τα φαινόμενα και τις έννοιες που διδάσκονται.

Καθώς τα παιδιά διεπιδρούν γλωσσικά εξίσου μεταξύ τους και με το δάσκαλο, συμβάλλουν στη συνοικοδόμηση της διδασκαλίας. Με τον τρόπο αυτό δεν παραιτούνται από το μάθημα γιατί πρόκειται για ένα δικό τους μάθημα, και όχι για μάθημα του βιβλίου ή του δασκάλου τους.

Ο λόγος της πειραματικής διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών με απλά υλικά αναδεικνύει γλωσσικά χαρακτηριστικά τα οποία μπορώ να τα διδάξω στα παιδιά μέσα από πραγματικές καταστάσεις και ανάγκες. Εδώ, δεν ήταν ο σκοπός μου να τα παρουσιάσω διεξοδικά αλλά να προτείνω έναν εναλλακτικό τρόπο προσέγγισης τους. Εναλλακτικό με την έννοια ότι καλύπτει συγκεκριμένες ανάγκες και όχι τη βούληση μιας συγγραφικής ομάδας όπως αυτή ανταποκρίνεται στο ΑΠΣ (Χαραλαμπίδης και Χατζησαββίδης, 1997).

Η παραγωγή λόγου, όπως περιγράφηκε, μέσα από την πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σε συνδυασμό με το άμεσο ενδιαφέρον των παιδιών Ρομά με αυτές τις διαδικασίες συμβάλλει στη δημιουργία των αναγκαίων προϋποθέσεων για την ένταξη των παιδιών στο σχολείο. Με την παρουσίαση της συγκεκριμένης προσέγγισης δεν εννοώ πως είναι από μόνη της αρκετή για το γραμματισμό των παιδιών Ρομά. Εννοώ, ωστόσο, πως μπορεί να συνδιαμορφώσει με άλλες συνιστώσες γραμματισμού μια συνισταμένη για την ένταξη και φοίτηση με όρους «σχολικής επιτυχίας» των παιδιών Ρομά στο σχολείο.

Αναφορές

- Freire, P. & Shor, I. (2011). *Απελευθερωτική παιδαγωγική. Διάλογοι για τη μετασχηματιστική εκπαίδευση*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Michaels S., Shouse A., Schweingruber A., 2007. *Ready, Set, Science*. <http://www.nap.edu/catalog/11882.html>
- Schleppegrell M. (2004). *The Language of schooling. A Functional linguistics Perspective*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

- Αποστολάκης, Ε., Παναγοπούλου, Ε., Σάββας, Α., Τσαγλιώτης, Ν., Μακρή, Β., Πανταζής, Γ., Πετρέα, Κ., Σωτηρίου, Σ., Τόλιας, Β., Τσαγκογέωργα, Α., Καλκάνης, Γ. (2014). *Φυσικά Ε΄ Δημοτικού. Ερευνώ και ανακαλύπτω. Τετράδιο Εργασιών*. Αθήνα: Εκπαιδευτήρια «ελληνογερμανική αγωγή» http://www.pi-schools.gr/books/dimotiko/fisiki_e/erg_1_49.pdf
- Ιορδανίδου, Α., Αναστασοπούλου, Α., Γαλανόπουλος, Ι., Δρυς, Ι., Κόττα, Α., Χαλκιάς, Π. (2012). *Γλώσσα Ε΄ Δημοτικού. Της γλώσσας ρόδι και ροδάκι. α΄ τεύχος*. Αθήνα: Πατάκης http://www.pi-schools.gr/books/dimotiko/glossa_e/e_mat_1.pdf
- Ιορδανίδου, Α., Αναστασοπούλου, Α., Γαλανόπουλος, Ι., Δρυς, Ι., Κόττα, Α., Χαλκιάς, Π. (χχ). *Γλώσσα Ε΄ Δημοτικού. Της γλώσσας ρόδι και ροδάκι. Βιβλίο Δασκάλου Μεθοδολογικές οδηγίες*. Αθήνα: Πατάκης http://www.pi-schools.gr/books/dimotiko/glossa_e/e_dask.pdf
- Ιορδανίδου, Α., Κανελλοπούλου, Ν., Κοσμά, Κ., Κουταβά, Β., Οικονόμου, Π., Παπαϊωάννου, Κ., (χχ). *Γλώσσα ΣΤ΄ Δημοτικού Λέξεις... φράσεις... κείμενα. Βιβλίο Δασκάλου. Μεθοδολογικές οδηγίες*. http://www.pi-schools.gr/books/dimotiko/glossa_st/st_dask.pdf
- Κωστούλη, Τ. (2011) *Η γλώσσα [ανάγνωση και γραφή] ως τοπικά εδρασμένη κοινωνική πρακτική: Δεδομένα από τη διδασκαλία της ελληνικής γλώσσας σε παιδιά Ρομά*. Πρακτικά Διεθνούς Συνεδρίου Παιδαγωγική, Πολιτισμός, Πολιτικές: Ο διάλογος της εκπαίδευσης. <http://www.eled.auth.gr/documents/conference-noesis/13c.pdf>
- Τσιάκαλος, Γ. (2002). *Η υπόσχεση της παιδαγωγικής*. Θεσσαλονίκη: Παρατηρητής.
- Χαραλαμπόπουλος, Α. & Χατζησαββίδης, Σ. (1997). *Η διδασκαλία της λειτουργικής χρήσης της γλώσσας: Θεωρία και πρακτική εφαρμογή. Μια εναλλακτική πρόταση για τη διδασκαλία της νέα ελληνικής στην υποχρεωτική εκπαίδευση*. Θεσσαλονίκη: Κώδικας.
- Χατζηνικολάου, Α. (2005) *Αλφαριθμητισμός παιδιών Ρομά μέσα από τη διδασκαλία των ανθρωπίνων δικαιωμάτων: Δυνατότητες και περιορισμοί*. Διδακτορική διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Ανάπτυξη και αξιολόγηση ενός εργαλείου για τη μέτρηση των στάσεων των φοιτητών στην αξιοποίηση των πειραμάτων στη διδακτική πρακτική

Γεώργιος Στύλος
Δάσκαλος (PhD)
gstylos@gmail.com

Κωνσταντίνος Κώτσης
Καθηγητής, Π.Τ.Δ.Ε. Ιωαννίνων
kkotsis@uoi.gr

Δημήτριος Μαυρίδης
Επίκουρος Καθηγητής, Π.Τ.Δ.Ε. Ιωαννίνων
dimi.mavridis@googlemail.com

Περίληψη

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη και η αξιολόγηση ενός εργαλείου-ερωτηματολογίου για τη διερεύνηση των στάσεων των εν δυνάμει και εν ενεργεία εκπαιδευτικών για το πείραμα στα πλαίσια της διδασκαλίας της Φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο. Το εργαλείο αποτελείται από τέσσερις κλίμακες: θετικά ή αρνητικά συναισθήματα, παρόθηση-κίνητρα, αξιοχρησιμότητα και εμπιστοσύνη στην αξιοποίηση των πειραμάτων οι οποίες επιβεβαιώθηκαν μέσα από την διερευνητική παραγοντική ανάλυση. Σκοπός του είναι η αξιολόγηση και η βελτίωση των διδακτικών παρεμβάσεων που πραγματοποιούνται σε επιμορφώσεις, εργαστήρια ή διδασκαλίες μέσω των μετρήσεων των κλιμάκων των στάσεων για τα πειράματα πριν και μετά τις παρεμβάσεις.

Λέξεις κλειδιά: στάσεις, πείραμα, ερωτηματολόγιο, Φυσική

Εισαγωγή

Τα πειράματα κατέχουν κεντρικό ρόλο στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) και όλα σχεδόν τα βιβλία αναφέρονται στο γεγονός ότι η Φυσική (για παράδειγμα) είναι μια πειραματική επιστήμη και ότι η γνώση της Φυσικής βασίζεται στα πειράματα (Koronen & Mäntylä, 2006). Σύμφωνα με την ανασκόπηση της ελληνικής αλλά και ξένης βιβλιογραφίας, φαίνεται να υπάρχει έλλειψη ενός εργαλείου μέτρησης των αλλαγών των στάσεων των εκπαιδευτικών για το πείραμα στα πλαίσια μιας διδακτικής παρέμβασης. Ένα τέτοιο εργαλείο είναι χρήσιμο γιατί μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας κάποιας εφαρμοζόμενης παρέμβασης. Ενδεικτικά, οι όποιες εργασίες υπάρχουν, διερευνούν είτε τις στάσεις των εκπαιδευτικών για τους σκοπούς της πρακτικής εργασίας (Swain & all, 2000; Abrahams & Saglam, 2010), είτε επιμέρους υποκατασκευές των στάσεων όπως φόβο ή ανησυχία για την εργαστήρια (Bowen, 1999) είτε τις στάσεις για μαθησιακά περιβάλλοντα (Fraser, 1995; Kim et al, 1999).

Σ' ότι αφορά τις στάσεις προς τις Φ.Ε., ο Gardner (1975a) όρισε τη στάση σαν μια επίκτητη προδιάθεση που αξιολογεί με ορισμένους τρόπους αντικείμενα, ανθρώπους, δράσεις, καταστάσεις ή προτάσεις που εμπλέκονται στη μάθηση των Φ.Ε.. Η στάση προς τις Φ.Ε. περιλαμβάνει ένα αντικείμενο προς το οποίο η στάση κατευθύνεται, όπως οι Φ.Ε., τα μαθήματα των Φ.Ε., την εργασία στο εργαστήριο, το πείραμα κ.ά. (Schibeci, 1983). Οι Koballa & Crawley (1985) και Koballa & Glynn (2007) πρότειναν πως οι στάσεις προς τις Φ.Ε. μπορούν να θεωρηθούν σαν ένα επίκτητο και διαρκές θετικό ή αρνητικό συναισθημα για τις Φ.Ε., το οποίο χρησιμεύει σαν μια κατάλληλη περίληψη μιας ευρείας ποικιλίας πεποιθήσεων για τις Φ.Ε. και δήλωσαν πως είναι σημαντικές διότι επιτρέπουν την πρόβλεψη των συμπεριφορών που έχουν σχέση με τις Φ.Ε. Σύμφωνα με τον Koballa (1988) και άλλους ερευνητές τα χαρακτηριστικά των στάσεων είναι τρία: οι στάσεις μαθαίνονται (Koballa, 1988), οι στάσεις είναι επίμονες με την πάροδο του χρόνου (Hill et al, 1995; Koballa, 1988; Reid

2006) και οι στάσεις και η συμπεριφορά συσχετίζονται (Koballa, 1988; Shrigley, 1990). Ένα τέταρτο χαρακτηριστικό είναι πως η στάση αποτελεί μια λειτουργία των προσωπικών πεποιθήσεων (Ajzen, 1988; Zint, 2002). Με βάση το τρισδιάστατο μοντέλο των Rosenberg & Hovland (1960), οι Eagly & Chaiken (1993) βλέπουν το συναισθηματικό, το γνωστικό και το συμπεριφορικό στοιχείο ως παράγοντες που καθορίζουν τις στάσεις (δηλαδή ως διεργασίες μέσω των οποίων διαμορφώνονται οι στάσεις) ή συνέπειες των στάσεων (δηλαδή, ως αντιδράσεις που προκαλούν οι στάσεις) όπως αναφέρεται από την Κοκκινάκη (2005). Η Χαλκιά (1995) από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας παρατήρησε πως οι στάσεις ενός ατόμου επηρεάζονται από τα πιστεύω του (πεποιθήσεις) και συνδέονται με τα συναισθήματα του. Αυτά τα συναισθήματα είναι επίκτητα (έχουν διαμορφωθεί υπό την επίδραση πεποιθήσεων που έχει αποκτήσει το άτομο ως προς ορισμένες καταστάσεις, γεγονότα, ιδέες, πρόσωπα και στοιχεία του περιβάλλοντος του), είναι σταθερά και διαρκούν μεγάλα χρονικά διαστήματα και δημιουργούν μια προδιάθεση στο άτομο, ώστε να δρα με έναν ορισμένο τρόπο σε ιδέες, γεγονότα, καταστάσεις και στοιχεία του περιβάλλοντός του. Επομένως, οι στάσεις επιδρούν στις συμπεριφορές του και έχουν, συνεπώς, άμεσο αντίκτυπο στην εκπαιδευτική πρακτική, εφόσον το σχολείο και τα αντικείμενα που διαπραγματεύεται, αποτελούν ζωντανά και ερεθιστικά στοιχεία του περιβάλλοντος του παιδιού. Πολλοί από τους εκπαιδευτικούς έχουν αρνητικές εμπειρίες των Φ.Ε. από όταν ήταν οι ίδιοι μαθητές, και κατά συνέπεια έχουν αναπτύξει αρνητική στάση προς αυτές (Mulholland & Wallace, 1996; Tosun, 2000). Επίσης, πολλοί εκπαιδευτικοί έχουν φτωχή επιστημονική γνώση (Stevens & Wenner, 1996; Lloyd et al, 1998; Trundle et al, 2002) και έλλειψη εμπιστοσύνης στην ικανότητα να διδάξουν το μάθημα των Φ.Ε. (Tosun, 2000; Palmer, 2001; Van Zee et al, 2003; Appleton, 2003; 2006; Nilsson, 2008; 2009;). Σε ορισμένες περιπτώσεις, η επίδραση της χαμηλής εμπιστοσύνης μπορεί να είναι τόσο ακραία που οι εκπαιδευτικοί Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης (Π.Ε.) αξιοποιούν παραδοσιακές προσεγγίσεις περιορίζοντας με αυτόν τον τρόπο τους μαθητές από το να αποκτήσουν επιστημονικό εγγραμματισμό, αναβάλλουν συνεχώς ή ακόμη και αποφεύγουν εντελώς τη διδασκαλία των Φ.Ε. και δεν αξιοποιούν τις διδακτικές προσεγγίσεις που προβλέπονται από τα σύγχρονα Αναλυτικά Προγράμματα (Appleton, 2002; Appleton & Kindt, 2002; Weiss et al, 2003; Bencze & Urton, 2006;).

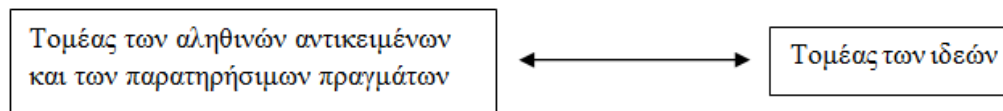
Οι εκπαιδευτικοί με λιγότερο θετικές στάσεις μοιράζονται κάποια χαρακτηριστικά, όπως αυτό της χαμηλής εμπιστοσύνης και αυτό-αποτελεσματικότητας, αφιερώνουν λίγο χρόνο συζητώντας και διδάσκοντας τα θέματα των Φ.Ε. στην τάξη τους, βασίζονται περισσότερο σε τυποποιημένες μεθόδους και χαμηλού επιπέδου διδασκαλίες και είναι λιγότερο ικανοί να τονώσουν τις στάσεις των μαθητών τους (Van Aalderen-Smeets & Walma van der Molen, 2013).

Έρευνες σε εν ενεργεία και μελλοντικούς εκπαιδευτικούς στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση έχουν αποδείξει πως πολλοί από αυτούς έχουν αρνητικές στάσεις απέναντι στις Φ.Ε. (αντιπαθούν τις Φ.Ε. και έχουν έλλειψη αυτοπεποίθησης ή εμπιστοσύνης) (Abell & Smith, 1994; Pedersen & McCurdy, 1992). Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι οι εκπαιδευτικοί που έχουν αρνητική στάση απέναντι στις Φ.Ε. μπορούν, μέσω των δικών τους δράσεων, να περάσουν αυτήν τη στάση στις τάξεις τους στους μαθητές (Koballa & Crawley, 1985; Jarvis & Pell, 2004; Osborne, Simon, & Collins, 2003).

Κατά τη Χαλκιά (1995), στην ελληνική πραγματικότητα, οι αιτίες που προκαλούν την αρνητική στάση των εκπαιδευτικών ως προς τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής εντοπίζονται στην αρχική αρνητική στάση τους ως προς τα μαθήματα της Φυσικής (η οποία είχε ήδη δημιουργηθεί κατά τη διάρκεια των δικών τους μαθητικών χρόνων), στην ελλιπή γνώση του περιεχομένου της Φυσικής και στην ελλιπή γνώση της Διδακτικής της Φυσικής. Τα αποτελέσματα της έρευνάς της αναφέρουν πως οι καθοριστικοί παράγοντες για τη διαμόρφωση θετικών στάσεων απέναντι στη διδασκαλία της Φυσικής και, βέβαια, στη χρήση των πειραμάτων στο μάθημα της Φυσικής είναι: α) η επαρκής γνώση του περιεχομένου και της μεθοδολογίας της Φυσικής και β) η επαρκής γνώση των μεθόδων διδακτικής προσέγγισης του μαθήματος της Φυσικής. Κεντρικό ρόλο συνεχίζει να κατέχει στις μέρες μας η πρακτική εργασία στη διδασκαλία των Φ.Ε. Ωστόσο, ποικίλλει ως προς το είδος, αλλά και τους σκοπούς τους οποίους εξυπηρετεί (Κόκκοτας 2004).

Ο ρόλος της πρακτικής εργασίας στη διδασκαλία και τη μάθηση του επιστημονικού περιεχομένου είναι να βοηθήσει τους μαθητές να συνδέσουν τους δύο τομείς της γνώσης: από τη μια πλευρά τον τομέα των αντικειμένων και των παρατηρήσιμων ιδιοτήτων και γεγονότων και από την άλλη πλευρά τον τομέα των ιδεών (Σχήμα 1). Πιο συγκεκριμένα, ως πρακτική εργασία μπορεί να οριστεί η κάθε διδακτική και μαθησιακή δραστηριότητα που περιλαμβάνει ως ένα βαθμό το μαθητή στην παρατήρηση ή το χειρισμό αντικειμένων και υλικών (Millar et al. 2002, Millar 2004). Οι Lunetta *et al.*

(2007) δίνουν έναν κλασσικό ορισμό «... οι μαθησιακές εμπειρίες στις οποίες οι μαθητές αλληλεπιδρούν με υλικά ή δευτερεύοντες πηγές δεδομένων για παρατήρηση και κατανόηση του φυσικού κόσμου...».



Σχήμα 1. Πρακτική εργασία: Σύνδεση των δύο τομέων της γνώσης (Millar et al, 2002)

Η πρακτική εργασία στις Φ.Ε. είναι ενεργητική (hands on) εμπειρία που προτρέπει να σκεφτόμαστε σχετικά με τον κόσμο στον οποίο ζούμε. Αποτελείται από έναν πυρήνα δύο τύπων δραστηριοτήτων:

- επιστημονικές τεχνικές και διαδικασίες
- επιστημονικές έρευνες και διερευνήσεις (inquiry).

Κάθε μια από αυτές τις βασικές δραστηριότητες δεν υποστηρίζει μόνο τη φυσική ανάπτυξη των δεξιοτήτων, αλλά, συγχρόνως, συμβάλλει στη διαμόρφωση της κατανόησης των επιστημονικών εννοιών και φαινομένων (Σχήμα 1). Η ενεργητική προσέγγιση που προσφέρεται από την πρακτική εργασία αμφισβητεί συχνά τις παρανοήσεις των μαθητών με αποτέλεσμα να διευρύνει την επιστημονική κατανόησή τους. Επιπλέον, οι επιδείξεις των πειραμάτων από τους εκπαιδευτικούς είναι μια πολύτιμη εμπειρία. Επιτρέπουν, για παράδειγμα, στους μαθητές να αποκτήσουν εμπειρία πιο θεαματικών πειραμάτων από πρώτο χέρι. Παράλληλα, οι επιδείξεις είναι χρήσιμες για τη μοντελοποίηση της επιστημονικής διαδικασίας παρέχοντας με τον τρόπο αυτό στους μαθητές τη δυνατότητα να αναπτύξουν τις δεξιότητές τους (SCORE, 2009).

Πολλοί λόγοι συντρέχουν για την αξιοποίηση της πρακτικής εργασίας στο σχολείο και στο μάθημα των Φ.Ε. Οι πιο συχνόι που αναφέρονται από τους εκπαιδευτικούς είναι οι εξής (SCORE, 2008):

- να ενθαρρύνει τις παρατηρήσεις και τις περιγραφές με ακρίβεια
- να κάνουν τα φαινόμενα πιο αληθινά
- να ενδυναμώσει και να διατηρήσει το ενδιαφέρον
- να προωθήσουν μια λογική και συλλογιστική μέθοδο σκέψης.

Ακόμη, έρευνα του Kidman (2012) σε μελλοντικούς εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην Αυστραλία κατέδειξε πως οι κύριοι σκοποί αξιοποίησης της πρακτικής εργασίας είναι:

- η προώθηση της επιστημονικής σκέψης
- η δυνατότητα συνεργασίας ανάμεσα στους μαθητές
- η εκπαίδευση στην επίλυση προβλημάτων και την διεξαγωγή διερευνήσεων
- η δυνατότητα πρακτικής που ακολουθεί μια σειρά οδηγιών
- η πρόκληση ενδιαφέροντος και ευχαρίστησης μέσα από μια πραγματική εμπειρία.

Οι βασικότεροι λόγοι εξαιτίας των οποίων δεν πραγματοποιούνται πειράματα στην υποχρεωτική εκπαίδευση είναι οι εξής (Καρανίκας, 2000; Κουμαράς, 2002; Κώτσης, 2005; Κώτσης & Μπασιάκος, 2009; Χαλκιά, 1999):

- η έλλειψη στα σχολεία των ειδικών υλικών, οργάνων και συσκευών που απαιτούνται
- η έλλειψη στα σχολεία των ειδικών χώρων που απαιτούνται
- ο φόβος της αποτυχίας κατά την εκτέλεση του πειράματος
- ο φόβος μήπως συμβεί κάποιο ατύχημα κατά την εκτέλεση του πειράματος
- η έλλειψη χρόνου που απαιτείται για την οργάνωση και πραγματοποίηση των πειραμάτων

Στη χώρα μας, γνωστικοί στόχοι, δηλαδή στόχοι που σχετίζονται με τη μάθηση του περιεχομένου, επιδιώκονται κυρίως από τους εκπαιδευτικούς, όταν πραγματοποιούν ή όταν σκέπτονται να κάνουν πειράματα. Πέραν, όμως, των γνωστικών στόχων υπάρχουν και άλλοι στόχοι της πειραματικής διδασκαλίας, όπως λόγου χάρη:

α) γνωστικής ανάπτυξης, δηλαδή στόχοι που σχετίζονται με τη μάθηση περιεχομένου ή μεθοδολογίας με σκοπό όχι μόνο τη δημιουργία μελλοντικών επιστημόνων ή μηχανικών, αλλά και την ευρύτερη νοητική ανάπτυξη των μαθητών

β) συναισθηματικοί, δηλαδή που στοχεύουν στην καλλιέργεια θετικής στάσης του μαθητή απέναντι στο μάθημα της φυσικής

γ) κοινωνικοί, δηλαδή ο μαθητής αναλαμβάνοντας να κάνει πειράματα ανά μικρές ομάδες μαθαίνει να συνεργάζεται με τους άλλους, να συζητά τις απόψεις του και να τις υποστηρίζει, να αποδέχεται τις απόψεις των συμμαθητών του και

δ) ψυχοκινητικοί, δηλαδή στόχοι για την απόκτηση χειρωνακτικών δεξιοτήτων από τον μαθητή.

Οι παραπάνω στόχοι αλληλοπλέκονται μεταξύ τους, δηλαδή ούτε μπορεί να απομονωθεί ούτε να εξυπηρετηθεί ο καθένας ξεχωριστά (Κουμαράς 2002β).

Επίσης, σύμφωνα με την βιβλιογραφία, οι στάσεις δεν αποτελούνται από μία μοναδική ενιαία δομή, αλλά από ένα μεγάλο αριθμό υποκατασκευών, οι οποίες όλες μαζί συμβάλλουν με διάφορα ποσοστά στις στάσεις ενός ατόμου προς τις Φ.Ε. (Ajzen, 2001; Desy et al.; 2009; Dhindsa & Chung, 2003; Menis, 1989; Osborne et al, 2003; Schwarz, 2008), όπως είναι οι στάσεις για το μάθημα και το πείραμα, τα αισθήματα ανασφάλειας και φόβου, η αξία και χρησιμότητα της Φυσικής, η παρώθηση κ.λπ.

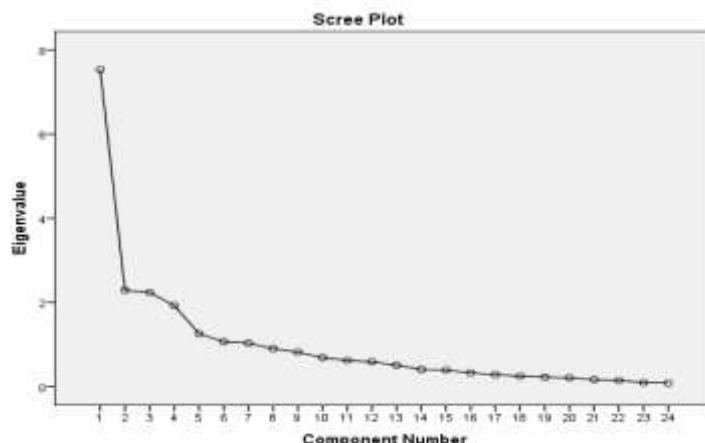
Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη και η αξιολόγηση ενός εργαλείου- ερωτηματολογίου το οποίο θα μετρά τέσσερις υποκατασκευές των στάσεων: αξία και χρησιμότητα του πειράματος για τους φοιτητές, παρώθηση και κίνητρα για την αξιοποίηση των πειραμάτων, θετικά ή αρνητικά συναισθήματα για το πείραμα και τέλος την εμπιστοσύνη που νιώθουν στην αξιοποίηση των πειραμάτων.

Μέθοδος

Το αρχικό ερωτηματολόγιο αποτελούνταν από 26 δηλώσεις σε μια πενταβάθμια κλίμακα Likert (1= Διαφωνώ πολύ, 2= Διαφωνώ, 3= Ουδέτερος, 4= Συμφωνώ, 5= Συμφωνώ πολύ) οι οποίες προέρχονται από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και από την προσωπική εμπειρία (Epacks & Riggs, 1990; Anderson, 1976; Shulman & Tamir, 1973; Abrahams & Saglam, 2010; Στύλος, 2014; Χαλκιά, 1995). Η προσαρμογή στα ελληνικά πραγματοποιήθηκε από δύο ερευνητές. Οι δύο προσαρμογές δεν παρουσίασαν ιδιαίτερες διαφορές, όπως, επίσης, και η μετέπειτα προσαρμογή των ερωτήσεων στα αγγλικά σε σχέση με τις αρχικές ερωτήσεις. Το ερωτηματολόγιο μοιράστηκε σε 60 τριτοετείς φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Μετά την συμπλήρωση του ερωτηματολογίου, ζητήθηκε από τους φοιτητές να σχολιάσουν τη σαφήνεια των ερωτημάτων και αν σχετίζονται με τον στόχο που θέσαμε. Αρκετοί φοιτητές μας ανέφεραν δύο ερωτήματα τα οποία τελικά δεν συμπεριλήφθηκαν στην στατιστική ανάλυση που ακολουθήθηκε.

Για την ανάλυση των ερωτήσεων χρησιμοποιήθηκε διερευνητική παραγοντική ανάλυση (exploratory factor analysis). Συγκεκριμένα, για την εξαγωγή των παραγόντων εφαρμόστηκε η μέθοδος της Ανάλυσης Βασικών Συνιστωσών (Principal Component Analysis) με Ορθογώνια Περιστροφή των αξόνων με τη μέθοδο Varimax, η οποία, κατά τους Sharma (1996) και Hair et al. (1995), αποτελεί μία από τις δημοφιλέστερες μεθόδους ορθογώνιας περιστροφής. Για τον έλεγχο της συσχέτισης και καταλληλότητας παραγοντοποίησης των ερωτήσεων χρησιμοποιήθηκε το μέτρο K.M.O. (Kaiser- Mayer- Olkin), το οποίο είναι το πλέον δημοφιλές διαγνωστικό μέτρο και οι τιμές του κυμαίνονται από 0 έως 1, με τιμές κοντά στη μονάδα να συνιστούν παραγοντοποίηση των ερωτήσεων και τιμές μικρότερες του 0.5 να συνιστούν την μη πραγματοποίηση παραγοντικής ανάλυσης. Για περαιτέρω και πληρέστερη εξέταση της καταλληλότητας των δεδομένων για παραγοντική ανάλυση, έγινε ο έλεγχος Σφαιρικότητας του Bartlett (Bartlett's Test of Sphericity) ο οποίος διερευνά την υπόθεση ότι οι μεταβλητές είναι ασυσχέτιστες. Χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης Cronbach's alpha για την εκτίμηση της αξιοπιστίας των ερωτήσεων. Ο εν λόγω δείκτης κυμαίνεται από το 0 έως το 1 με τιμές μεγαλύτερες του 0.7 να είναι ενδεικτικές της υψηλής αξιοπιστίας των ερωτήσεων. Για τον προσδιορισμό του αριθμού των παραγόντων έχουν αναπτυχθεί πολλά κριτήρια. Τα πλέον δημοφιλή είναι το κριτήριο της ιδιοτιμής (Eigenvalue) και το Scree Plot (Sharma, 1996). Ένα άλλο σημαντικό κριτήριο, για την επιλογή του πλήθους των παραγόντων, είναι το κριτήριο του ποσοστού της Διακύμανσης, το οποίο ερμηνεύουν οι παράγοντες. Δεν είναι ασυνήθιστο, μία λύση που υπολογίζει το 60% της συνολικής διακύμανσης (και σε κάποιες περιπτώσεις ακόμη λιγότερο) να θεωρείται ικανοποιητική (Hair et al, 1995). Τέλος, για τον έλεγχο της συνεισφοράς των μεταβλητών, στο σχηματισμό των παραγόντων, ελέγχθηκαν οι φορτίσεις/επιβαρύνσεις (loadings) τους και οι οποίες ποικίλουν ανάλογα με το μέγεθος του δείγματος.

Η διερευνητική παραγοντική ανάλυση (exploratory factor analysis) στις 24 ερωτήσεις ανέδειξε επτά παράγοντες με ιδιοτιμές μεγαλύτερη του ενός, ενώ στο Scree Plot υπάρχει μια απότομη κλίση της ευθείας από τον τέταρτο παράγοντα και μετά.



Σχήμα 2. Το Scree Plot των ιδιοτιμών και του αριθμού των παραγόντων

Λαμβάνοντας υπόψη το Scree Plot, και τρέχοντας την παραγοντική ανάλυση με τέσσερις παράγοντες με loadings μεγαλύτερα ή ίσα του 0.5, επιβεβαιώνονται οι κλίμακες που είχαν από εξ αρχής σχεδιαστεί να προκύψουν με εξαίρεση τέσσερις ερωτήσεις. Οι τελευταίες είτε είχαν χαμηλές φορτίσεις, είτε παρουσιάζονταν ταυτόχρονα σε δύο παράγοντες με υψηλές φορτίσεις, είτε δεν ταίριαζαν με τον αντίστοιχο παράγοντα. Επίσης, οι αρνητικές διατυπωμένες ερωτήσεις, επανακωδικοποιήθηκαν αντιστρέφοντας την πολικότητά τους.

Η τελική εφαρμογή της παραγοντικής ανάλυσης στις είκοσι εναπομείνουσες ερωτήσεις ανέδειξε τους τέσσερις παράγοντες των οποίων τα στατιστικά στοιχεία παρουσιάζονται στους πίνακες (Πίνακας 1, 2 και 3). Ο συντελεστής Cronbach's Alpha του ερωτηματολογίου είναι 0,87. Να σημειωθεί πως οι ερωτήσεις 2, 4 και 5 της κλίμακας Συναισθήματα εμφανίστηκαν και στον παράγοντα Παρόθηση-Κίνητρα με πολύ μικρότερες φορτίσεις που κυμαίνονταν στο 0.35-0.40 και το οποίο θα μελετηθεί διεξοδικά αν και εφόσον προκύψει και στην κύρια έρευνα που θα ακολουθήσει.

Αρχικά, από το KMO and Bartlett's Test (Πίνακας 1) παρατηρείται ότι η τιμή του KMO είναι αποδεκτή, αφού είναι 0.745, ενώ η τιμή p του Bartlett's Test δείχνει ότι δεδομένα είναι κατάλληλα για παραγοντική ανάλυση.

Πίνακας 1 Αποτελέσματα του KMO και Bartlett's Test

| KMO and Bartlett's Test | | |
|--|--------------------|---------|
| Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy. | | ,745 |
| Bartlett's Test of Sphericity | Approx. Chi-Square | 567,801 |
| | df | 190 |
| | Sig. | ,000 |

Στον Πίνακα 2, παρατηρούνται οι τέσσερις κλίμακες των στάσεων του πειράματος και οι αντίστοιχες υψηλές φορτίσεις των ερωτήσεων. Οι κλίμακες εξηγούν περίπου το 61% της συνολικής δειγματικής διακύμανσης.

Πίνακας 2. Οι τέσσερις κλίμακες των στάσεων

| | Συναισθήματα | Αξία Χρησιμότητα | Παρόθηση, Κίνητρα | Εμπιστοσύνη |
|---|--------------|------------------|-------------------|-------------|
| 1. Μου αρέσει να κάνω πειράματα Φυσικής | ,865 | | | |

| | |
|---|------|
| 2. Νιώθω ευχαρίστηση κάθε φορά που πραγματοποιώ ένα πείραμα | ,812 |
| 3. Μου αρέσουν τα πειράματα στη Φυσική | ,741 |
| 4. Με ενθουσιάζει να κάνω πειράματα Φυσικής | ,719 |
| 5. Μου αρέσει να χειρίζομαι υλικά και όργανα Φυσικής | ,628 |
| 6. Οι μαθητές, με την αξιοποίηση των πειραμάτων, αναπτύσσουν την κριτική σκέψη και ικανότητα. | ,770 |
| 7. Το πείραμα προωθεί τον επιστημονικό τρόπο σκέψης | ,740 |
| 8. Οι μαθητές, με τα πειράματα, αναπτύσσουν δεξιότητες (χειρισμός υλικών, οργάνων, κ.λπ.) | ,721 |
| 9. Το πείραμα κάνει τη θεωρία να φαίνεται πιο «αληθινή» | ,716 |
| 10. Το πείραμα βοηθά τους μαθητές να εκτιμήσουν και εν μέρει να μιμηθούν τον ρόλο του επιστήμονα | ,670 |
| 11. Το πείραμα αναπτύσσει και ενισχύει την ακριβή παρατήρηση και περιγραφή των φαινομένων της Φυσικής από τους μαθητές | ,578 |
| 12. Θα παρακολουθώ σεμινάρια, επιμορφώσεις και συνέδρια σχετικά με την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής | ,799 |
| 13. Θα ανατρέχω και σε άλλες πηγές, εκτός του σχολικού εγχειριδίου, για αναζήτηση πειραμάτων για τη διδασκαλία της Φυσικής | ,762 |
| 14. Για να αξιοποιήσω νέα πειράματα στη διδασκαλία της Φυσικής, θα διαθέτω ευχαρίστως κάποιες ώρες από τον ελεύθερο χρόνο μου για να προετοιμαστώ. | ,661 |
| 15. Θέλω να μάθω ακόμα περισσότερα για τα πειράματα Φυσικής | ,624 |
| 16. Κάθε φορά που θα πραγματοποιώ ένα πείραμα, θα φοβάμαι μην αποτύχει. | ,738 |
| 17. Όταν θα παρουσιάζονται τεχνικά προβλήματα κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων, δεν θα είμαι σε θέση να καθοδηγήσω τους μαθητές μου ώστε να τα αντιμετωπίσουν | ,730 |
| 18. Δεν θα είμαι πολύ αποτελεσματικός, όταν θα αναλαμβάνω με τους μαθητές ή μόνος τη διεξαγωγή (εκτέλεση, εποπτεία) ενός πειράματος. | ,670 |
| 19. Αναρωτιέμαι εάν έχω τις απαραίτητες δεξιότητες για να διδάξω τις έννοιες της Φυσικής με πειράματα | ,644 |
| 20. Θα αποφεύγω να αξιοποιώ πειράματα τα οποία θεωρώ δύσκολα να τα πραγματοποιήσω. | ,638 |

Οι κλίμακες-παράγοντες που προκύπτουν από την παραγοντική ανάλυση των ερωτήσεων των στάσεων, ο αριθμός των προτάσεων από τις οποίες αποτελείται ο κάθε παράγοντας, οι συντελεστές αξιοπιστίας Cronbach's alphas και τα ποσοστά διακύμανσης που ερμηνεύονται από τους παράγοντες παρατίθενται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3. Οι συντελεστές Cronbach και τα ποσοστά διακύμανσης των τεσσάρων παραγόντων – κλιμάκων

| Παράγοντες/ Κλίμακες | N (Items) | Συντελεστής Cronbach's Alpha | Ποσοστό διακύμανσης που ερμηνεύεται από τους παράγοντες (%) |
|-------------------------|--------------|------------------------------------|--|
| Συναισθήματα | 5 | 0,90 | 17,277 |
| Αξία και Χρησιμότητα | 6 | 0,81 | 17,086 |
| Παρόθηση-Κίνητρα | 4 | 0,77 | 13,995 |
| Εμπιστοσύνη | 5 | 0,76 | 12,669 |

Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία εστιάζει στην ανάπτυξη και την αξιολόγηση ενός εργαλείου το οποίο έχει στόχο να μετρήσει τις στάσεις φοιτητών και εκπαιδευτικών για το πείραμα πριν και μετά από μια διδακτική παρέμβαση. Με αυτό το εργαλείο προσδοκάται η εμπάθυνση της κατανόησης των αλλαγών των στάσεων για το πείραμα και συνακολούθως της αποτελεσματικότητας των παρεμβάσεων που εφαρμόζονται στα πλαίσια π.χ. της επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών ή των εργαστηρίων και μαθημάτων που γίνονται στα Παιδαγωγικά Τμήματα, με απώτερο σκοπό την βελτίωση των παρεχόμενων διδακτικών παρεμβάσεων. Η παραγοντική ανάλυση επιβεβαίωσε τον αρχικό σχεδιασμό σε πολύ μεγάλο βαθμό, ενώ οι τέσσερις κλίμακες που προέκυψαν έχουν από αρκετό έως υψηλό βαθμό αξιοπιστίας. Σε μελλοντική εργασία αναμένονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής του σε τεταρτοετείς φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων για την όσο το δυνατόν ασφαλέστερη και ακριβέστερη διεξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν την εγκυρότητα και την αξιοπιστία του εργαλείου.

Αναφορές

- Abell, S. K., & Smith, D. C. (1994). What is science?: Preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 16, 475–487.
- Abrahams, I., & Saglam M. (2010). A Study of Teachers' Views on Practical Work in Secondary Schools in England and Wales. *International Journal of Science Education*, Volume 32, Issue 6, 2010, pages 753-768.
- Ajzen, I. (1988). *Attitudes, personality, and behavior*. Chicago: Dorsey.
- Ajzen, I. (2001). Nature and operation of attitudes. *Annual Review of Psychology*, 52, 27 – 58.
- Anderson, R. O. (1976). *The experience of science: A new perspective for laboratory teaching*. New York: Teachers College Press, Columbia University.
- Appleton, K. (2002). Science activities that work: Perceptions of primary teachers. *Research in Science Education*, 32, 393–410.
- Appleton, K. (2003). How do beginning primary school teachers cope with science? Toward an understanding of science teaching practice. *Research in Science Education*, 33, 1–25.
- Appleton, K. (2006). Science pedagogical content knowledge and elementary school teachers. In K. Appleton (Ed.), *Elementary science teacher education* (pp. 31–54). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers.
- Appleton, K., & Kindt, I. (2002). Beginning elementary teachers' development as teachers of science. *Journal of Science Teacher Education*, 13, 43–61.
- Bencze, L., & Upton, L. (2006). Being your own role model for improving self-efficacy: An elementary teacher self-actualizes through drama-based science teaching. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 6:3, 207-226.
- Bowen, C. W. (1999). Development and score validation of a chemistry laboratory anxiety instrument (CLAI) for college chemistry students. *Educational and Psychological Measurement*, 59(1), 171-187.
- Desy, E., Peterson, S., and Brockman, V. (2009). Attitudes and Interests Among University Students in Introductory Nonmajor Science Courses: Does Gender Matter? *College Science Teaching*, 39, no2.
- Dhindsa, H. S., & Chung, G. (2003). Attitudes and achievement of Bruneian science students. *International Journal of Science Education*, 25(8), 907–922.
- Enochs, L., & Riggs, I. (1990). Further development of an elementary science teaching efficacy belief instrument: A preservice elementary scale. *School Science and Mathematics*, 90, 694-706.
- Fraser, B. J., Giddings, G. J., & McRobbie, C. J. (1995). Evolution and validation of a personal form of an instrument for assessing science laboratory classroom environments. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 399-422.
- Gardner, P. L. (1975a). Attitudes to science: A review. *Studies in Science Education*, 2, 1–41.
- Hair, F., Anderson, R., Tatham, R., & Black, W. (1995), *Multivariate Data Analysis with Readings*, 4th Ed, London, Prentice-Hall International.
- Hill G., Atwater, M., και Wiggins, J. (1995). Attitudes toward science of urban seventh grade life science students over time, and the relationship to future plans, family, teacher, curriculum, and school. *Urban Education*, 30, 71–92.
- Hodson, D. (1990). A critical look at practical work school science. *School Science Review*, 70 (256), 33-40.
- Kidman, G. (2012). Australia at the crossroads: A review of school science practical work. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 8(1), 35-47.
- Kim, H., Fisher, D. L., & Fraser, B. J. (1999). Assessment and investigation of constructivist science learning environments. *Research in Science and Technological Education*, 17, 239–249

- Koballa, T. R., & Crawley, F. E. (1985). The influence of attitude on science teaching and learning. *School Science and Mathematics*, 85, 222–232.
- Koballa, T. R., & Glynn, S. M. (2007). Attitudinal and motivational constructs in science learning. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 75–102). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Koballa, T.R. Jr. (1988). Attitudes and related concepts in science education. *Science Education*, 72, 115–126.
- Lloyd, J. K., Smith, R. G., Fay, C. L., Khang, G. N., Wah, L. L. K., & Sai, C. L. (1998). Subject knowledge for science teaching at primary level: A comparison of preservice teachers in England and Singapore. *International Journal of Science Education*, 20, 521–532.
- Lunetta, V. N., Hofstein, A & Clough, M. P. (2007). Teaching and learning in the school science laboratory. An analysis of research, theory, and practice. In *Handbook of research on science education* (ed. S K Abell and N G Lederman), pp. 393–431. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Menis, J. (1989). Attitudes towards school, chemistry and science among upper secondary chemistry students in the United States. *Research in Science and Technological Education*, 7, 183–190.
- Millar, R. (2004) The role of practical work in the teaching and learning of science. University of York. Available at: www7.nationalacademies.org/bose/Millar_Sep_15.pdf
- Millar, R., Tiberghien, A. and Le Maréchal, J.F. (2002). Varieties of labwork: A way of profiling labwork tasks. In Psillos, D. and Niedderer, H. (eds.), *Teaching and Learning in the Science Laboratory* (pp. 9-20). Dordrecht: Kluwer Academic.
- Mulholland, J., & Wallace, J. (1996). Breaking the cycle: Preparing elementary teachers to teach science. *Journal of Elementary Science Education*, 8, 17–38.
- Nilsson, P. (2008). Teaching for understanding — The complex nature of PCK in pre-service teacher education. *International Journal of Science Education*, 30, 1281–1299.
- Nilsson, P. (2009). From lesson plan to new comprehension: Exploring student teachers' pedagogical reasoning in learning about teaching. *European Journal of Teacher Education*, 32, 239–258.
- Osborne, J., Simon, S. and Collins, S. (2003). Attitude towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25, no. 9: 1049–79.
- Palmer, D. H. (2001). Factors contributing to attitude exchange amongst preservice elementary teachers. *Science Education*, 86, 122–138.
- Pedersen, J. E., & McCurdy, D. W. (1992). The effects of hands-on, minds-on teaching experiences on attitudes of preservice elementary teachers. *Science Education*, 76, 141–146.
- Reid, N. (2006). Thoughts on attitude measurement. *Research in Science & Technological Education*, Vol. 24, No. 1, May 2006, pp. 3–27.
- Schibeci, R. A. (1983). Selecting appropriate attitudinal objectives for school science. *Science Education*, 67, 595–603.
- Schwarz, N. (2008). Attitude measurement. In W. Crano & R. Prislin (Eds.), *Attitudes and attitude change* (pp. 41 – 60). Philadelphia: Psychology Press.
- SCORE - Science Community Representing Education (2008). Work in science: a report and proposal for a strategic framework. Supported by Department for Children, Schools and Families and the Gatsby Charitable Foundation. <http://www.score-education.org/media/3668/report.pdf>
- SCORE (Science Community representing Education) (2009). Getting practical: A framework for practical science in schools, <http://www.score-education.org/publications>.
- Sharma, S. (1996). *Applied Multivariate Techniques*, Willey, New York.
- Shrigley, R. (1990). Attitudes and behavior are correlates. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 97–113.
- Shulman, L. S., & Tamir, P. (1973). Research on teaching in the natural sciences. In R. M. Travers (Ed.), *Second handbook of research on teaching: A project of the American educational research association* (pp. 1098-1148). Chicago: Rand McNally and Company.
- Stevens, C., & Wenner, G. (1996). Elementary preservice teachers' knowledge and beliefs regarding science and mathematics. *School Science and Mathematics*, 96, 2–9.
- Swain, J., Monk, M., & Johnson, S. (1999). A Comparative Study of the Attitudes to the Aims of Practical Work in Science Education in Egypt, Korea and the United Kingdom. *International Journal of Science Education*, 21, pp. 1311–1324.
- Swain, J., Monk, M., & Johnson, S. (2000). Developments in Science Teachers' Attitudes to Aims for Practical Work: continuity and change. *Teacher Development*, 4, 2, pp. 281-292.
- Tosun, T. (2000). The beliefs of preservice elementary teachers towards science and science teaching. *School Science and Mathematics*, 100, 374–379.
- Trundle, K. C., Atwood, R. K., & Christopher, J. E. (2002). Preservice elementary teachers' conceptions of moon phases before and after instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 633–658.
- Van Aalderen-Smeets, S.I. & Walma van der Molen, J.H. (2013). Investigating and stimulating primary teachers' attitudes towards science: Summary of a large-scale research project. *Frontline Learning Research*, 1(2), 3-11.

- Van Zee, E., Lay, D., & Roberts, D. (2003). Fostering collaborative inquiries by prospective and practicing elementary and middle school teachers. *Science Education*, 87, 588–612.
- Weiss, I. R., Pasley, J. D., Smith, P. S., Banilower, E. R., & Heck, D. J. (2003). *Inside the classroom: A study of K-12 mathematics and science education in the United States*. Chapel Hill, NC: Horizon Research.
- Zint, M. (2002). Comparing three attitude-behavior theories for predicting science teachers' intention. *Journal of Research in Science*, Volume 39, Issue 9, pages 819–844, DOI: 10.1002/tea.10047.
- Καρανίκας Γ., (2000). Οι πειραματικές δραστηριότητες στο *Ελληνικό Σχολείο: τοπίο στην ομίχλη. Στο: Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στις αρχές του 21ου αιώνα. Προβλήματα και προοπτικές*. Επιμέλεια Π. Κόκκοτας, Ι. Βλάχος. Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.
- Κοκκινάκη, Φ. (2005). *Κοινωνική Ψυχολογία: Εισαγωγή στη Μελέτη της Κοινωνικής Συμπεριφοράς*. Gutenberg, Τυπωθήτω, Αθήνα.
- Κόκκοτας, Π. (2004). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών: Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης*. Μέρος II. Αθήνα.
- Κουμαράς Π., 2002β. Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής. Εκδόσεις Χριστοδουλίδη. Θεσσαλονίκη
- Κουμαράς, Π. (2002). Μια πρόταση για την επιμόρφωση εκπαιδευτικών της υποχρεωτικής εκπαίδευσης στην πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. *Πρακτικά 3^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών & Εφαρμογή των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ρέθυμνο.
- Κώτσης Κ., & Μπασιάκος Γ. (2009). Οι στάσεις των εκπαιδευτικών της Α'θμιας Εκπ/σης στη χρήση πειραμάτων για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, *Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φ.Ε. και Ν.Τ. στην Εκπαίδευση*, Παιδαγωγική Σχολή Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας Φλώρινα.
- Κώτσης, Κ. (2005). *Διδασκαλία της Φυσικής και Πείραμα*. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Ιωάννινα
- Στύλος, Γ. Κ. (2014). Στάσεις και πρακτικές εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με τη διδασκαλία της Φυσικής. *Διδακτορική διατριβή*, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Χαλκιά, Κ. (1999). Το πείραμα στην καθημερινή σχολική πρακτική: Διερεύνηση των αντιλήψεων των στάσεων και των απόψεων των ελλήνων εκπαιδευτικών για τη διδακτική αξιοποίηση των πειραμάτων στο μάθημα της φυσικής. *Σύγχρονη εκπαίδευση*, τεύχος 107, σελίδες 81 – 90.
- Χαλκιά, Κρ. (1995). Οι Έλληνες εκπαιδευτικοί της Α'θμιας και της Β'θμιας εκπαίδευσης απέναντι στο μάθημα της φυσικής. Διερεύνηση των απόψεων και των στάσεων των Ελλήνων εκπαιδευτικών που διδάσκουν Φυσική, μελέτη των συνεπειών τους στην εκπαιδευτική διαδικασία και διατύπωση σχετικών προτάσεων. *Διδακτορική διατριβή*, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης. Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Οι δεξιότητες πειραματικής διερεύνησης μέσα από τους Δείκτες Επιτυχίας και τους Δείκτες Επάρκειας στο Πρόγραμμα Σπουδών των Φυσικών Επιστημών Δημοτικής Εκπαίδευσης της Κύπρου

Μάριος Χαράλαμπος

Λειτουργός Αναλυτικών Προγραμμάτων, Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού
charalambous.m@cyenr.pi.ac.cy

Ζαχαρίας Ζαχαρία

Αναπληρωτής Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Κύπρου
zach@ucy.ac.cy

Κωνσταντίνος Κορφιάτης

Επίκουρος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Κύπρου
korfiati@ucy.ac.cy

Περίληψη

Με απόφαση του Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού της Κυπριακής Δημοκρατίας, κατά τη σχολική χρονιά 2014-2015, τα Αναλυτικά Προγράμματα όλων των γνωστικών αντικειμένων αναδομήθηκαν με βάση δείκτες επιτυχίας και δείκτες επάρκειας. Οι δείκτες επιτυχίας καθορίζουν τα αναμενόμενα και αξιολογητέα μαθησιακά αποτελέσματα, ενώ οι δείκτες επάρκειας καλύπτουν τα διδακτέα. Μια από τις βασικές επιδιώξεις της πολιτικής των δεικτών είναι η διαφοροποίηση της διδασκαλίας και μάθησης σε τάξεις μεικτής ικανότητας. Για την αναδόμηση του Αναλυτικού προγράμματος των Φυσικών Επιστημών Δημοτικής Εκπαίδευσης προηγήθηκε η μετεξέλιξη και διαμόρφωση του περιεχομένου του σε έντεκα θεματικές ενότητες και ακολούθησε η ανάπτυξη δεικτών επιτυχίας και δεικτών επάρκειας, τους οποίους χαρακτηρίζουν τέσσερις σημαντικές αρχές-ιδιαιτερότητες: (α) Πλαισίωση υπό έμφαση γνώσεων και ικανοτήτων από παρεμφερείς ικανότητες (β) Έμφαση στην καλλιέργεια δεξιοτήτων χωρίς να παραγνωρίζονται οι έννοιες (γ) Υπόνοιες δεικτών για στοιχεία μεθοδολογίας (δ) Προδιαγραφή διερευνητικών πειραματικών διαδικασιών.

Λέξεις κλειδιά: Δείκτης επιτυχίας, δείκτης επάρκειας, δεξιότητα

Εισαγωγή

Με απόφαση του Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού της Κύπρου, η οποία λήφθηκε στο πλαίσιο της πολιτικής του για τη μεταρρύθμιση του εκπαιδευτικού της συστήματος, κατά την περίοδο Μαρτίου-Ιουνίου 2015, όλα τα Προγράμματα Σπουδών σε όλες τις βαθμίδες αναδομήθηκαν στη βάση Δεικτών Επιτυχίας και Δεικτών Επάρκειας. Σκοπός της αναδόμησης αυτής ήταν ο εκσυγχρονισμός των ίδιων των Προγραμμάτων Σπουδών και η διευκόλυνση των εκπαιδευτικών για τη διδασκαλία σε τάξεις μεικτής ικανότητας. Κατά τη σχολική χρονιά 2015-2016, οι Δείκτες Επιτυχίας και Δείκτες Επάρκειας εφαρμόζονται πιλοτικά με στόχο την εξοικείωση των εκπαιδευτικών με την ενσωμάτωσή τους στη διδασκαλία και την εξασφάλιση ανατροφοδότησης για σκοπούς βελτίωσής τους. Το Πρόγραμμα Σπουδών των Φυσικών Επιστημών Δημοτικής Εκπαίδευσης δεν αποτέλεσε εξαίρεση σε αυτή την καινοτομία.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται επιγραμματικά μερικά ειδοποιά γνωρίσματα της λογικής της ανάπτυξης των Δεικτών στις Φυσικές Επιστήμες Δημοτικής Εκπαίδευσης, τα οποία έχουν σκοπό να διασφαλίσουν την πειραματική προσέγγιση της διδασκαλίας και μάθησης και να διευκολύνουν τους εκπαιδευτικούς στην εφαρμογή της.

Η έννοια και η πολιτική των Δεικτών Επιτυχίας και των Δεικτών Επάρκειας

Οι Δείκτες Επιτυχίας καθορίζουν τα αναμενόμενα μαθησιακά αποτελέσματα κατά τάξη ή κατά συνδυασμό τάξεων και κατά επίπεδο εκπαίδευσης και γι' αυτό αναφέρονται στο μαθητή και στα επιτεύγματά του. Οι Δείκτες Επάρκειας περιλαμβάνουν το τι πρέπει να διδαχθεί, για να επιτευχθεί το αναμενόμενο μαθησιακό αποτέλεσμα που περιγράφει ο αντίστοιχος δείκτης επιτυχίας και γι' αυτό αναφέρονται στον εκπαιδευτικό. Επιγραμματικά, οι Δείκτες Επιτυχίας καλύπτουν τα αξιολογητέα μαθησιακά αποτελέσματα, ενώ οι Δείκτες Επάρκειας το διδακτέο περιεχόμενο της διδασκαλίας.

Η αναδόμηση των Αναλυτικών Προγραμμάτων με βάση τους δείκτες αποσκοπεί στην υλοποίηση της αρχής του σεβασμού της μοναδικότητας του κάθε παιδιού και της ανταπόκρισης του εκπαιδευτικού συστήματος στις εγγενείς και επίκτητες ατομικές διαφορές. Αναμένεται από τον εκπαιδευτικό να αξιοποιήσει τους Δείκτες ως εργαλεία οργάνωσης της μαθησιακής διαδικασίας με βάση την προσέγγιση και τις διεργασίες της διαφοροποίησης της διδασκαλίας σε τάξεις μεικτής ικανότητας, η οποία αποτελεί το φιλοσοφικό, κοινωνιολογικό και μεθοδολογικό πλαίσιο οικοδόμησης της γνώσης. Σημείο αναφοράς για τη λειτουργική αξία των Δεικτών αποτελεί η ιδέα ότι «η διάγνωση των διαφορετικών αναγκών και του σημείου εκπαιδευτικής ανάπτυξης του κάθε μαθητή διευκολύνεται και υλοποιείται με αναφορά στους Δείκτες Επιτυχίας. Η υποστήριξη της ανάπτυξης και της ικανοποίησης των διαγνωσμένων αναγκών διευκολύνεται και υλοποιείται με αναφορά στους Δείκτες Επάρκειας». (Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού, 2015)

Καταληκτικά, η πολιτική των Δεικτών επιδιώκει την στροφή της προσοχής και του ενδιαφέροντος όλων των φορέων της εκπαίδευσης στο «τι μαθαίνει ο μαθητής (Δείκτης Επιτυχίας) και στη συγκεκριμενοποίηση των απαραίτητων διδακτέων για κάθε αναμενόμενο μαθησιακό αποτέλεσμα (Δείκτες Επάρκειας)».

Οι Δείκτες Επιτυχίας και οι Δείκτες Επάρκειας στο Πρόγραμμα Σπουδών των Φυσικών Επιστημών Δημοτικής Εκπαίδευσης της Κύπρου

Κατά την πρώτη φάση της αναδόμησης, το περιεχόμενο του Αναλυτικού Προγράμματος των Φυσικών Επιστημών Δημοτικής Εκπαίδευσης (Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού, 2010) μετεξελίχθηκε με κάποιες διαφοροποιήσεις και διαμορφώθηκε στις πιο κάτω έντεκα θεματικές ενότητες:

1. Ζωντανοί οργανισμοί
2. Φυσικό περιβάλλον
3. Το σώμα και η υγεία μας
4. Ηλεκτρισμός-Ηλεκτρικά κυκλώματα
5. Θερμότητα-Θερμοκρασία
6. Φως
7. Ήχος
8. Ύλη
9. Δυνάμεις-Κινήσεις
10. Ουρανός και Γη
11. Ενέργεια: Ενοποιητικό πλαίσιο ανάλυσης συστημάτων

Για τις πιο πάνω ενότητες διατυπώθηκαν Δείκτες Επιτυχίας και Δείκτες Επάρκειας που καλύπτουν όλα τα είδη μάθησης που αναμένεται να αναπτύξει ο μαθητής, τα οποία πιστοποιούν την ανάπτυξη και τις ικανότητές του σε κάθε τάξη. Αυτοί οι άξονες μάθησης περιλαμβάνουν πληροφορίες, έννοιες, δεξιότητες επιστημονικής μεθοδολογίας, στοιχεία επιστημολογικής επάρκειας, στρατηγικές σκέψης, στάσεις και αξίες. Πιο κάτω, θα παραθέσουμε τις σημαντικότερες ιδιαιτερότητες που χαρακτηρίζουν τους Δείκτες Επιτυχίας και Δείκτες Επάρκειας για τις Φυσικές Επιστήμες.

Πλαισίωση δεικτών από παρεμφερείς ικανότητες

Οι Δείκτες των ενοτήτων διαμορφώθηκαν σε πίνακες που περιλαμβάνουν τρεις στήλες. Στην πρώτη στήλη αναγράφονται οι Δείκτες Επιτυχίας και στην τρίτη στήλη οι αντίστοιχοι Δείκτες Επάρκειας, οι οποίοι καλύπτουν ουσιαστικά υπό έμφαση γνώσεις και ικανότητες. Στη δεύτερη στήλη σημειώνονται οι παρεμφερείς-προϋπάρχουσες ικανότητες, οι οποίες, αν και στην εκάστοτε περίπτωση δεν είναι υπό έμφαση, υποστηρίζουν τη διδασκαλία-μάθηση. Ένα παράδειγμα αυτής της διαμόρφωσης για την Ενότητα «Φως» της Β' τάξης φαίνεται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Δείγμα Δεικτών Επιτυχίας και Δεικτών Επάρκειας για την Ενότητα «Φως» (Τάξη Β')

| ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ | ΠΑΡΕΜΦΕΡΕΙΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ (Προϋπάρχουσες ικανότητες) | ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ (Γνώσεις και υπό έμφαση ικανότητες) |
|---|--|--|
| Πηγές φωτός-Αυτόφωτα και ετερόφωτα σώματα | | |
| <p>Να ταξινομούν τα σώματα σε αυτόφωτα (πηγές φωτός) και ετερόφωτα και τις πηγές φωτός με διάφορα κριτήρια.</p> | <ul style="list-style-type: none"> Χρήση του κατάλληλου εξοπλισμού και των απαραίτητων υλικών για πειραματισμό και παρατηρήσεις. Αξιολόγηση και σύγκριση δεδομένων και παρατηρήσεων. | <ul style="list-style-type: none"> Σώματα που μπορούμε να δούμε στο σκοτάδι και σώματα που δεν μπορούμε να δούμε στο σκοτάδι: Σώματα που εκπέμπουν φως (αυτόφωτα ή πηγές φωτός) και σώματα που δεν εκπέμπουν φως (ετερόφωτα) Ταξινόμηση δοσμένων αντικειμένων με κριτήρια που επιλέγουν τα παιδιά (σχετικά με το φως) και αιτιολόγηση της ομαδοποίησης (π.χ. αυτόφωτα/ετερόφωτα, πηγές φωτός που δεν κατασκευάζει ο άνθρωπος και πηγές φωτός που κατασκευάζει ο άνθρωπος)-Φυσικές και τεχνητές πηγές φωτός). |

Όπως δείχνει ο Πίνακας 1, για τη συγκεκριμένη υποενότητα το αναμενόμενο μαθησιακό αποτέλεσμα, για το οποίο ο μαθητής θα αξιολογηθεί (Δείκτης Επιτυχίας), είναι η ταξινόμηση των σωμάτων σε αυτόφωτα και ετερόφωτα σώματα και των πηγών φωτός με διάφορα κριτήρια. Για να επιτευχθεί αυτό το προσδοκώμενο μαθησιακό αποτέλεσμα, ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να θέσει υπό έμφαση στη διδασκαλία τον εντοπισμό, τη διάκριση και την ονομασία των σωμάτων που εκπέμπουν και δεν εκπέμπουν φως και την ομαδοποίηση των πηγών φωτός με διάφορα κριτήρια της επιλογής των παιδιών (Δείκτες Επάρκειας). Τη μαθησιακή διαδικασία θα υποστηρίζουν παρεμφερείς ικανότητες, με τις οποίες ο μαθητής έχει εξοικειωθεί σε προηγούμενα μαθήματα, στα οποία είχαν τεθεί υπό έμφαση ως Δείκτες Επάρκειας, όπως είναι η χρήση εξοπλισμού και υλικών για πειραματισμό και παρατηρήσεις και η αξιολόγηση και σύγκριση παρατηρήσεων. Στο πιο πάνω παράδειγμα είναι ευδιάκριτη η συμπερίληψη γνώσεων και δεξιοτήτων-ικανοτήτων στους Δείκτες. Η πρακτική αυτή θα παρουσιαστεί πιο εκτεταμένα στην επόμενη υποενότητα.

Έμφαση στις δεξιότητες χωρίς να παραγνωρίζονται οι έννοιες

Η έμφαση της διδασκαλίας και μάθησης στην καλλιέργεια δεξιοτήτων-ικανοτήτων είναι διάχυτη σε όλες τις ενότητες, χωρίς να παραγνωρίζονται ή να υποβαθμίζονται οι έννοιες. Αυτό επιχειρείται μέσα από τον συγκερασμό γνώσεων και δεξιοτήτων-ικανοτήτων στη διατύπωση των Δεικτών Επιτυχίας και Δεικτών Επάρκειας. Η πρακτική αυτή συνάδει με τα ευρήματα ερευνών που υποστηρίζουν ότι οι δεξιότητες αναπτύσσονται με συγκεκριμένο περιεχόμενο και σε καθορισμένο πλαίσιο (Gunstone, 1991; Gott & Welford, 1987). Ο Πίνακας 2 παρουσιάζει ένα χαρακτηριστικό δείγμα αυτής της πρακτικής.

Πίνακας 2. Δείγμα Δεικτών Επιτυχίας και Δεικτών Επάρκειας για την Ενότητα «Ηλεκτρισμός-Ηλεκτρικά κυκλώματα» (Τάξη Β')

| ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ | ΠΑΡΕΜΦΕΡΕΙΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ (Προϋπάρχουσες ικανότητες) | ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ (Γνώσεις και υπό έμφαση ικανότητες) |
|-------------------|---|---|
|-------------------|---|---|

ικανότητες)

Ο ηλεκτρισμός στο σπίτι μας και στο σχολείο μας

Να καταγράφουν σε πίνακα ηλεκτρικές συσκευές που χρησιμοποιούμε στο σπίτι και στο σχολείο.

- Καταγραφή ηλεκτρικών συσκευών που χρησιμοποιούμε στο σπίτι και στο σχολείο.
- Καταχώριση και οργάνωση πληροφοριών για την κάθε συσκευή σε πίνακα με στήλες που περιλαμβάνουν στοιχεία για:
 - Το όνομα της συσκευής
 - Τον σκοπό της χρήσης
 - Τη συχνότητα χρήσης
 - Πιθανούς κινδύνους

Να ερμηνεύουν τα δεδομένα του πίνακα, για να εισηγούνται μέτρα εξοικονόμησης ηλεκτρισμού και μέτρα ασφάλειας από τους κινδύνους της χρήσης των ηλεκτρικών συσκευών.

- Ανάγνωση του πίνακα οριζόντια και κάθετα για επισήμανση:
 - Των συσκευών που χρησιμοποιούνται συχνότερα.
 - Των συσκευών που είναι πιο επικίνδυνες.
- Μέτρα που προκύπτουν από τα δεδομένα για:
 - Περιορισμό της χρήσης κάποιων ηλεκτρικών συσκευών και εξοικονόμηση ηλεκτρισμού.
 - Προστασία από τους κινδύνους της χρήσης ηλεκτρικών συσκευών.

Σύμφωνα με τη διατύπωση του πρώτου Δείκτη Επιτυχίας και των αντίστοιχων Δεικτών Επάρκειας, η γνωριμία των μαθητών με τις ηλεκτρικές συσκευές θα προκύψει μέσα από την καταγραφή και την οργάνωση σχετικών πληροφοριών σε πίνακα, οι οποίες αποτελούν βασικές επιμέρους δεξιότητες επικοινωνίας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, αυτές είναι οι δεξιότητες που θα αξιολογηθούν με τις κατάλληλες ερωτήσεις, και όχι η ικανότητα του μαθητή να ανακαλεί ή να απαριθμεί ηλεκτρικές συσκευές ή σχετικές πληροφορίες. Ακολουθώντας την ίδια λογική, ο δεύτερος Δείκτης Επιτυχίας υποδηλώνει ότι αυτό που αναμένεται από το μαθητή και για το οποίο θα αξιολογηθεί, είναι να συναγάγει την ανάγκη για λήψη συγκεκριμένων μέτρων εξοικονόμησης ηλεκτρισμού και προστασίας από τους κινδύνους του, από την ερμηνεία δεδομένων και πληροφοριών του πίνακα. Η απόρροια στοιχείων που σχετίζονται με την εξοικονόμηση και τους κινδύνους του ηλεκτρισμού από την καλλιέργεια και εφαρμογή δεξιοτήτων τηρείται με συνέπεια και στους αντίστοιχους Δείκτες Επάρκειας, σε σημείο μάλιστα που ίσως σκιαγραφεί συγκεκριμένες συμπεριφορές του μαθητή και επομένως δραστηριότητες διδασκαλίας. Η ιδιαιτερότητα αυτή θα επεξηγηθεί στην επόμενη υποενότητα.

Υπόνοιες Δεικτών Επάρκειας για δραστηριότητες και στοιχεία μεθοδολογίας

Η διακηρυγμένη έμφαση του Προγράμματος Σπουδών στην καλλιέργεια ικανοτήτων-δεξιοτήτων οδήγησε αναπόφευκτα στη διατύπωση Δεικτών Επάρκειας που παραπέμπουν σε δραστηριότητες και ενέργειες, οι οποίες αναφέρονται σε συμπεριφορές του μαθητή. Ο Πίνακας 3 δείχνει ένα χαρακτηριστικό δείγμα αυτής της ιδιαιτερότητας.

Πίνακας 3. Δείγμα Δεικτών Επιτυχίας και Δεικτών Επάρκειας για την Ενότητα «Ζωντανοί οργανισμοί» (Τάξη Α')

| ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ | ΠΑΡΕΜΦΕΡΕΙΣ | ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ |
|-------------------|-------------|-------------------|
|-------------------|-------------|-------------------|

| ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ (Προϋπάρχουσες ικανότητες) | (Γνώσεις και υπό έμφαση ικανότητες) |
|---|---|
| Διαφορές μεταξύ ζωντανών και μη ζωντανών σωμάτων | |
| <p>Να διατυπώνουν παρατηρήσεις για διάφορες εμφανείς ιδιότητες των ζωντανών οργανισμών, οι οποίες τους διακρίνουν από τα μη ζωντανά σώματα.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Εντοπισμός διαφορών ανάμεσα σε ζωντανά και μη ζωντανά σώματα ως προς τη διατροφή, αναπαραγωγή, ανάπτυξη και το θάνατο. • Αναγνώριση γνωρισμάτων των ζωντανών οργανισμών: κινούνται, τρέφονται, αναπτύσσονται και πεθαίνουν. • Κατηγοριοποίηση σωμάτων στα ζωντανά και μη ζωντανά και αιτιολόγησή της. |

Ο Δείκτης Επιτυχίας που φαίνεται στον Πίνακα 3, αναφέρεται στη δεξιότητα της παρατήρησης. Για να καλλιεργηθεί η δεξιότητα της παρατήρησης, τα παιδιά πρέπει να ασκηθούν στον εντοπισμό ομοιοτήτων και διαφορών ως προς συγκεκριμένα γνωρίσματα, στην αναγνώριση κοινών γνωρισμάτων μιας συγκεκριμένης ομάδας αντικειμένων και ειδικά για τη συγκεκριμένη περίπτωση στην κατηγοριοποίηση αντικειμένων με βάση τα στοιχεία της παρατήρησης. Συνεπώς, στη διατύπωση των Δεικτών Επάρκειας, οι οποίοι αντιστοιχούν σε Δείκτες Επιτυχίας που εκφράζουν δεξιότητες, χρησιμοποιούνται αναγκαστικά ρηματικές φράσεις σε ονοματική μορφή του τύπου «εντοπισμός διαφορών...», «αναγνώριση γνωρισμάτων ...», «κατηγοριοποίηση σωμάτων» κ.λπ. Αυτές οι φράσεις υποδηλώνουν ταυτόχρονα και συμπεριφορά του μαθητή και κατ' επέκταση οργανωτικές διευθετήσεις σε επίπεδο δραστηριοτήτων. Στην αντίθετη περίπτωση, η απλή παράθεση του αντικειμένου της παρατήρησης με τη μορφή τίτλων περιεχομένου στους δείκτες επάρκειας, όπως «Διαφορές ανάμεσα σε ζωντανά και μη ζωντανά ...», «Γνωρίσματα των ζωντανών οργανισμών ...», «Ζωντανά και μη ζωντανά σώματα» δεν θα απέδιδε την έμφαση στην καλλιέργεια της συγκεκριμένης δεξιότητας που καθορίζει ο αντίστοιχος Δείκτης Επιτυχίας. Σε περιπτώσεις μεγαλύτερων τάξεων, όπου ο Δείκτης Επιτυχίας αναφέρεται στη δεξιότητα της διερεύνησης, οι αντίστοιχοι Δείκτες Επάρκειας είναι δυνατό να προδιαγράφουν την πορεία της πειραματικής μαθησιακής διαδικασίας. Αυτή η επισήμανση προαναγγέλλει το επόμενο γνώρισμα, το οποίο θα εξεταστεί στην επόμενη υποενότητα.

Προδιαγραφή διερευνητικών πειραματικών διαδικασιών

Όταν ο Δείκτης Επιτυχίας αναφέρεται σε σύνθετη δεξιότητα, όπως είναι ο σχεδιασμός πειραμάτων, στους Δείκτες Επάρκειας σκιαγραφείται η διερευνητική διαδικασία που θα εφαρμοστεί στην τάξη. Ο Πίνακας 4 παρουσιάζει ένα δείγμα αυτής της πρόνοιας.

Πίνακας 4. Δείγμα Δεικτών Επιτυχίας και Δεικτών Επάρκειας για την Ενότητα «Θερμότητα-Θερμοκρασία» (Τάξη Δ')

| ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ | ΠΑΡΕΜΦΕΡΕΙΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ (Προϋπάρχουσες ικανότητες) | ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ (Γνώσεις και υπό έμφαση ικανότητες) |
|--------------------------|--|--|
| | Αλλαγές φάσης σε άλλα υλικά | |

Να σχεδιάζουν έγκυρα πειράματα, για να διαπιστώσουν την επίδραση διάφορων παραγόντων στη θερμοκρασία τήξης ενός υλικού

- Διατύπωση υποθέσεων σχετικά με τον ρόλο διάφορων παραγόντων στη θερμοκρασία τήξης υλικών (π.χ. Το κερί χρειάζεται υψηλότερη θερμοκρασία, για να λιώσει από τη σοκολάτα)
- Διατύπωση διερευνήσιμων ερωτημάτων. (β1) (π.χ. Η ποσότητα του υλικού επηρεάζει τη θερμοκρασία τήξης του;)
- Αναγνώριση του παράγοντα που πρέπει να αλλάζει (ανεξάρτητη μεταβλητή), των παραγόντων που πρέπει να παραμείνουν σταθεροί (ελεγχόμενες μεταβλητές) και του παράγοντα που πρέπει να παρατηρηθεί /μετρηθεί (εξαρτημένη μεταβλητή) κατά τη διάρκεια του πειράματος.
- Χρήση του κατάλληλου εξοπλισμού και των απαραίτητων υλικών για πειραματισμό και παρατηρήσεις (α3).
- Καταγραφή δεδομένων και παρατηρήσεων με τη μορφή διαγράμματος ή πίνακα. (δ5)
- Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων για την εξαγωγή συμπερασμάτων. (δ4)
- Έλεγχος της συνέφειας ανάμεσα στις υποθέσεις και στα συμπεράσματα. (δ8)

Ο Δείκτης Επιτυχίας στη συγκεκριμένη υποενότητα αναφέρεται στη δεξιότητα σχεδιασμού πειραμάτων. Για να κατακτήσει ο μαθητής αυτή τη σύνθετη δεξιότητα, ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να οργανώσει τις κατάλληλες διευθετήσεις που θα διασφαλίσουν την άσκησή του σε όλες τις επιμέρους ικανότητες που την απαρτίζουν: διατύπωση υποθέσεων, θέση διερευνήσιμων ερωτημάτων, αναγνώριση και έλεγχος μεταβλητών, χρήση του κατάλληλου εξοπλισμού για την εκτέλεση του πειράματος, καταγραφή δεδομένων, ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων για την εξαγωγή συμπερασμάτων και τον έλεγχο της συνέφειας ανάμεσα στις υποθέσεις και στα συμπεράσματα. Αυτές οι επιμέρους ικανότητες καταγράφονται είτε στη στήλη των Δεικτών Επάρκειας, για να τεθούν υπό έμφαση στη διδασκαλία είτε ως παρεμφερείς-προϋπάρχουσες ικανότητες που θα την υποστηρίξουν. Συνεπώς, στο σύνολό του, το περιεχόμενο της δεύτερης και τρίτης στήλης, περιλαμβάνοντας τα υπό έμφαση και παρεμφερή διδακτέα στοιχεία της διδασκαλίας (αυτός άλλωστε είναι ο σκοπός του), θέτει ταυτόχρονα και τις κατευθύνσεις για την πειραματική προσέγγιση που θα ακολουθηθεί, προδιαγράφοντας την πορεία της διερεύνησης.

Τα επόμενα βήματα

Η εφαρμογή των δεικτών κατά τη σχολική χρονιά 2015-2016, με τη μορφή που παρουσιάστηκε πιο πάνω, παρακολουθείται στενά για σκοπούς λήψης ανατροφοδότησης. Στη βάση των πληροφοριών για πιθανές αδυναμίες και περιθώρια βελτίωσης, οι δείκτες επιτυχίας και δείκτες επάρκειας για τις Φυσικές Επιστήμες θα αναθεωρηθούν και θα οριστικοποιηθούν. Παράλληλα, έχει αρχίσει και συνεχίζεται η προσπάθεια αναπροσαρμογής και αναδόμησης του υφιστάμενου διδακτικού υλικού,

σύμφωνα με το περιεχόμενο των Δεικτών, η οποία αναμένεται να καταλήξει στην έκδοση νέας σειράς σχολικών εγχειριδίων.

Αναφορές

- Gott, R & Welford, G. Pb*The asesment of observation in Science*). *School Science Review* **69**, 217-227 (1987)
- Gunstone, R. Reconstructing Theory from Practical Experience. Woolnough, B (Ed) *Practical Science*,67-77, Open University Press, London (1991)
- Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού (2015)
- http://www.moec.gov.cy/analytika_programmata/politiki_deiktes_epitychias_eparkeias.html.5/2/2016
- Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού. *Αναλυτικά Προγράμματα Προδημοτικής, Δημοτικής και Μέσης Εκπαίδευσης, Τόμος Β*. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου, Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων, Λευκωσία 2010.

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Συνεδρία Δ10

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Υπολογισμός της σταθεράς του Planck με πραγματικό πείραμα από απόσταση. Στατιστικά ευρήματα από την εφαρμογή στην πράξη

Νικόλαος Δίντσιος

Φυσικός, Υπ. Διδάκτορας Τμήματος Φυσικής, Α.Π.Θ.
nikos.dintsios@gmail.com

Σταματία Αρτέμη

Υπ. Διδάκτορας Τμήματος Φυσικής, Α.Π.Θ.
stamart84@gmail.com

Χαρίτων Πολάτογλου

Καθηγητής, Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ.
hariton@auth.gr

Περίληψη

Στη παρούσα εργασία περιγράφουμε τη διαδικασία εκτέλεσης πειραμάτων από απόσταση. Η περιγραφή αφορά το λογισμικό τμήμα (ιστοσελίδες), καθώς επίσης και το πειραματικό κομμάτι της προσπάθειάς μας. Κατόπιν, γίνεται μια θεωρητική προσέγγιση της λειτουργίας του LED (Light Emitting Diode). Στη συνέχεια περιγράφουμε την εργαστηριακή άσκηση από απόσταση με τίτλο “Προσδιορισμός της σταθεράς του Planck $h=6,626 \cdot 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}^{-1}$ ”, ενώ παραθέτουμε ταυτόχρονα τα αποτελέσματα της εργαστηριακής άσκησης από ένα δείγμα φοιτητών. Επιπλέον αναφέρουμε τα αποτελέσματα από την εφαρμογή των πραγματικών πειραμάτων από απόσταση στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και προβαίνουμε σε μια σύγκριση των απόψεων των μαθητών με αυτές των φοιτητών όπου και παρατηρείται μία παρόμοια τάση.

Λέξεις κλειδιά: πραγματικό πείραμα εξ αποστάσεως, e-learning, distance learning

Εισαγωγή

Πριν από έναν αιώνα περίπου ένας ερευνητής ονόματι Griffin (αναφέρεται από Rosen, 1954; Rudolph, 2005; Windschitl et. al., 2007) δήλωσε πως “η εργαστηριακή άσκηση κέρδισε τη θέση της στο σχολείο”. “Η εισαγωγή της αποδείχτηκε επιτυχής” και “η εργαστηριακή άσκηση είναι μοιραίο να φέρει την επανάσταση στην εκπαίδευση”. Αυτές οι δηλώσεις έγιναν λίγο μετά την εισαγωγή των πειραμάτων στα αναλυτικά προγράμματα (Kingsley, 1890; Armstrong, 1891; Worthington, 1885). Μετά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο συνεχίστηκε από τους επιστήμονες η έρευνα όσον αφορά στην αποτελεσματικότητα των πειραμάτων στην τάξη. Υπήρχαν ερευνητές που υποστήριζαν θερμά τον θετικό ρόλο που μπορεί να έχουν τα πειράματα κατά την εκπαιδευτική διαδικασία, ενώ άλλοι εναντιώνονταν στην άποψη αυτή, αναδεικνύοντας τις αδυναμίες των πειραμάτων κατά το μάθημα (Hofstein & Lunetta, 1982).

Σήμερα μπορούμε εκ του ασφαλούς να δηλώσουμε ότι οι πειραματικές δραστηριότητες δίδουν στο μαθητή την ευκαιρία να συμμετάσχει ενεργά κατά την εκπαιδευτική διαδικασία (Hofstein & Lunetta, 2004) διατυπώνοντας υποθέσεις για τα Φυσικά φαινόμενα, ελέγχοντας τις υποθέσεις τους μέσω πειραμάτων και τελικά αναδομώντας παλαιότερες απόψεις ή αποκτώντας καινούργιες. Από την άλλη μεριά το “doing science” προσδίδει τη δυνατότητα στους μαθητές να χρησιμοποιούν την επιστημονική μέθοδο για να λύσουν προβλήματα και να ερευνήσουν διάφορα φαινόμενα (Hodson, 1988), ενώ ταυτόχρονα μαθητές που συμμετέχουν σε πειράματα αναπτύσσουν περισσότερες δεξιότητες όσον αφορά σε εργαστηριακό υλικό και διαδικασίες σε σχέση με άλλους μαθητές οι οποίοι δεν μετέχουν σε τέτοιου είδους πειράματα (Yager et al, 1969). Επιπλέον, δεν θα πρέπει να διαφεύγει της προσοχής μας η έρευνα του Dewey (1916), που αναφέρει ότι οι στάσεις των μαθητών απέναντι στην επιστήμη είναι το ίδιο σημαντικές όσο και η γνώση που προσλαμβάνουν.

Σήμερα, υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τρόποι για να εκτελέσει κάποιος ένα πείραμα. Τα πραγματικά πειράματα που γίνονται μέσα στην τάξη, τα οποία είναι γνωστά διεθνώς με τον όρο hands on, οι προσομοιώσεις (simulations) και τέλος τα πραγματικά πειράματα από απόσταση, για τα οποία

έχει επικρατήσει ο όρος *remote experiments*. Όπως είναι φυσικό τα πραγματικά πειράματα ήταν τα πρώτα που εισήχθησαν στην εκπαιδευτική πραγματικότητα και ακόμα κρατούν την σημαντική τους αξία. Καθώς όμως οι υπολογιστές αναπτύσσονταν μια άλλη μορφή πραγματοποίησης πειραμάτων εμφανίστηκε, οι προσομοιώσεις. Αρκετές έρευνες (Adams et al, 2008; Moore et al, 2013; Wieman et al, 2008) έδειξαν τον σημαντικό ρόλο και την αξία τους κατά τη διδασκαλία φυσικών επιστημών. Φυσικά κάποιος θα μπορούσε να συμπεράνει τον ξεχωριστό ρόλο τους από το αδιαμφισβήτητο γεγονός ότι πάνω από 200 εκατομμύρια προσομοιώσεις έχουν ληφθεί (download) μόνο από την ιστοσελίδα του πανεπιστημίου του Colorado (phet.colorado.edu).

Και για τις δύο προσεγγίσεις πειραματισμού υπάρχουν ερευνητές που σημειώνουν διάφορα μειονεκτήματα. Βέβαια, πρέπει να καταστεί σαφές ότι αυτές οι έρευνες δεν μειώνουν την αξία ούτε του πειραματισμού στην τάξη (*hands on*), αλλά ούτε και των προσομοιώσεων.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα έχουν και τα πραγματικά πειράματα εξ αποστάσεως. Για παράδειγμα σε σχέση με τα πραγματικά πειράματα (*hands on*) σημειώνουμε (Gomes et al, 2009; Scanlon et al, 2004)

- είναι διαθέσιμα 24 ώρες το εικοσιτετράωρο, επτά ημέρες την εβδομάδα
- δεν υπάρχουν απαιτήσεις σε χώρους
- ενισχύουν την αυτόνομη μάθηση
- απαιτούν λιγότερα κονδύλια για να εγκατασταθούν και να διατηρηθούν
- προωθούν την συνεργασία μεταξύ τριτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης
- μπορούν να εκτελεστούν από άτομα με ειδικές ικανότητες (ΑμΕΑ)
- μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εκτέλεση επικινδύνων πειραμάτων (ραδιενεργά υλικά)
- δεν μπορεί να καταστραφεί ο πειραματικός εξοπλισμός

Δεν είναι τυχαίο λοιπόν, ότι τα πραγματικά πειράματα από απόσταση τριπλασιάστηκαν από το 2000 έως το 2004 (Scanlon, 2004), ενώ πολλά πανεπιστήμια έλαβαν την απόφαση να τα συμπεριλάβουν στην τυπική τους εκπαιδευτική διαδικασία. Άλλωστε, όπως σημειώνει και ο Hanson (Hanson et al, 2009) τα εξ αποστάσεως πειράματα είναι ο φυσικός διαχωρισμός χρήστη – πειραματικής διάταξης.

Ερευνώντας κάποιος τη βιβλιογραφία συναντά τα μειονεκτήματα των πραγματικών πειραμάτων από απόσταση:

- δεν αναπτύσσουν δεξιότητες σχεδιασμού
- δεν αναπτύσσουν δεξιότητες κοινωνικοποίησης
- οι μαθητές/ φοιτητές έχουν την πεποίθηση ότι τα πειράματα από απόσταση δεν είναι ρεαλιστικά

Μια συγκριτική μελέτη των τριών διαφορετικών προσεγγίσεων έγινε από τους Nickerson και Ma (2006) και αποκάλυψε πως τα πραγματικά πειράματα από απόσταση εκπληρώνουν τους εκπαιδευτικούς στόχους όσον αφορά τις επαγγελματικές δεξιότητες και το *conceptual understanding*, ενώ από την άλλη δεν προάγουν τις δεξιότητες του σχεδιασμού και της κοινωνικοποίησης.

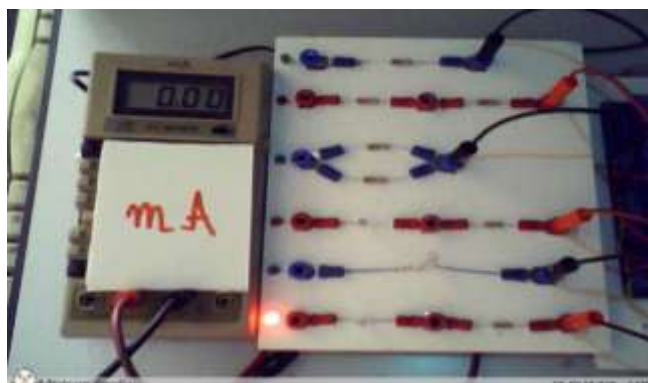
Περιγραφή διάταξης

Για να μπορέσει να εκτελέσει κάποιο από τα διαθέσιμα πειράματα, θα πρέπει ο χρήστης να διαθέτει *username* και *password*, τα οποία μπορεί και να δημιουργήσει εκείνη τη στιγμή. Αφού συνδεθεί, οδηγείται στη σελίδα του Σχήματος 1 από όπου και μπορεί να επιλέξει το πείραμα που επιθυμεί να εκτελέσει. Σήμερα υπάρχουν διαθέσιμα έξι διαφορετικά πειράματα τα οποία ανήκουν στη θεματική περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Στη συνέχεια οδηγείται στην τελική ιστοσελίδα στην οποία θα εκτελέσει και το πείραμα (Σχήμα 2). Σε αυτή τη σελίδα παρατηρούμε όλα τα διαθέσιμα πειράματα (έξι διαφορετικοί κλάδοι) αλλά μόνο σε έναν από τους κλάδους φωτοβολεί στο αριστερό τμήμα ένα LED υποδεικνύοντας τον κλάδο που είναι ενεργοποιημένος (έχει επιλεγεί) και άρα το πείραμα που πρόκειται να εκτελεστεί.



Σχήμα 1. Η ιστοσελίδα από την οποία ο χρήστης επιλέγει το πείραμα που θα εκτελέσει

Όπως προκύπτει και από το Σχήμα 2, είναι εφικτό χωρίς κόπο να αποσυνδεθεί κάποια αντίσταση και να συνδεθεί ένα LED ή κάποιο άλλο ηλεκτρονικό στοιχείο (π.χ. δίοδος) με αποτέλεσμα να έχουμε διαθέσιμο ακόμα ένα πείραμα. Επίσης, θα πρέπει να τονίσουμε ότι μπορεί να υπάρξει εκπαιδευτικό σενάριο που να εμπλέκει περισσότερους από έναν κλάδο, έτσι ώστε να διαθέτουμε ακόμα περισσότερες και πιο πολύπλοκες εργαστηριακές ασκήσεις.



Σχήμα 2. Η διάταξη που διατίθεται στον χρήστη για την εκτέλεση των πειραμάτων.

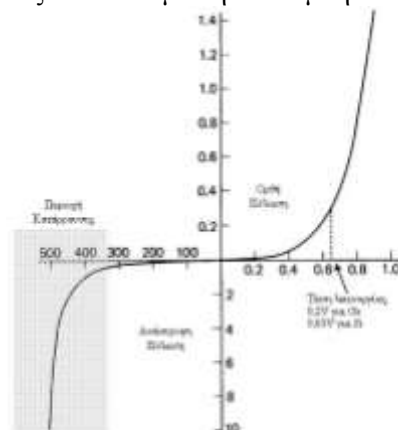
Υπολογισμός της σταθεράς του Planck

Όπως προαναφέρθηκε η παρούσα εργασία αναφέρεται στο υπολογισμό της σταθεράς του Planck, πείραμα που υλοποιήθηκε πιλοτικά στα πλαίσια του μαθήματος Διδακτική της Φυσικής Ι στο Τμήμα Φυσικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Το πείραμα αυτό επιλέχθηκε διότι προσεγγίζει διάφορα επιστημονικά πεδία, όπως η ακτινοβολία φωτός από φωτοδιόδους, η ενέργεια φωτονίων και η διαφορά δυναμικού σε ηλεκτρικό κύκλωμα.

Η σταθερά του Planck έχει υπολογιστεί κατά καιρούς με διάφορους τρόπους. Αναφέρουμε ενδεικτικά την ακτινοβολία μέλανος σώματος και το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο που ιστορικά έχουν προηγηθεί, αλλά μπορεί να προσεγγιστεί και με χρήση φωτοδιόδων, καθώς και με φωτοαντιστάσεις (CdS Cells). Ερευνώντας τη βιβλιογραφία παρατηρούμε πως υπάρχουν πολλές αναφορές στην εργαστηριακή άσκηση που ως στόχο έχει τον υπολογισμό της σταθεράς του Planck, με χρήση διόδων εκπομπής φωτός (O'Connor et al, 1974; Nieves et al, 1997). Η χρήση φωτοδιόδων μπορεί να αξιοποιηθεί με τρεις τρόπους, είτε μετρώντας απ' ευθείας τη τάση κατωφλίου, είτε βρίσκοντας τη χαρακτηριστική της φωτοδιόδου (Σχήμα 3), είτε υπολογίζοντας την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει μία δίοδο εκπομπής φωτός σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία. Όλοι οι παραπάνω τρόποι προσβλέπουν στον υπολογισμό του ενεργειακού χάσματος μεταξύ της ζώνης αγωγιμότητας και της ζώνης σθένους της διόδου.

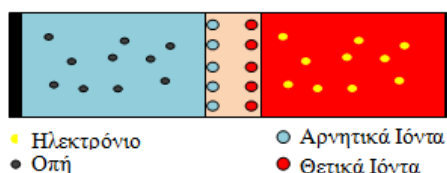
Πριν όμως αναλύσουμε τους τρόπους υπολογισμού του ενεργειακού χάσματος είναι αναγκαίο να ανατρέξουμε στην αρχή λειτουργίας της διόδου. Όπως είναι γνωστό μια δίοδος (συνεπώς και φωτοδίοδος) διαθέτει τρεις περιοχές: μία (p-τύπου) η οποία χαρακτηρίζεται από έλλειψη ηλεκτρονίων (κυριαρχούν οι οπές), μια (n-τύπου) στην οποία κυριαρχούν τα ηλεκτρόνια και την περιοχή

απογύμνωσης. Πριν την εφαρμογή οποιασδήποτε διαφοράς δυναμικού η εικόνα που συναντάμε στο εσωτερικό της διόδου είναι αυτή του Σχήματος 4. Ηλεκτρόνια από την περιοχή n εισέρχονται στην περιοχή p , ενώ οπές από την p μετακινούνται στην n , ενώνονται και με τον τρόπο αυτό δημιουργείται η περιοχή απογύμνωσης ή ουδέτερη ζώνη, στην οποία υπάρχουν μόνο τα ιόντα του κρυστάλλου, ενώ απουσιάζουν οι φορείς φορτίου. Μετά τη δημιουργία της ζώνης απογύμνωσης τα ηλεκτρόνια και οι οπές εκατέρωθεν αυτής δεν μπορούν να περάσουν στις περιοχές p και n αντίστοιχα, διότι συναντούν ένα φράγμα δυναμικού. Όταν η φωτοδίοδος συνδεθεί όπως φαίνεται στο Σχήμα 5 (ο αρνητικός πόλος της πηγής με την περιοχή n) τότε τα ηλεκτρόνια, που βρίσκονται στη ζώνη αγωγιμότητας (της n περιοχής), και οι οπές, που βρίσκονται στη ζώνη σθένους (της p περιοχής), αποκτούν το απαιτούμενο ποσό ενέργειας για να υπερβούν το φράγμα δυναμικού και να βρεθούν στη ουδέτερη ζώνη. Η επανασύνδεση οπών ηλεκτρονίων έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή ακτινοβολίας.



Σχήμα 3. Χαρακτηριστική καμπύλη διόδου (Wikipedia)

Η ακτινοβολία που εκπέμπει κάθε φωτοδίοδος είναι δεδομένου μήκους κύματος, συχνότητας και συνεπώς χρώματος (αν η εκπομπή βρίσκεται στο ορατό φάσμα) τα οποία εξαρτώνται από το ενεργειακό χάσμα μεταξύ της ζώνης αγωγιμότητας και της ζώνης σθένους (σχήμα 5).

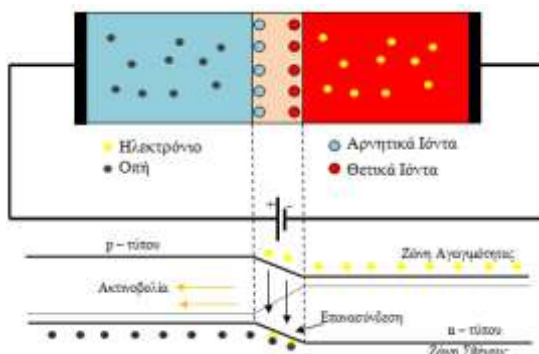


Σχήμα 4. Η διόδος αποτελείται από τρεις περιοχές. Την n -τύπου, την p -τύπου και την περιοχή απογύμνωσης

Ας επανέλθουμε όμως στους τρόπους υπολογισμού της σταθεράς του Planck. Από τη χαρακτηριστική $I-V$ της φωτοδίοδου επιτυγχάνεται ακολουθώντας την εξής διαδικασία. Αρχικά θέτουμε τιμές τάσης στα άκρα της διόδου μετρώντας την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που την διαρρέει σχεδιάζοντας έτσι τη χαρακτηριστική καμπύλη $I-V$ της διόδου. Στη συνέχεια βρίσκουμε το σημείο στο οποίο η δεύτερη παράγωγος της συνάρτησης $I(V)$ μηδενίζεται. Σχεδιάζουμε την εφαπτομένη σε εκείνο το σημείο (http://www.csulb.edu/~ttorres/lab_exp_demos/Planks_constant/plancksConstantReport.pdf). Η τομή της εφαπτομένης με τον άξονα των τάσεων αντιστοιχεί στην τιμή V_0 . Το ενεργειακό χάσμα μπορεί εύκολα να βρεθεί μέσω της σχέσης $E_{\text{χασ}} = e \cdot V_0$, όπου e το φορτίο του ηλεκτρονίου. Συνεπώς αυτή η ενέργεια μετατράπηκε σε ακτινοβολία δηλαδή σε φωτόνια ενέργειας $E_{\text{φωτ}} = h \cdot f$, όπου h η σταθερά του Planck και f η συχνότητα της ακτινοβολίας. Εξισώνοντας τις δύο ενέργειες υπολογίζουμε τον άγνωστο (h), έχοντας ως δεδομένο και το μήκος κύματος της ακτινοβολίας, από όπου θα υπολογιστεί η συχνότητα μέσω της θεμελιώδους σχέσης της κυματικής $c = \lambda \cdot f$.

Η προσέγγιση της σταθεράς του Planck με φωτοδίοδο, είναι συνηθέστερη στη βιβλιογραφία των εργαστηριακών ασκήσεων, σε πανεπιστημιακές σχολές, από την οπτική της τάσης κατωφλίου. Η τάση κατωφλίου $V_{\text{κατ}}$ αντιστοιχεί σε εκείνη την τιμή της τάσης για την οποία η φωτοδίοδος αρχίζει να ακτινοβολεί. Μπορούμε να θεωρήσουμε τη τάση κατωφλίου ίση με την τάση που εφαρμόζουμε στη

δίοδο. Η μαθηματική επεξεργασία είναι ακριβώς ίδια με την περίπτωση που περιγράψαμε παραπάνω θέτοντας όπου V_0 την τάση κατωφλίου. Να τονίσουμε στο σημείο αυτό πως η ταύτιση της $V_{κατ}$ με την εφαρμοζόμενη τάση δεν είναι αληθής, διότι ένα μέρος της εφαρμοζόμενης τάσης καταναλώνεται από τους αγωγούς και τα στοιχεία του κυκλώματος. Συνεπώς η τάση κατωφλίου είναι λίγο μικρότερη από την τάση που εφαρμόζουμε στα άκρα της διόδου, γεγονός που εισάγει σφάλμα στους υπολογισμούς μας.



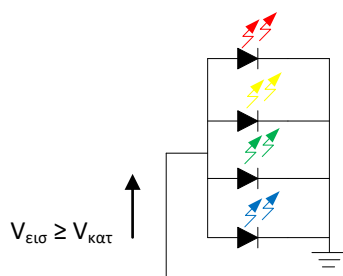
Σχήμα 5. Ένα ηλεκτρόνιο από την ζώνη σθένους αποκτά ενέργεια και καθίσταται ικανό να υπερπηδήσει το ενεργειακό χάσμα. Στη ζώνη αγωγιμότητας ενώνεται με μία οπή και έτσι εκπέμπεται ακτινοβολία

Τέλος πρέπει να αναφερθούμε και στον υπολογισμό της σταθεράς του Planck μελετώντας τη συνάρτηση $I-T$. Από την εξίσωση που χαρακτηρίζει τις διόδους $I=I_0 \cdot \exp[-e((V_0-V)/\eta \cdot k \cdot T)]$, παρατηρούμε πως στους υπολογισμούς μας υφίσταται και η θερμοκρασία T (όπου k σταθερά Boltzmann, και η μια σταθερά που εξαρτάται από το είδος της διόδου και τη θέση της περιοχής επανασύνδεσης). Διατηρώντας τη τάση (V) σταθερή μεταβάλλουμε τη θερμοκρασία μετρώντας κάθε φορά την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος. Επιλύοντας τη παραπάνω εξίσωση ως προς τον παράγοντα V_0-V υπολογίζουμε την τάση κατωφλίου. Η παραπάνω προσέγγιση σύμφωνα με τη βιβλιογραφία είναι ακριβέστερη και εισάγει μικρότερο σφάλμα κατά τον υπολογισμό της σταθεράς του Planck (<http://www.hep.fsu.edu/~wahl/phy4822/expinfo/hled/LEDhSVS.pdf>). Σαφώς και για την εφαρμογή της παραπάνω διαδικασίας απαιτούνται όχι μόνο πιο πολύπλοκες συσκευές, όπως διατάξεις θέρμανσης, αλλά και μια μαθηματική επεξεργασία η οποία ξεφεύγει από το αντικείμενο του μαθήματος. Για τους παραπάνω λόγους επιλέγουμε ο προσδιορισμός της σταθεράς του Planck να υλοποιηθεί με χρήση διόδων εκπομπής φωτός.

Μεθοδολογία – πείραμα

Τη μέθοδο της μέτρησης της $V_{κατ}$ ακολουθήσαμε και στη δική μας εκπαιδευτική προσέγγιση με τη διαφορά πως οι τιμές τάσης καθορίζονταν εξ αποστάσεως. Για να υλοποιηθούν όλα τα παραπάνω εκτός από μια σειρά ιστοσελίδων που πρέπει να σχεδιαστούν, απαιτείται και ένας πειραματικός εξοπλισμός με ηλεκτρονικά και ολοκληρωμένα κυκλώματα, ο οποίος θα επιτελεί μια σειρά εργασιών (Δίντσιος κ.ά., 2011).

Η πειραματική διάταξη καταλήγει σε τέσσερις φωτοδιόδους που τροφοδοτούνται με τάση $V_{εισ}$ η οποία καθορίζεται από τον χρήστη (Σχήμα 6).



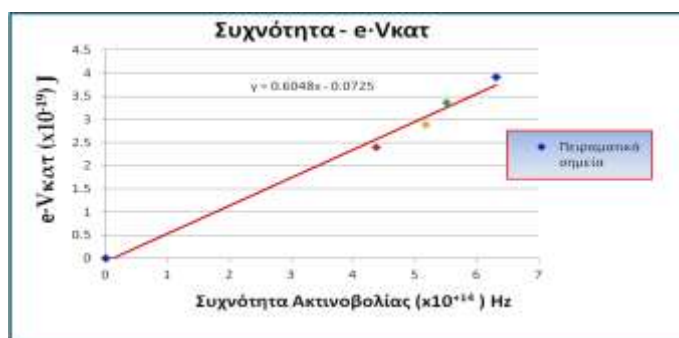
Σχήμα 6. Στην έξοδο του πειραματικού εξοπλισμού συνδέουμε τέσσερις φωτοδιόδους (σηματική αναπαράσταση)

Μόλις η τάση που θέτει ο χρήστης υπερβεί την τάση κατωφλίου, τότε η αντίστοιχη δίοδος ακτινοβολεί. Σαφώς η τάση κατωφλίου κάθε διόδου εξαρτάται από τη συχνότητα της ακτινοβολίας που εκπέμπει. Στο πείραμά μας χρησιμοποιήσαμε τέσσερις φωτοдиодους οι οποίες εκπέμπουν στο κόκκινο, στο κίτρινο, στο πράσινο και στο μπλε. Αρχικά ζητήθηκε από τους φοιτητές να εντοπίσουν τα μήκη κύματος των φωτοδιόδων με τη βοήθεια του διαδικτύου (λαμβάνοντας τις μέσες τιμές των μηκών κύματος για κάθε χρώμα). Στη συνέχεια οι φοιτητές αφού υπολόγισαν τη συχνότητα ακτινοβολίας της κάθε διόδου πειραματίστηκαν λαμβάνοντας τιμές για την τάση κατωφλίου της. Μια WebCam είναι εστιασμένη πάνω στις φωτοдиодους που έχουμε χρησιμοποιήσει και ο χρήστης μπορεί να αντιλαμβάνεται τις διαφορετικές καταστάσεις (ακτινοβολία ή όχι) στις οποίες βρίσκονται οι διόδοι. Ο υπολογισμός της σταθεράς του Planck προκύπτει με τις απλές μαθηματικές πράξεις που έχουμε περιγράψει. Στον πίνακα 1 παραθέτουμε ενδεικτικά κάποιες από τις μετρήσεις που έκαναν οι φοιτητές. Να σημειωθεί ότι η χρήση περισσότερων της μιας διόδου επιτυγχάνει την ελαχιστοποίηση του σφάλματος.

Πίνακας 1. Οι μετρήσεις που έλαβε φοιτητής ο οποίος διεξήγαγε το πείραμα “Υπολογισμός της σταθεράς του Planck” εξ αποστάσεως

| Οι | Μήκος Κύματος | Συχνότητα Ακτινοβολίας | Τάση κατωφλίου | Σταθερά Planck |
|---------|---------------|---------------------------|----------------|---|
| Κόκκινο | 685 nm | $4,545 \times 10^{14}$ Hz | 1,5V | $5,44 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}^{-1}$ |
| Κίτρινο | 580 nm | $5,085 \times 10^{14}$ Hz | 1,8V | $5,66 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}^{-1}$ |
| Πράσινο | 545 nm | $6,316 \times 10^{14}$ Hz | 2.1V | $6.1 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}^{-1}$ |
| Μπλε | 475 nm | $5,505 \times 10^{14}$ Hz | 2,4V | $6.21 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}^{-1}$ |

μετρήσεις των φοιτητών για τα τέσσερα διαφορετικά LED απεικονίζονται στο Σχήμα 7.



Σχήμα 7. Η βέλτιστη ευθεία που διέρχεται από τα σημεία. Η τιμή της σταθεράς του Planck προκύπτει $h=6,048 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}^{-1}$

Όπως φαίνεται και από το Σχήμα 7 η σταθερά του Planck προκύπτει ίση με $h=6,048 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}^{-1}$, ενώ με χρήση της θεωρίας ελαχίστων τετραγώνων το σφάλμα στη μέτρηση είναι $\delta h=0,038$. Το σφάλμα μπορούμε να υποθέσουμε πως πηγάζει είτε από τη λαθεμένη παραδοχή ότι $V_{\text{κατ}}=V_{\text{εισ}}$, είτε από την εσφαλμένη τιμή της συχνότητας ακτινοβολίας κάθε διόδου αλλά και από την απόκλιση μεταξύ εφαρμοζόμενης τιμής μέσω υπολογιστή και της πραγματικά εφαρμοζόμενης τιμής στις διόδους.

Αντίστοιχη εργαστηριακή άσκηση έχει πραγματοποιηθεί από διάφορα πανεπιστήμια ενδεικτικά αναφέρουμε το Lock Haven University of Pennsylvania (http://www.lhup.edu/krange/courses/chem321/labs/LED_h.pdf), όπου οι φοιτητές με τη βοήθεια ενός ροοστάτη μεταβάλλουν την τάση που τροφοδοτεί μια φωτοδιόδο. Λαμβάνουν έτσι ζευγάρια τιμών τάσης κατωφλίου (τιμή τάσης για την οποία η φωτοδιόδος αρχίζει να ακτινοβολεί) με μήκος κύματος ακτινοβολίας. Η βασική διαφορά των δύο πειραμάτων είναι πως η τοποθεσία χρήστη – πειραματικής διάταξης, στη δική μας περίπτωση, διαφέρει.

Στατιστικά αποτελέσματα που προέκυψαν

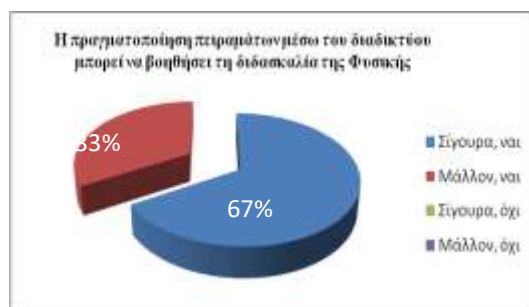
Όπως γίνεται αντιληπτό από τα παραπάνω, το πεδίο της έρευνας και υλοποίησης πραγματικών πειραμάτων εξ αποστάσεως είναι ένα πολλά υποσχόμενο αντικείμενο, που ως στόχο έχει να βοηθήσει

στην εκπαιδευτική διαδικασία. Πρέπει να τονιστεί το χαμηλό κόστος της πειραματικής διάταξης, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια σειρά άλλων παρόμοιων εργαστηριακών ασκήσεων εν αντιθέσει με το υψηλότερο κόστος του πραγματικού πειράματος το οποίο εστιάζεται στην αγορά και συντήρηση του εξοπλισμού. Θα πρέπει να εστιάσουμε στα αποτελέσματα της έρευνας τα οποία αποκαλύπτουν αφενός πως οι φοιτητές έχουν την τάση να διενεργούν εργαστηριακές ασκήσεις καθ' όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου κάνοντας επιβεβλημένη τη χρήση πραγματικών πειραμάτων εξ αποστάσεως τα οποία να είναι διαθέσιμα 24ώρες/ημέρα. Επίσης οι απόψεις των φοιτητών ευθυγραμμίζονται με την άποψη ότι τα πραγματικά πειράματα εξ αποστάσεως μπορούν να βοηθήσουν στη διδασκαλία της Φυσικής.

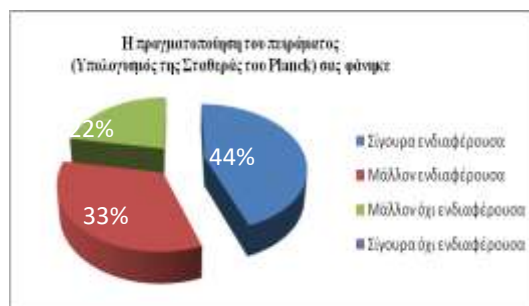
Επιπλέον να σημειωθεί πως η παραπάνω πειραματική διάταξη μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε μια σειρά άλλων εργαστηριακών ασκήσεων με χρήση φωτοδιόδου. Για παράδειγμα θα μπορούσε να εξαχθεί η σχέση τάσης κατωφλίου – θερμοκρασία διόδου καθώς και η χαρακτηριστική της διόδου.

Κλείνοντας θα θέλαμε να σημειώσουμε και την εργασία σε ομάδες εξ αποστάσεως, μια ικανότητα την οποία οι σημερινοί φοιτητές και αυριανά στελέχη επιχειρήσεων θα πρέπει να δομήσουν.

Θα μπορούσαμε λοιπόν, σε επόμενη εργασία εκτός από τα άλλα πειράματα που μπορούν να υλοποιηθούν να αναπτύξουμε μια εκπαιδευτική πρόταση βασιζόμενη στην μέτρηση της σταθεράς του Planck, κατά την οποία οι φοιτητές θα χωριστούν σε τετραμελείς ομάδες και κάθε μέλος της ομάδας θα αναλάβει να μελετήσει μία δίοδο. Τελικά θα “συνθέσουν” τα αποτελέσματά τους εξ αποστάσεως καταλήγοντας στην βέλτιστη τιμή της σταθεράς.



Σχήμα 8. Κατανομή απαντήσεων φοιτητών ανάλογα με αν πιστεύουν πως η διενέργεια πραγματικών πειραμάτων εξ αποστάσεως μπορεί να βοηθήσει

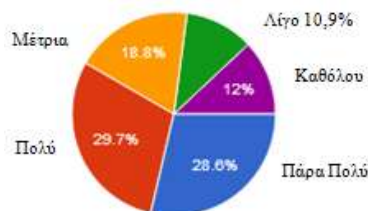


Σχήμα 9. Κατανομή απαντήσεων φοιτητών ανάλογα με το πώς τους φάνηκε η εργαστηριακή άσκηση “Υπολογισμός της σταθεράς του Planck” που πραγματοποίησαν εξ αποστάσεως.



Σχήμα 10. Κατανομή φοιτητών ανάλογα με αν θα πρότειναν ή όχι το συγκεκριμένο πείραμα εξ αποστάσεως

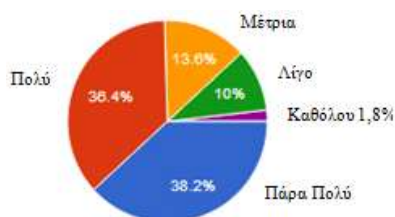
Επίσης από την εφαρμογή των πειραμάτων από απόσταση στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση προέκυψαν ενδιαφέροντα στατιστικά αποτελέσματα τα οποία παραθέτουμε παρακάτω. Από τα ερωτηματολόγια που έχουν μέχρι τώρα αναλυθεί μπορούμε με ασφάλεια να συμπεράνουμε ότι τα εξ αποστάσεως πειράματα τυγχάνουν αποδοχής από την πλειοψηφία της μαθητικής κοινότητας στην Ελλάδα. Πιο συγκεκριμένα στην ερώτηση “Θα πρότεινα αυτή την ιστοσελίδα σε κάποιον που ασχολείται με τη Φυσική”, τα στατιστικά των απαντήσεων παρατίθενται στο Σχήμα 11.



Σχήμα11. Απαντήσεις στο ερώτημα :“Θα πρότεινα την ιστοσελίδα σε κάποιον που ασχολείται με τη Φυσική”

Μια άλλη ερώτηση η οποία φανερώνει την αποδοχή των εξ αποστάσεως πραγματικών πειραμάτων στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση είναι: “Τα εξ αποστάσεως πειράματα μπορούν να προωθήσουν την διδασκαλία της φυσικής.” Οι απαντήσεις συνοψίζονται στο Σχήμα 12.

Επίσης οι απαντήσεις στο ερώτημα “Το πείραμα που εκτέλεσα με βοήθησε να κατανοήσω το μάθημα”, είναι άκρως ενδιαφέρουσες μιας και το 66% των μαθητών συμφωνεί με την παραπάνω πρόταση (Σχήμα 13).



Σχήμα12. Απαντήσεις στο ερώτημα: “Τα εξ αποστάσεως πειράματα μπορούν να βοηθήσει το μάθημα της Φυσικής”

Συζήτηση -Συμπεράσματα

Λαμβάνοντας υπόψη μας τα παραπάνω ευρήματα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι τα πραγματικά πειράματα από απόσταση είναι αποδεκτά τόσο από την μαθητική όσο και από την φοιτητική κοινότητα. Τα συγκριτικά αποτελέσματα συνοψίζονται στον παρακάτω Πίνακα 2.

Αυτό που προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα είναι η θετική αντιμετώπιση που έτυχαν τα πειράματα από απόσταση τόσο από τους μαθητές της δευτεροβάθμιας όσο και τους φοιτητές της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Μάλιστα, παρατηρείται πως οι μεγαλύτερες ηλικίες (φοιτητές) αντιμετωπίζουν τα πραγματικά πειράματα από απόσταση πιο θετικά σε σχέση με τους μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Το παραπάνω εύρημα μπορεί να αιτιολογηθεί αν λάβουμε υπόψη μας το γεγονός πως οι φοιτητές της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης είναι περισσότερο εξοικειωμένοι με τη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών.



Σχήμα 13. Απαντήσεις στο ερώτημα: “Το πείραμα που εκτέλεσα με βοήθησε να κατανοήσω το μάθημα.”

Είναι βέβαιο πως απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση της αποδοχής, αλλά και αποτελεσματικότητας των πειραμάτων από απόσταση σε όλες τις βαθμίδες της Ελληνικής εκπαίδευσης, όμως τολμούμε να δηλώσουμε πως τα πρώτα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά.

Πίνακας 2. Σύνοψη των απαντήσεων μαθητών – φοιτητών

| Ερώτηση | Απάντηση Μαθητών | | Απάντηση Φοιτητών | |
|--|------------------|---------------|-------------------|---------------|
| | Σίγουρα ναι | Μάλλον ναι | Σίγουρα ναι | Μάλλον ναι |
| Πιστεύετε πως η διενέργεια πραγματικών πειραμάτων εξ αποστάσεως μπορεί να βοηθήσει το μάθημα της Φυσικής | 38,2% | 36,4% | 67% | 33% |
| Θα προτείνατε ή όχι το συγκεκριμένο πείραμα εξ αποστάσεως | 28,6% | 29,7% | 11% | 78% |

Αναφορές

- Adams, W. K., Reid, S., LeMaster, R., McKagan, S. B., Perkins, K. K., Dubson, M., & Wieman, C. E. (2008). A Study of Educational Simulations Part I-Engagement and Learning. *Journal of Interactive Learning Research*, 19(3), 397-419.
- Armstrong, H. E. (1891). *The teaching of scientific method*. New York: Macmillan.
- Dewey, J. (1916). Method in science teaching. *General Science Quarterly*, 1(1), 3-9.
- Gomes, L., & Bogosyan, S. (2009). SPECIAL SECTION PAPERS-Current Trends in Remote Laboratories. *IEEE transactions on industrial electronics* (1982), 56(12), 4744.
- Hanson, B., Culmer, P., Gallagher, J., Page, K., Read, E., Weightman, A., & Levesley, M. (2009). ReLOAD: Real laboratories operated at a distance. *Learning Technologies, IEEE Transactions on*, 2(4), 331-341.
- Hodson, D. (1988). Experiments in science and science teaching. *Educational philosophy and theory*, 20(2), 53-66.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of educational research*, 52(2), 201-217.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science education*, 88(1), 28-54.
- Kingsley, C. (1890). *Collected Works of Charles Kingsley: Literary and general lectures and essays* (Vol. 18). Macmillan and Company.
- Ma, J., & Nickerson, J. V. (2006). Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 38(3), 7.
- Moore, E. B., Herzog, T. A., & Perkins, K. K. (2013). Interactive simulations as implicit support for guided-inquiry. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(3), 257-268.
- Nieves, L., Spavieri, G., Fernandez, B., & Guevara, R. A. (1997). Measuring the Planck constant with LED's. *The Physics Teacher*, 35(2), 108-109.
- O'Connor, P. J., & O'Connor, L. R. (1974). NOTES: Measuring Planck's Constant Using a Light Emitting Diode. *The Physics Teacher*, 12(7), 423-425.
- Rosen, S. (1956) The rise of high-school chemistry in America (to 1920). *Journal of chemical Education*, 33.12: 627.
- Rudolph, J. L. (2005). Epistemology for the masses: The origins of "The Scientific Method" in American schools. *History of Education Quarterly*, 45(3), 341-376.
- Scanlon, E. (2004). Information and communication technology for science education: current prospects and trends in research. *Mediating science learning through ICT*.
- Scanlon, E., Colwell, C., Cooper, M., & Di Paolo, T. (2004). Remote experiments, re-versioning and re-thinking science learning. *Computers & Education*, 43(1), 153-163.
- Wieman, C. E., Perkins, K. K., & Adams, W. K. (2008). Oersted Medal Lecture 2007: Interactive simulations for teaching physics: What works, what doesn't, and why. *American Journal of Physics*, 76(4), 393-399.
- Windschitl, M., Dvornich, K., Ryken, A. E., Tudor, M., & Koehler, G. (2007). A comparative model of field investigations: Aligning school science inquiry with the practices of contemporary science. *School Science and Mathematics*, 107(1), 382-390.
- Worthington, J., (1885). *Physical laboratory practice*. London.
- Yager, R. E., Engen, H. B., & Snider, B. C. (1969). Effects of the laboratory and demonstration methods upon the outcomes of instruction in secondary biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 6(1), 76-86.

Δίντσιος, Ν. & Πολάτογλου, Χ. (2011). Σχεδιασμός Δικτυακής Εφαρμογής και Διάταξης για την Εξ Αποστάσεως Εργαστηριακή Άσκηση. *Proceedings of 6th International Conference in Open & Distance Learning*, σσ. 151-156, Λουτράκι.

Μέτρηση της σταθεράς του Planck στο σχολικό εργαστήριο

Μαρία Θεοδωροπούλου

Φυσικός (PhD), ΓΕΛ Κρεστένων, Ηλείας
mariatheodoropoulou@gmail.com

Ιωάννης Χιωτέλης

Φυσικός (PhD), Πειραματικό Λύκειο Πανεπιστημίου Πατρών
johnchiotelis@yahoo.gr

Περίληψη

Η σταθερά του Planck αποτελεί μια από τις πιο θεμελιώδεις σταθερές της κβαντομηχανικής. Περιγράφει τη συμπεριφορά των σωματιδίων σε υποατομικό επίπεδο, όπου ύλη και ενέργεια εναλλάσσονται. Τα φωτόνια ως στοιχειώδη σωματίδια-φορείς της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας χαρακτηρίζονται από ενέργεια που υπολογίζεται με τη βοήθεια της σταθεράς του Planck. Πως όμως είναι δυνατόν να καταστήσουμε υπολογίσιμη τη σταθερά αυτή στους μαθητές του Λυκείου; Οι μαθητές διδάσκονται στη Β' Λυκείου τα ηλεκτρικά κυκλώματα συνεχούς ρεύματος, τη Φυσική του Φωτός και τα ατομικά φαινόμενα. Συνδυάζοντας τα τρία αυτά αντικείμενα καταστρώσαμε ένα πείραμα υπολογισμού της σταθεράς του Planck. Η λειτουργία των διόδων εκπομπής φωτός (LED) στηρίζεται στην ατομική θεωρία. Αναπτύξαμε κύκλωμα συνεχούς με διόδους εκπομπής διαφορετικών χρωμάτων, ποτενσιόμετρο, αμπερόμετρο και βολτόμετρο. Μεταβάλλαμε την τάση του κυκλώματος και εντοπίσαμε την τάση ενεργοποίησης κάθε διόδου. Από τις τιμές τάσεων ενεργοποίησης για κάθε δίοδο διαφορετικού μήκους κύματος (χρώματος) μπορέσαμε να υπολογίσουμε τη σταθερά του Planck.

Λέξεις κλειδιά: Δίοδος εκπομπής φωτός, κύκλωμα συνεχούς, τάση κατωφλίου, μήκος κύματος, σταθερά του Planck,

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει προσπάθεια ολιστικής προσέγγισης της επιστήμης στις σχολικές μονάδες (Orion, 2007; Korthagen, 2004). Κατά την προσέγγιση αυτή επιχειρείται η διασύνδεση διαφορετικών θεματικών της ίδιας επιστήμης (διαθεματικότητα) (Maurer, 1994) ή διαφορετικών επιστημονικών πεδίων (διεπιστημονικότητα) (Martinello & Cook, 2000). Η διδακτική αυτή προσέγγιση γίνεται κυρίως μέσα από το μάθημα της ερευνητικής εργασίας (project) (Hawkes, 1967), μέσα από τα εκπαιδευτικά προγράμματα (πολιτιστικά, περιβαλλοντικά, αγωγής υγείας) (Woolnough, 1994) και σε μικρότερη έκταση μέσα από τους ομίλους αριστείας και τις βιωματικές δράσεις (Scheurich & Skrla, 2003). Ωστόσο, μέσα από ένα καλά σχεδιασμένο πείραμα μπορεί κανείς να προσεγγίσει ευρύτερες γνωστικές ενότητες ενός επιστημονικού αντικειμένου (Abruscato, 1988).

Παράλληλα, η πειραματική διαδικασία μπορεί να πλαισιωθεί από ένα δομημένο εκπαιδευτικό σενάριο που θέτει ερωτήματα προς προβληματισμό, προτρέπει και ενθαρρύνει τον πειραματισμό, την καταγραφή και επεξεργασία δεδομένων προς εξαγωγή συμπερασμάτων (Gormally et. al., 2009). Ακολουθώντας μια διαδικασία διερευνητικής μάθησης οι μαθητές μετέχουν στα στάδια της επιστημονικής έρευνας. Τους τίθεται ένα επιστημονικό ερώτημα που καλούνται να απαντήσουν, διατυπώνουν αρχικές υποθέσεις, καταστρώνουν πειραματική ή ερευνητική διαδικασία, συλλέγουν δεδομένα τα επεξεργάζονται και καταλήγουν σε νέα συμπεράσματα. Στην επιστήμη ωστόσο η πειραματική διαδικασία δεν είναι μονωμένη. Απαιτεί ευρύτητα πνεύματος και ολιστική αντιμετώπιση των θεμάτων (Mitroff & Blankenship, 1973). Η μελέτη της συμπεριφοράς μιας ωμικής αντίστασης για παράδειγμα, απαιτεί γνώσεις συνδεσμολογίας (Arons & Redish, 1997).

Η Φυσική Γενικής Παιδείας της Β' Λυκείου αναφέρεται στα ηλεκτρικά κυκλώματα, στη φύση του φωτός και στα ατομικά φαινόμενα (ενεργειακές στάθμες). Σκεφτήκαμε να συνδυάσουμε αυτές τις τρεις θεματικές ενότητες της Φυσικής, ώστε να πραγματοποιήσουμε μετρήσεις, να συλλέξουμε δεδομένα, να τα επεξεργαστούμε και να υπολογίσουμε μια σταθερά που σχετίζεται με κβαντικά φαινόμενα του μικρόκοσμου: τη σταθερά του Planck. Ακολουθήσαμε τη μέθοδο της διερευνητικής μάθησης, θέτοντας το ερώτημα του υπολογισμού της σταθεράς στους μαθητές (Lois & Magnussen, 2000). Οργανώσαμε την ομάδα εργασίας από πέντε μαθητές με επιβλέποντα καθηγητή και

εργαστήκαμε χωρίς να ορίσουμε διακριτούς ρόλους στους πέντε μαθητές (Donaldson & Sanderson, 1996). Οι μαθητές (όλοι της Β΄ τάξης του Λυκείου) είχαν διδαχθεί τη θεωρία των τριών αντικειμένων και μπορούσαν να διατυπώσουν αρχικές θεωρήσεις, στηριζόμενοι σε προϋπάρχουσες γνώσεις (Recht & Leslie, 1988).

Προσπαθήσαμε να έχουμε μια ολιστική προσέγγιση τριών ενοτήτων της Φυσικής μέσα από μια πειραματική διαδικασία. Ταυτόχρονα, στηριζόμενοι σε ένα εκπαιδευτικό σενάριο διερευνητικής μάθησης, προτρέψαμε τους μαθητές να εργαστούν ως ερευνητές, καταγράφοντας δεδομένα κάνοντας επεξεργασία και καταλήγοντας σε υπολογισμό μιας φυσικής σταθεράς (Perry & Drummond, 2002). Ολιστική προσέγγιση, ομαδοσυνεργατικότητα και διερευνητική μάθηση ήταν οι άξονες της εργασίας μας.

Θεωρητικό μέρος

Βασικές-προϋπάρχουσες γνώσεις

Η σταθερά του Planck, αναφερόμενη ως h , είναι μία φυσική σταθερά που χρησιμοποιείται για να περιγράψει το μέγεθος των κβάντα (Planck, 1920). Παίζει κεντρικό ρόλο στη θεωρία της κβαντικής μηχανικής (Einstein, 1936), και πήρε την ονομασία της από τον Max Planck, έναν από τους θεμελιωτές της κβαντικής θεωρίας (Planck, 1901). Εμφανίστηκε για πρώτη φορά στην εργασία του Planck για τη μελέτη της ακτινοβολίας του μέλανος σώματος. Ο Max Planck (1858–1947) συνέδεσε την ενέργεια των μεμονωμένων φωτονίων E_p με το μήκος κύματος της ακτινοβολίας τους λ , όπως φαίνεται από την εξίσωση: $E_p = hc/\lambda$ (1). Οι μαθητές διδάσκονται τη σταθερά του Planck στη Φυσική Γενικής Παιδείας Β΄ Λυκείου (διττή φύση του φωτός).

Παράλληλα, σε ένα εισαγωγικό μάθημα διδάσκουμε στους μαθητές τη θεωρία και την τεχνολογία των Διόδων Εκπομπής Φωτός, (LED, Light Emitting Diode), ως ημιαγωγούς που εκπέμπουν φωτεινή ακτινοβολία στενού φάσματος όταν τους παρέχεται μία ηλεκτρική τάση κατά τη φορά ορθής πόλωσης. Αν και δε γίνεται αναλυτική επεξήγηση του τρόπου λειτουργίας και της δομής αυτών των ημιαγωγών στα σχολικά εγχειρίδια, ωστόσο στις πρώτες διδακτικές ώρες της παρούσας ερευνητικής εργασίας, εισάγουμε τους μαθητές στις βασικές αρχές λειτουργίας των διόδων LEDs. Με αναζήτηση στη βιβλιογραφία (Kasap, 2002; Singh, 1995) (και καθοδήγηση –επεξήγηση από τον επιβλέποντα καθηγητή) οι μαθητές ανακαλύπτουν ότι η δίοδος εκπομπής φωτός είναι στην ουσία μια διάταξη που έχει κατασκευαστεί από ένα ημιαγωγό με καθορισμένο ενεργειακό χάσμα και έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή συγκεκριμένης ενέργειας φωτονίων (Schubert et al, 2005). Η ενέργεια των εκπεμπόμενων φωτονίων, $E_p = hf$, ισούται κατά προσέγγιση με το ενεργειακό χάσμα E_g : $E_g = E_p = hf$. Η πληροφορία αυτή είναι πολύ σημαντική καθώς οι μαθητές αντιλαμβάνονται ότι το μήκος κύματος (χρώμα) της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας σχετίζεται με το ενεργειακό χάσμα του ημιαγωγού (Nakamura & Chichibu, 2000). Την εκπομπή φωτός κατά τις μεταβάσεις ηλεκτρονίων μεταξύ ενεργειακών σταθμών, την έχουν διδαχθεί στο κεφάλαιο των ατομικών φαινομένων.

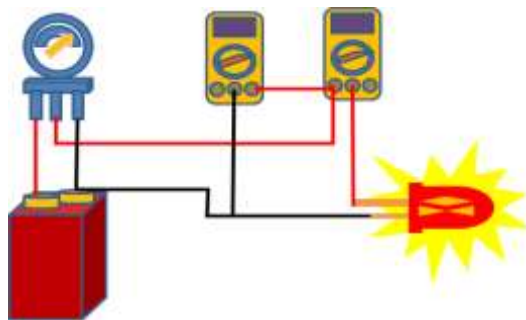
Τέλος, σχετικά με τη συνδεσμολογία ηλεκτρικών κυκλωμάτων συνεχούς ρεύματος, οι μαθητές έχουν διδαχθεί βασικά στοιχεία συνδεσμολογίας. Γνωρίζουν την πολικότητα των πηγών, γνωρίζουν ότι τα αμπερόμετρα συνδέονται σε σειρά στο κύκλωμα, ενώ τα βολτόμετρα σε παράλληλα. Επίσης, είχαν υλοποιήσει την υποχρεωτική εργαστηριακή άσκηση μελέτης της συμπεριφοράς ωμικής αντίστασης, οπότε μπορούν να καταγράψουν τιμές ρεύματος, τάσης από ψηφιακό ή από αναλογικό μετρητικό όργανο. Ωστόσο, δε γνωρίζουν τη συνδεσμολογία και τον τρόπο λειτουργίας ενός ποτενσιόμετρου. Για το λόγο αυτό έγινε βιβλιογραφική αναζήτηση. Το ποτενσιόμετρο είναι αναλογικό ηλεκτρονικό εξάρτημα, που χρησιμοποιείται στα κυκλώματα ως μεταβλητή αντίσταση (IEEE Press, 2000). Αποτελείται από αγωγή πλάκα κυκλικού σχήματος, πάνω στην οποία γυρίζει, με τη βοήθεια ενός στροφέα, μια επαφή. Ανάλογα με την απόσταση της επαφής από την είσοδο του ρεύματος στο ποτενσιόμετρο μεταβάλλεται και η αντίσταση. Στην πραγματικότητα είναι ένας καταμεριστής τάσης, αφού η μεταβλητή αντίσταση ουσιαστικά ρυθμίζει την παρεχόμενη στο κύκλωμα τάση (Elliot, 2012).

Στηριζόμενοι λοιπόν στην γνώση αυτή, οργανώσαμε μαζί με τους μαθητές μια πειραματική διαδικασία υπολογισμού της σταθεράς του Planck, συνδέοντας διόδους εκπομπής φωτός σε κύκλωμα με ποτενσιόμετρο και προσπαθώντας να εντοπίσουμε την τιμή τάσης όπου η δίοδος ξεκινάει να εκπέμπει φως, δηλαδή την τάση κατωφλίου.

Πειραματικό μέρος

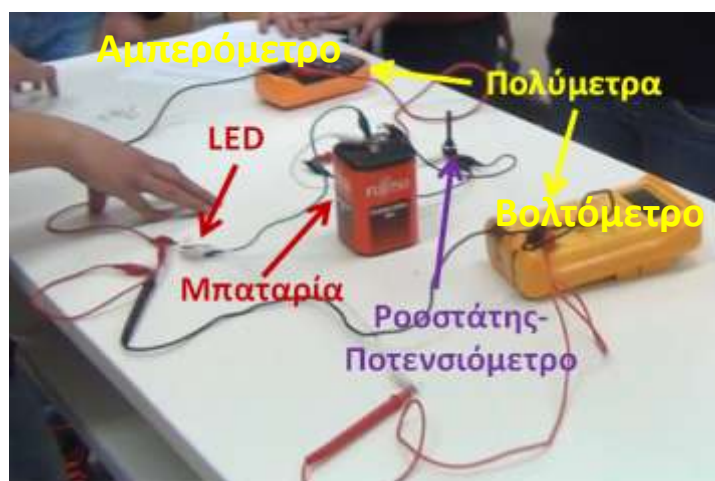
Πειραματική διάταξη

Για να πραγματοποιήσουμε το ηλεκτρικό κύκλωμα της πειραματικής μας διάταξης θα χρειαστούμε τρία LEDs. Τα LEDs αποτελούν ειδική κατηγορία διόδων που εκπέμπουν ακτινοβολία που σχετίζεται με το ενεργειακό χάσμα του ημιαγωγού. Οι φωτοεκπομποί διόδοι που χρησιμοποιήσαμε εκπέμπουν σχεδόν μονοχρωματική ακτινοβολία (φως συγκεκριμένου χρώματος) και συγκεκριμένα χρησιμοποιήσαμε ένα κόκκινο, ένα πορτοκαλί και ένα μπλε LED, μια μπαταρία 6V, δύο πολύμετρα (ένα για να χρησιμοποιηθεί ως βολτόμετρο και το άλλο ως αμπερόμετρο) και ένα ποτενσιόμετρο. Το ηλεκτρικό κύκλωμα αναπαριστάται στο παρακάτω Σχήμα 1.



Σχήμα 21 Το ηλεκτρικό κύκλωμα για τον υπολογισμό της σταθεράς του Planck

Στο Σχήμα 1 φαίνεται η δίοδος εκπομπής φωτός με το ένα άκρο της να συνδέεται με το θετικό πόλο της μπαταρίας και το άλλο άκρο με τον αρνητικό. Γνωρίζουμε ότι η δίοδος φέρει δύο ακροδέκτες ο ένας μακρύτερος από τον άλλον που πρέπει να συνδεθεί με το θετικό πόλο της πηγής. Σε σειρά στο κύκλωμα παρεμβάλλεται ένα αμπερόμετρο ενώ παράλληλα στη δίοδο, ένα βολτόμετρο που καταγράφει την τάση στα άκρα της. Επίσης, φαίνεται η συνδεσμολογία του ροοστάτη που λειτουργεί ως ποτενσιόμετρο. Οι δυο ακραίοι ακροδέκτες συνδέονται με τους δύο πόλους της πηγής, ενώ ο μεσαίος συνδέεται στο ένα άκρο της δίοδου, μέσω του αμπερομέτρου, κλείνοντας το κύκλωμα.



Σχήμα 22. Το ηλεκτρικό κύκλωμα, στο σχολικό εργαστήριο

Λήψη μετρήσεων

Το ποτενσιόμετρο μας δίνει τη δυνατότητα μεταβολής της τάσης στο κύκλωμα, άρα και του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα. Για μηδενική τάση η δίοδος δε φωτοβολεί. Αυξάνοντας την τάση, άρα και το ρεύμα στο κύκλωμα παρατηρούμε ότι η δίοδος δε φωτοβολεί μέχρι μια συγκεκριμένη τιμή, οπότε και αρχίζει η εκπομπή φωτός. Ξεκινάμε σταδιακά και καταγράφουμε τιμές τάσης και έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος από τα πολύμετρα. Αυξάνοντας την τάση παρατηρούμε ότι η ένταση του ρεύματος παραμένει μηδενική. Ουσιαστικά το κύκλωμά μας δε διαρρέεται από ρεύμα. Αυτό είναι βασική αρχή της λειτουργίας των ημιαγωγών, οι οποίοι για χαμηλές τιμές τάσεων λειτουργούν ως μονωτές ενώ από μια συγκεκριμένη τιμή τάσης – τάση κατωφλίου – και πάνω λειτουργούν ως αγωγοί

επιτρέποντας τη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος από το κύκλωμα. Στον παρακάτω Πίνακα 1 φαίνονται τιμές τάσης και έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος για τις διόδους εκπομπής διαφορετικών χρωμάτων (μηκών κύματος). Λόγω διαφορετικής συμπεριφοράς των φωτοεκπομπών διόδων που σχετίζεται άμεσα με το ενεργειακό χάσμα των ημιαγωγών, έχουμε διαφορετικό εύρος τιμών έντασης ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει τα LEDs για δεδομένες τιμές εφαρμοζόμενων τάσεων. Επίσης, ο αριθμός των πειραματικών δεδομένων, είναι άμεσα συναρτώμενος από τα χαρακτηριστικά των διόδων.

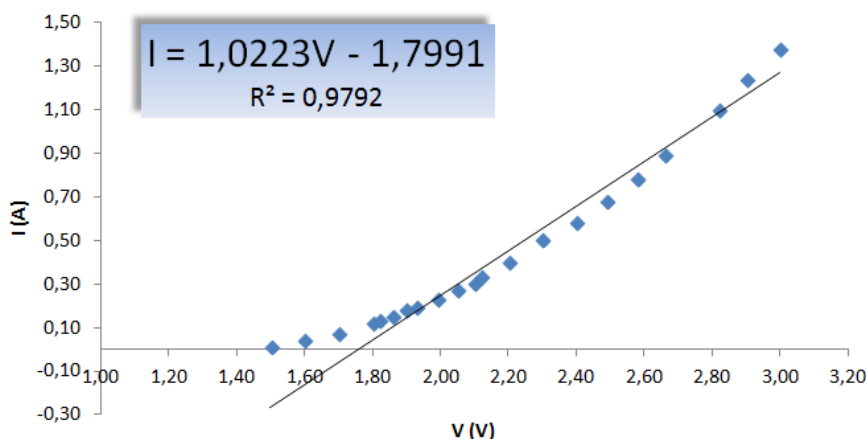
Πίνακας 12. Τιμές τάσης και έντασης ηλεκτρικού ρεύματος για διόδους εκπομπής φωτός διαφορετικού μήκους κύματος (χρώματος)

| Δίοδος εκπομπής κόκκινου φωτός | | Δίοδος εκπομπής κυανού φωτός | | Δίοδος εκπομπής πορτοκαλί φωτός | |
|--------------------------------|-------|------------------------------|-------|---------------------------------|-------|
| V (V) | I (A) | V (V) | I (A) | V (V) | I (A) |
| 1,50 | 0,01 | 2,15 | 0,001 | 1,65 | 0,01 |
| 1,60 | 0,04 | 2,3 | 0,003 | 1,76 | 0,08 |
| 1,70 | 0,07 | 2,4 | 0,015 | 1,81 | 0,29 |
| 1,80 | 0,12 | 2,45 | 0,029 | 1,83 | 0,49 |
| 1,82 | 0,13 | 2,51 | 0,05 | 1,86 | 1,02 |
| 1,86 | 0,15 | 2,55 | 0,073 | 1,89 | 1,82 |
| 1,90 | 0,18 | 2,61 | 0,11 | 1,9 | 2,39 |
| 1,93 | 0,19 | 2,7 | 0,2 | 1,91 | 2,97 |
| 1,99 | 0,23 | 2,8 | 0,37 | | |
| 2,05 | 0,27 | 2,85 | 0,47 | | |
| 2,10 | 0,30 | 2,9 | 0,59 | | |
| 2,12 | 0,33 | | | | |
| 2,20 | 0,40 | | | | |
| 2,30 | 0,50 | | | | |
| 2,40 | 0,58 | | | | |
| 2,49 | 0,68 | | | | |
| 2,58 | 0,78 | | | | |
| 2,66 | 0,89 | | | | |
| 2,82 | 1,10 | | | | |
| 2,90 | 1,24 | | | | |
| 3,00 | 1,38 | | | | |

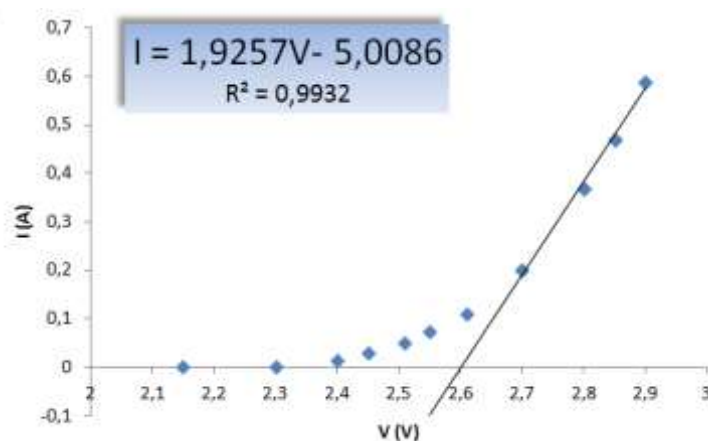
Κατά τη διεξαγωγή του πειράματος προσέχουμε να μην εφαρμόσουμε στα άκρα της διόδου μεγαλύτερη τάση από την τάση λειτουργίας της, καθώς υπάρχει κίνδυνος καταστροφής της. Με τους μαθητές καταγράψαμε τις πειραματικές τιμές τάσης σε σχέση με την ένταση του ρεύματος εντοπίζοντας την τάση στην οποία η διάδος αρχικά φωτοβολεί. Στη συνέχεια προχωρήσαμε στην επεξεργασία των πειραματικών μετρήσεων.

Επεξεργασία

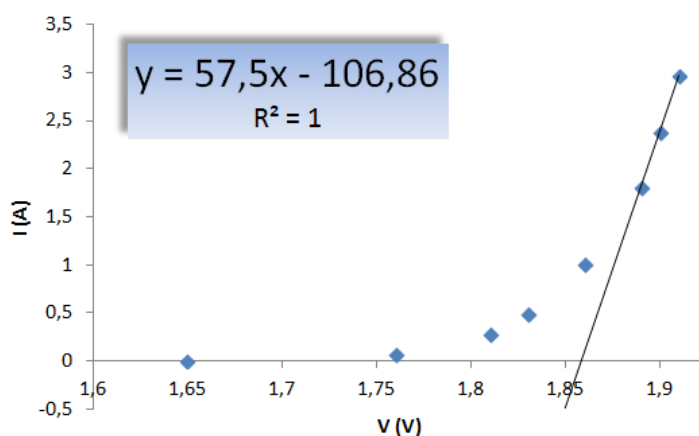
Η επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων περιλάμβανε δύο στάδια Αρχικά την κατασκευή γραφικών παραστάσεων από τους μαθητές σε χιλιοστομετρικό χαρτί. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζουμε τις γραφικές παραστάσεις των μετρήσεων σε ψηφιακή μορφή (αρχείο excel). Στα παρακάτω Σχήματα 3,4,5 παραθέτουμε αντίστοιχα τις γραφικές παραστάσεις της έντασης I του ηλεκτρικού ρεύματος σε συνάρτηση με την τάση V για τις διόδους εκπομπής κόκκινου, κυανού και πορτοκαλί χρώματος.



Σχήμα 23. Γραφική παράσταση της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος I σε συνάρτηση με την τάση V που εφαρμόζουμε στα άκρα της διόδου εκπομπής κόκκινου χρώματος. Η ένθετη γραμμική προσέγγιση αφορά τις τιμές που παρουσιάζουν αναλογική-γραμμική σχέση μεταξύ έντασης ηλεκτρικού ρεύματος και εφαρμοζόμενης τάσης



Σχήμα 24. Γραφική παράσταση της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος I σε συνάρτηση με την τάση V που εφαρμόζουμε στα άκρα της διόδου εκπομπής κυανού χρώματος. Η ένθετη γραμμική προσέγγιση αφορά τις τιμές που παρουσιάζουν αναλογική-γραμμική σχέση μεταξύ έντασης ηλεκτρικού ρεύματος και εφαρμοζόμενης τάσης



Σχήμα 25 Γραφική παράσταση της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος I σε συνάρτηση με την τάση V που εφαρμόζουμε στα άκρα της διόδου εκπομπής πορτοκαλί χρώματος. Η ένθετη

γραμμική προσέγγιση αφορά τις τιμές που παρουσιάζουν αναλογική-γραμμική σχέση μεταξύ έντασης ηλεκτρικού ρεύματος και εφαρμοζόμενης τάσης

Όπως φαίνεται και από τις γραφικές παραστάσεις, προχωρήσαμε και σε ένα δεύτερο στάδιο επεξεργασίας των πειραματικών δεδομένων. Μετά την έναρξη φωτοβολίας της διόδου που λαμβάνει χώρα μετά την εφαρμογή στα άκρα της διόδου της τάσης κατωφλίου, η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος αυξάνεται σχεδόν γραμμικά με την εφαρμοζόμενη τάση. Εντοπίσαμε με τους μαθητές την περιοχή όπου οι τιμές έντασης ηλεκτρικού ρεύματος-εφαρμοζόμενης τάσης έχουν γραμμική-αναλογική συμπεριφορά και προχωρήσαμε σε γραμμική προσέγγιση των τιμών αυτών. Στο χιλιοστομετρικό χαρτί οι μαθητές εντόπισαν την περιοχή με χρήση χάρακα, ενώ στη ψηφιακή επεξεργασία εφαρμόσαμε γραμμή τάσης (και συγκεκριμένα γραμμική προσέγγιση).

Από τις γραμμικές προσεγγίσεις εντοπίσαμε το σημείο τομής της γραμμής με τον άξονα των τάσεων. Το σημείο αυτό μας παρέχει πολύ σημαντική πληροφορία, καθώς ουσιαστικά μας αποκαλύπτει την τάση ενεργοποίησης V_a ή τάση κατωφλίου κάθε διόδου ξεχωριστά. Την τάση ενεργοποίησης V_a προσδιορίσαμε από την περιοχή τιμών όπου το ρεύμα αρχίζει να αυξάνεται γραμμικά με την τάση. Μπορεί να διαβαστεί απευθείας από το γράφημα με προέκταση προς τα πίσω της ευθείας γραμμής που αντιπροσωπεύει την περιοχή της γραμμικής απόκρισης μέχρι να συναντήσει τον άξονα x. Οι μαθητές το έκαναν αυτό οπτικά χρησιμοποιώντας έναν χάρακα και στη συνέχεια, υπό την καθοδήγηση των εκπαιδευτικών, εφαρμόζοντας γραμμική παλινδρόμηση στα πειραματικά σημεία δεδομένων στην γραμμική περιοχή με τη βοήθεια γραμμικών προσεγγίσεων του λογισμικού Microsoft Excel. Με διαδοχικές δοκιμές-επαναλήψεις (loops) προσεγγίσαμε τις βέλτιστες ευθείες, βάσει τις μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων. Με τις τιμές αυτές σχεδιάσαμε τη γραφική παράσταση της τάσης ενεργοποίησης V_a σε συνάρτηση με το αντίστροφο του μήκους κύματος $1/\lambda$ και από την κλίση αυτής της γραφικής παράστασης υπολογίσαμε τη σταθερά του Planck.

Υπολογισμός της σταθεράς του Planck

Από τις γραφικές παραστάσεις των Εικόνων 3,4,5 οι μαθητές υπολόγισαν τις τάσεις ενεργοποίησης των διόδων εκπομπής κόκκινου, πορτοκαλί και κυανού χρώματος φωτός. Οι τιμές τάσεων ενεργοποίησης ή κατωφλίου φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα 2.

Πίνακας 13. Τιμές τάσεων ενεργοποίησης V_a των διόδων εκπομπής φωτός που μελετήσαμε

| Χρώμα (μήκος κύματος) Διόδου | Τάση ενεργοποίησης V_a |
|------------------------------|--------------------------|
| Κόκκινο | 1,75 |
| Πορτοκαλί | 1,86 |
| Κυανό | 2,6 |

Όπως είδαμε πριν, η ενέργεια των εκπεμπόμενων φωτονίων E_p , σχετίζεται με την σταθερά του Planck (h), την ταχύτητα του φωτός στο κενό (c), και το μήκος κύματος του φωτός λ μέσω του τύπου: $E_p = hc/\lambda$, όπου c η ταχύτητα του φωτός $c=2.9979 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$, και λ το μήκος κύματος της ακτινοβολίας. Όταν τα LEDs λειτουργούν σε χαμηλές τιμές τάσης, η παρεχόμενη ηλεκτρική ενέργεια δεν είναι αρκετή για να παράγει φωτόνια και το ηλεκτρικό ρεύμα είναι πολύ μικρό. Σε μια ορισμένη τάση, το LED αρχίζει να εκπέμπει φωτόνια: αυτή είναι η τάση ενεργοποίησης, V_a . Αυτή η ελάχιστη τάση για κάθε χρώμα του LED σχετίζεται με την ενέργεια των εκπεμπόμενων φωτονίων, E_p . Η E_p , και η V_a σχετίζονται με την σταθερά του Planck και το μήκος κύματος του εκπεμπόμενου φωτός, μέσω της παρακάτω εξίσωσης (Mignone & Barnes 2011):

$$V_a = E_p/e + \phi/c \quad (2)$$

Όπου e είναι το φορτίο του ηλεκτρονίου ($1.6022 \cdot 10^{-19} \text{ C}$). Στην Εξίσωση (2), ο όρος (ϕ/e) είναι μια σταθερά που σχετίζεται με τις απώλειες ενέργειας μέσα στον ημιαγωγό, την οποία μπορούμε να υποθέσουμε ότι είναι ίδια για όλα τα LED. Αφού το ϕ είναι άγνωστο, δεν είναι δυνατόν από την Εξίσωση (2) να προσδιορίσουμε την σταθερά του Planck μετρώντας μόνο την τάση ενεργοποίησης. Παρόλα αυτά, αν η τάση ενεργοποίησης μετρηθεί σε μερικά LEDs που εκπέμπουν σε διαφορετικά, αλλά γνωστά μήκη κύματος, τότε μπορούμε να βρούμε μια τιμή για το h με γραφική παράσταση του V_a ως συνάρτηση της αντιστρόφου του μήκους κύματος ($1/\lambda$). Γράφοντας την εξίσωση (2) ως ακολούθως:

$$V_a = hc/e(1/\lambda) + \phi/c \quad (3)$$

Μπορούμε σχεδιάζοντας γραφικά τις τιμές τάσεων ενεργοποίησης V_a ως προς το $1/\lambda$ από την κλίση της ευθείας (hc/e), να υπολογίσουμε τη σταθερά του Planck, δεδομένων των γνωστών τιμών των e και c (Ferreira & Brito, 2014).

Στον παρακάτω Πίνακα 3 φαίνονται οι τιμές μηκών κύματος λ του φωτός που εκπέμπουν οι δίοδοι. Ουσιαστικά παραθέτουμε το εύρος μηκών κύματος $\Delta\lambda$ εκπομπής, καθώς τα LEDs δεν εκπέμπουν αυστηρά μονοχρωματική ακτινοβολία. Επίσης, αναφέρονται και τα αντίστροφα μήκη κύματος $1/\lambda$ υπολογισμένα από τις μέσες τιμές του εύρους εκπομπής των δίοδων (Thomas, Bruno & Svoronos, 2005). Τέλος, στον Πίνακα 3 αναφέρονται και οι τιμές των τάσεων ενεργοποίησης των δίοδων που μελετήσαμε.

Πίνακας 14. Τιμές φασματικού εύρους εκπομπής και τάσεων ενεργοποίησης δίοδων εκπομπής φωτός LEDs που χρησιμοποιήσαμε στα πειράματά μας

| Δίοδος LED | Φασματικό εύρος εκπομπής (nm) | $1/\lambda$ (1/m) | V_a (V) |
|--------------------|-------------------------------|-------------------|-----------|
| Κόκκινου χρώματος | 600-635 | 1574803 | 1,75 |
| Πορτοκαλί Χρώματος | 585-612 | 1689189 | 1,86 |
| Κυανού χρώματος | 430-505 | 2127660 | 2,6 |

Στη συνέχεια οι μαθητές σχεδίασαν τη γραφική παράσταση των τάσεων ενεργοποίησης σε σχέση με το αντίστροφο μήκος κύματος κάθε δίοδου εκπομπής. Ο αρχικός σχεδιασμός έγινε σε χαρτί millimeter, ενώ εδώ παρουσιάζουμε την ψηφιακή μορφή από αρχείο excel (Σχήμα 6). Ένθετα στη γραφική παράσταση παραθέτουμε τη γραμμική προσέγγιση (linear fit) των τιμών, από όπου λαμβάνουμε την κλίση της γραφικής παράστασης. Παρατηρούμε ότι η κλίση είναι ίση με $\kappa=1,25 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{V}$. Όμως γνωρίζουμε επίσης (Εξίσωση (2)) ότι $\kappa=hc/e$, οπότε θα έχουμε:

$$h = \kappa e / c$$

$$\text{ή}$$

$$h = 1,25 \cdot 10^{-6} \cdot 1,6022 \cdot 10^{-19} / 2,9979 \cdot 10^8$$

$$\text{ή}$$

$$h = 6,6805 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

Η τιμή αυτή είναι σε πολύ καλή συμφωνία με την πραγματική τιμή της σταθεράς του Planck: $h = 6,67 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$. Τέλος, υπολογίσαμε το σφάλμα της μέτρησής μας:

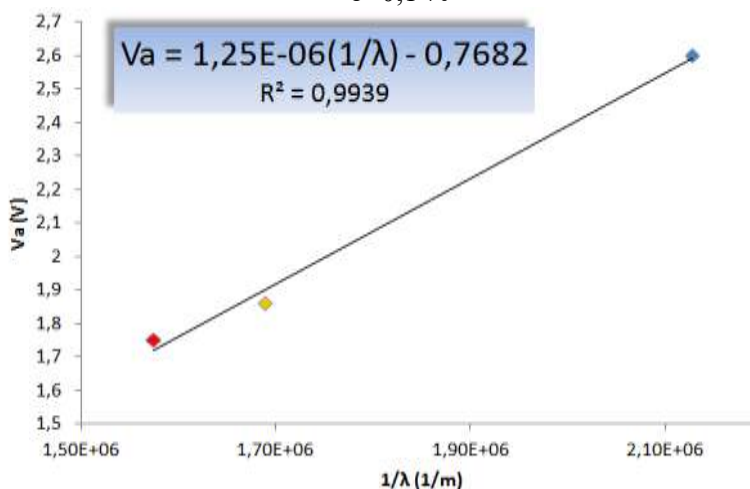
$$\sigma = \left| 6,67 \cdot 10^{-34} - 6,6805 \cdot 10^{-34} \right| / 6,67 \cdot 10^{-34}$$

$$\text{ή}$$

$$\sigma = 0,0105 / 6,67$$

$$\text{ή}$$

$$\sigma = 0,1 \%$$



Σχήμα 26. Γραφική παράσταση της τάσης ενεργοποίησης δίοδων εκπομπής φωτός σε συνάρτηση με το αντίστροφο του μήκους κύματος φωτός που εκπέμπουν. Ο χρωματισμός των σημείων αντιστοιχεί στο χρώμα εκπομπής των LEDs

Συμπεράσματα

Το κυριότερο συμπέρασμα από την πειραματική προσέγγιση που ακολουθήσαμε ήταν η θετική ανταπόκριση των μαθητών σε μια αμιγώς ερευνητική διαδικασία. Ακολουθώντας τα βήματα της διερευνητικής μάθησης, εργάστηκαν ομαδικά, για να αντιμετωπίσουν μια επιστημονική πρόκληση, ένα ερώτημα που τους τέθηκε. Συζητήσαμε και καταστρώσαμε μια πειραματική διαδικασία, λάβαμε μετρήσεις, τις επεξεργαστήκαμε και εξάγαμε συμπεράσματα. Υπολογίσαμε και επαληθεύσαμε τη τιμή μιας σημαντικής σταθερά της Φυσικής, τη σταθερά του Planck. Οι μαθητές έγραψαν μια αναφορά σχετικά με τα πεπραγμένα του πειράματος και παρουσίασαν την εργασία τους στην Ημερίδα για το Φως που πραγματοποιήθηκε στον Πύργο Ηλείας στις 16 Δεκεμβρίου 2015. Υποστήριξαν την εργασία τους δημιουργώντας αφίσα (poster), παρουσιάζοντας σε πάγκο επίδειξης την πειραματική διάταξη και επιδεικνύοντας τον τρόπο λήψης δεδομένων. Παράλληλα, απαντούσαν και σε ερωτήματα που τους έθεταν μαθητές και καθηγητές που επισκέπτονταν τον πάγκο τους. Έτσι, πέρα από την υλοποίηση πειραματικής διαδικασίας σε όλα τα στάδια της μέχρι την εξαγωγή συμπερασμάτων, οι μαθητές υποστήριξαν ως ερευνητές την εργασία τους ενώπιον κοινού.

Από την άλλη μεριά, αντιμετωπίσαμε πρόβλημα στον προσδιορισμό των μηκών κύματος εκπομπής των διόδων. Ιδανικά θα θέλαμε να μετρήσουμε τα μήκη κύματος εκπομπής των LEDs και αυτό μπορεί να γίνει στα σχολικά εργαστήρια Φυσικών Επιστημών των Λυκείων αφού διαθέτουν φασματοσκόπια. Το επόμενο βήμα μας είναι η μέτρηση των ακριβών μηκών κύματος με φασματοσκόπια τα οποία θα βαθμονομήσουμε (καλιμπράρουμε) με τη βοήθεια λυχνιών αερίων οι οποίες επίσης υπάρχουν στα σχολικά εργαστήρια Φυσικών Επιστημών. Πιστεύουμε, ότι με αυτό τον τρόπο θα πετύχουμε ακριβέστερο χαρακτηρισμό των διόδων εκπομπής φωτός και δε θα χρειαστεί να εργαστούμε με μέσες τιμές του εύρους εκπομπής των LEDs.

Παράλληλα, η ολιστική προσέγγιση τριών θεματικών ενοτήτων της φυσικής, φαίνεται να είχε θετική επίδραση στη σκέψη των μαθητών, καθώς φάνηκε ότι παρά τους σχολικούς διαχωρισμούς των θεματικών ενοτήτων και των επιστημών, σε ερευνητικό επίπεδο οι επιστήμες δε διαχωρίζονται, αλλά ως αποτελέσματα της ανθρώπινης διάνοησης αποτελούν μια ολότητα.

Τέλος, πρέπει να τονίσουμε ότι το ανελαστικό αναλυτικό πρόγραμμα των Λυκείων δεν επιτρέπει την πραγματοποίηση τέτοιων δράσεων σε εύρος. Ακόμα και στο μάθημα της ερευνητικής εργασίας ή στα εκπαιδευτικά προγράμματα εμφανίζεται μια ακαμψία καινοτομίας στη θεματολογία. Θα βοηθούσε πιστεύουμε η καθιέρωση εβδομαδιαίου εργαστηριακού συνεχούς δίωρου στα αναλυτικά προγράμματα της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Από την οπτική γωνία αυτής της θεώρησης η παρούσα εργασία είναι πρωτότυπη, καθώς στηριζόμενη σε γνώσεις που διδάσκονται στο αναλυτικό πρόγραμμα της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης (Λύκεια), προκαλεί τους μαθητές μέσα από διαδικασίες διερευνητικής μάθησης και έρευνας να ανακαλύψουν και να επιβεβαιώσουν γνώση. Διδάσκεται για πρώτη φορά σε ελληνικά σχολεία, ενώ συνδυάστηκε αρμονικά με τις δράσεις και τις εκδηλώσεις για το «Παγκόσμιο Έτος Φωτός».

Αναφορές

- Abruscato, J. (1988). *Teaching children science*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, Inc.
- Arons, A. B., & Redish, E. F. (1997). *Teaching introductory physics* (p. 362). New York: Wiley.
- Donaldson Jr, G. A., & Sanderson, D. R. (1996). *Working Together in Schools: A Guide for Educators*. Thousand Oaks: Corwin Press, Inc.
- Einstein, Albert (1936), "Physics and Reality" *Daedalus* 132 (4): 24.
- Elliot, Rod. (2012). "Beginners' Guide to Potentiometers". *Elliott Sound Products*. Retrieved 7 June 2012.
- Gormally, C., Brickman, P., Hallar, B., & Armstrong, N. (2009). Effects of inquiry-based learning on students' science literacy skills and confidence. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 3(2), 16.
- Hawkes, N. (1967). Projects for Schools. *Nature*, 215, 122-123.
- J.Singh, (1995) *Semiconductor Optoelectronics, Physics and Technology*, New York: Mc Graw-Hill.
- Korthagen, F. A. (2004). In search of the essence of a good teacher: Towards a more holistic approach in teacher education. *Teaching and teacher education*, 20(1), 77-97.
- Lois Magnussen EdD, R. N. (2000). The impact of the use of inquiry-based learning as a teaching methodology on the development of critical thinking. *Journal of Nursing Education*, 39(8), 360.
- Maria Rute de Amorim e Sá Ferreira André, Paulo Sérgio de Brito André - See more at: <http://www.scienceinschool.org/node/4370#sthash.VPK3sJ69.dpuf> Retrieved: 21/07/2014

- Martinello, M. L., & Cook, G. E. (2000). *Interdisciplinary inquiry in teaching and learning*. New Jersey: Merrill, an imprint of Prentice Hall
- Maurer, R. E. (1994). *Designing Interdisciplinary Curriculum in Middle, Junior High, and High Schools*. Needham Heights: Allyn & Bacon, Inc.
- Mignone C., Barnes R. (2011) More than meets the eye: the electromagnetic spectrum. Science in School See more at: <http://www.scienceinschool.org/node/4370#sthash.VPK3sJ69.dpuf> Retrieved: 21/07/2014
- Mitroff, I. I., & Blankenship, L. V. (1973). On the methodology of the holistic experiment: An approach to the conceptualization of large-scale social experiments. *Technological forecasting and social change*, 4(4), 339-353.
- Nakamura, S., & Chichibu, S. F. (2000). *Introduction to nitride semiconductor blue lasers and light emitting diodes*. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Orion, N. (2007). A holistic approach for science education for all. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(2), 111-118.
- Perry, N., & Drummond, L. (2002). Helping young students become self-regulated researchers and writers. *The Reading Teacher*, 298-310.
- Planck, Max (1901), "Ueber das Gesetz der Energieverteilung im Normalspectrum" *Ann. Phys.* 309 (3): 553–63
- Planck, Max (1920). The Genesis and Present State of Development of the Quantum Theory (Nobel Lecture) http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1918/planck-lecture.html Retrieved: 26/2/2016.
- Recht, D. R., & Leslie, L. (1988). Effect of prior knowledge on good and poor readers' memory of text. *Journal of Educational Psychology*, 80(1), 16.
- S.O. Kasap, (2002) *Principles of Electronic Materials and Devices*. New York: Mc Graw-Hill.
- Scheurich, J. J., & Skrla, L. (2003). *Leadership for equity and excellence: Creating high-achievement classrooms, schools, and districts*. Thousand Oaks: Corwin Press.
- Schubert, E. F., Gessmann, T., & Kim, J. K. (2005). *Light emitting diodes*. New York: John Wiley & Sons.
- The Authoritative Dictionary of IEEE Standards Terms* (2000). Piscataway, New Jersey: IEEE Press.
- Thomas J. Bruno, Paris D. N. Svoronos, (2005). *CRC Handbook of Fundamental Spectroscopic Correlation Charts*. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Woolnough, B. E. (1994). *Effective Science Teaching. Developing Science and Technology Education*. Open Bristol: University Press.

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Σχεδιασμός ακολουθίας διδακτικών ενοτήτων για τη διδασκαλία της ραδιενέργειας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση με βάση τις αρχές και τη λογική της καινοτομικής αντίληψης

Ευγενία Ποτηριάδου
Φυσικός, Δ.Δ.Ε Γ' Αθήνας
tabula@otenet.gr

Δημήτρης Κολιόπουλος
Καθηγητής, Τ.Ε.Ε.Α.Π.Η., Πανεπιστήμιο Πατρών
dkoliop@upatras.gr

Περίληψη

Το κεντρικό πρόβλημα που πραγματεύεται η παρούσα εργασία είναι η σχεδίαση μιας ακολουθίας διδακτικών ενοτήτων για τη διδασκαλία της ραδιενέργειας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση στο πλαίσιο της καινοτομικής αντίληψης για το αναλυτικό πρόγραμμα Φυσικών Επιστημών. Η ραδιενέργεια και οι έννοιες που σχετίζονται με αυτή δεν ορίζονται αξιωματικά, αλλά οικοδομούνται στη βάση των τριών συνιστωσών της επιστημονικής γνώσης. Ο κεντρικός άξονας της κάθε διδακτικής ενότητας είναι ένα πρόβλημα προς επίλυση. Η διαδικασία επίλυσης του κάθε προβλήματος αποτελεί ένα στάδιο εκλέπτυνσης της έννοιας της ραδιενέργειας από ένα πρώτο βασικό επίπεδο σε ένα θεωρητικό.

Λέξεις κλειδιά: Ραδιενέργεια, καινοτομική αντίληψη, σταδιακή εκλέπτυνση.

Εισαγωγή

Τα παραδοσιακά αναλυτικά προγράμματα και η διδακτική των φυσικών επιστημών όπως είχαν διαμορφωθεί μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1980, αποτελούσαν κληρονομιά της Βιομηχανικής Επανάστασης και ήταν προσαρμοσμένα κυρίως στην απαίτηση για επαγγελματική εξειδίκευση (Lewis, 1972; Matthews, 2007) όπως συνέβη κατά τη διάρκεια από το 1957 έως το 1987 στις ΗΠΑ μετά την επιτυχή εκτόξευση του Sputnik από τη Σοβιετική Ένωση στις 4 Οκτωβρίου του 1957. Παρόλη την έντονη νομοθετική και οικονομική πίεση υπήρχε μια κρίση στο χώρο της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών γνωστή ως η κρίση του γραμματισμού στις φυσικές επιστήμες (Matthews, 2007, σ. 120).

Απάντηση στην κρίση αυτή δίνουν τα αναλυτικά προγράμματα των φυσικών επιστημών τα οποία αξιοποιούν την καινοτομική προσέγγιση της διδασκαλίας. Πρόκειται για μια διδασκαλία με πολιτισμικό προσανατολισμό ενταγμένη σε ένα κοινωνικό πλαίσιο (Matthews, 2007). Τα προγράμματα αυτά διέπονται από τρεις βασικές ιδέες: την έρευνα, την εξασφάλιση κινήτρων και την επίλυση προβλήματος (Unesco, 1985).

Η διδακτική πρόταση που περιγράφεται σε αυτό το άρθρο πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους 2014-15 σε 24 μαθητές της Γ' τάξης του Λυκείου. Η ανάγκη για τη σχεδίαση μιας διδακτικής ακολουθίας για τη ραδιενέργεια με βάση τις αρχές και τη λογική της καινοτομικής αντίληψης προέκυψε από την έλλειψη πληρότητας της παραδοσιακής προσέγγισης στη διδασκαλία της ραδιενέργειας. Το σχολικό εγχειρίδιο της Φυσικής Γενικής Παιδείας της Γ' Λυκείου αφιερώνει μία μόνο παράγραφο στην έννοια της ραδιενέργειας και μία στις εφαρμογές και τους κινδύνους που προκαλεί. Θεωρούμε ότι η παρουσίαση ενός θέματος για το οποίο οι μαθητές δείχνουν εξαρχής ενδιαφέρον, πραγματοποιείται με άκαμπτη προσέγγιση που περιλαμβάνει μέσα σε λίγες γραμμές τους ορισμούς της «μεταστοιχείωσης» και της «ραδιενέργειας». Ακολουθεί μια τυπική παράθεση των τριών τύπων της ραδιενέργειας α , β και γ . Η παράγραφος ολοκληρώνεται με τις έννοιες του ρυθμού διάσπασης και χρόνου υποδιπλασιασμού οι οποίες προτείνεται να τεθούν εκτός διδακτέας ύλης (156279/Γ2/30-09-2014 Υ.Α./Β' 2721).

Οργανωτική αρχή στο σχεδιασμό της προτεινόμενης διδακτικής ακολουθίας αποτέλεσε η ιστορία της ραδιενέργειας. Συγκεκριμένα, η σταδιακή εκλέπτυνση της έννοιας της ραδιενέργειας, η οποία

επιχειρείται κατά τη διδακτική πρόταση, ακολουθεί την ίδια πορεία με την ιστορική ανάπτυξη της έννοιας. Επιπλέον στοιχεία ιστορίας εντάσσονται λειτουργικά στη διδακτική πρόταση με τη βοήθεια ιστορικών κειμένων τα οποία αποτελούν το πλαίσιο εισαγωγής εννοιών που σχετίζονται με τη ραδιενέργεια (Stinner et al, 2003· Κολιόπουλος, 2012).

Κατά το σχεδιασμό και την εφαρμογή της διδακτικής πρότασης λήφθηκαν υπόψη στοιχεία επιστημολογίας σχετικά με τη γνώση αναφοράς για τη ραδιενέργεια. Έτσι, στο πρώτο στάδιο εκλέπτυνσης της έννοιας γίνεται φανερή η σύνθετη αλληλεπίδραση των παραγόντων «λογική» και «τύχη». Στο τελευταίο στάδιο εκλέπτυνσης της έννοιας της ραδιενέργειας εντάσσεται οργανικά η έννοια της πιθανότητας.

Η καινοτομική αντίληψη

Η καινοτομική αντίληψη όσον αφορά στο αναλυτικό πρόγραμμα των φυσικών επιστημών, κατά το διδακτικό μετασχηματισμό των τριών διαστάσεων της επιστημονικής γνώσης (εννοιολογικής, μεθοδολογικής, πολιτισμικής) διακρίνεται από τέσσερα χαρακτηριστικά (Κολιόπουλος, 2001 & 2006):

(α) *Τη διαμόρφωση ευρύτερων θεματικών ή εννοιολογικών εννοιών (εννοιολογική διάσταση).* Σε αντίθεση με την παραδοσιακή αντίληψη, τα αναλυτικά προγράμματα που σχεδιάζονται με βάση την καινοτομική αντίληψη δε χαρακτηρίζονται από τη διασπορά και τον κατακερματισμό θεμάτων και εννοιολογικών πλαισίων. Στο πλαίσιο της καινοτομικής αντίληψης εννοείται η διαμόρφωση ευρύτερων θεματικών ή εννοιολογικών εννοιών και η δόμηση του περιεχομένου γύρω από μία έννοια ή το λεγόμενο καθοδηγούν θέμα.

(β) *Τη «σε βάθος» πραγμάτευση ενός εννοιολογικού πλαισίου με παράλληλη εισαγωγή στοιχείων ποιοτικής φυσικής (εννοιολογική διάσταση).* Η κατανόηση των εννοιών των φυσικών επιστημών είναι εφικτή μέσα από τις σχέσεις της μιας έννοιας με τις υπόλοιπες του εννοιολογικού συστήματος, αναδεικνύοντας έτσι τη συστηματική διάσταση στο νόημα των επιστημονικών εννοιών. Στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση το εννοιολογικό πλαίσιο εξασφαλίζει μια διαλεκτική σχέση ποιοτικού-ποσοτικού. Η ημιποσοτική προσέγγιση των εννοιών επιτυγχάνεται μέσω των ποιοτικών χαρακτηριστικών του εννοιολογικού πλαισίου και παράλληλα τα χαρακτηριστικά αυτά συναρτώνται άμεσα με την ποσοτική προσέγγιση.

(γ) *Την επίδραση της «υποθετικο-παραγωγικής» μεθοδολογικής προσέγγισης (μεθοδολογική διάσταση).* Η υποθετικο-παραγωγική λογική της επιστήμης βασίζεται στην αντίληψη πως πριν από οποιαδήποτε παρατήρηση, πείραμα ή θεωρητικό έλεγχο υπάρχει μια υπόθεση η οποία έχει τις απαραίτητες της από το προϋπάρχον σώμα γνώσης (Popper, 1999).

Σε αντίθεση με την παραδοσιακή αντίληψη κατά την οποία η επίδραση της υποθετικο-παραγωγικής μεθόδου επικεντρώνεται στη συστηματική συλλογή παρατηρήσεων και συναγωγή συμπερασμάτων, στην καινοτομική αντίληψη η υποθετικο-παραγωγική προσέγγιση εστιάζεται στην *επίλυση προβλημάτων*. Βέβαια, στην καινοτομική αντίληψη τα προς επίλυση προβλήματα, δεν αφορούν στις τυπικές ασκήσεις ούτε στις εργαστηριακές ασκήσεις στις οποίες απαιτείται να εκτελεσθούν πιστά μια σειρά από εντολές και να καταλήξουν οι μαθητές σε ένα «προαναγγελθέν» συμπέρασμα. Αντίθετα, αναβαθμίζεται ο ρόλος του πειράματος το οποίο πλέον θεωρείται ο φυσικός τόπος επίλυσης των προβλημάτων (Κολιόπουλος, 2006).

(δ) *Την οργανική ένταξη της πολιτισμικής διάστασης των φυσικών επιστημών.* Η πολιτισμική διάσταση στην καινοτομική αντίληψη συνιστά το πλαίσιο διαπραγμάτευσης τόσο της εννοιολογικής, όσο και της μεθοδολογικής συνιστώσας της επιστημονικής γνώσης. Η πολιτισμική διάσταση της επιστημονικής γνώσης είναι δυνατόν να εμφανίζεται είτε ως εσωτερικό δομικό χαρακτηριστικό της που προέρχεται από τον τρόπο, με τον οποίο αυτή συγκροτείται, είτε ως εξωτερικό στοιχείο που σχετίζεται με τις κοινωνικές συνθήκες παραγωγής της γνώσης και κατά συνέπεια με τις σχέσεις της με άλλες μορφές γνώσης. Επιπλέον, αποτελεί τη βάση σχεδιασμού μιας ευρείας ενότητας ή ακόμη και ολόκληρου του αναλυτικού προγράμματος (Κολιόπουλος, 2006).

Η εξέταση της δυνατότητας επικοινωνίας και λειτουργικής σχέσης ανάμεσα στην *ιστορία της επιστήμης* και τη *φύση της επιστήμης* αποτελεί βασικό θέμα έρευνας. Η ιστορική και επιστημολογική ανάλυση υποδεικνύουν τη διάκριση διαφορετικών στόχων μάθησης. Στη συνέχεια, οι στόχοι αυτοί δίνουν τη δυνατότητα δημιουργίας διαφορετικών δραστηριοτήτων (Maurines et al, 2013).

«Λογική» και «τύχη» στην ανακάλυψη της ραδιενέργειας από τον Becquerel

Η ανακάλυψη της ραδιενέργειας από τον Becquerel στις αρχές του 1896 αναφέρεται συχνά ως *μη αναμενόμενη* καθώς ο παράγοντας τύχη ήταν παρών σε διάφορα στάδια των ερευνών του. Ανάμεσα στους διάφορους τυχαίους παράγοντες που συναντάμε βρίσκουμε όχι μόνο τον ιδιαίτερο για την ανακάλυψη αυτή παράγοντα των καιρικών συνθηκών, αλλά επίσης κάποιους που συναντάμε σε άλλες ανακαλύψεις, όπως η ύπαρξη παραπλανητικών φαινομένων, η λήψη αποφάσεων και η εκ των υστέρων ερμηνεία τυχαίων γεγονότων ως λογικά (Kirpnis, 2000).

Αντίθετα, κάποιοι ιστορικοί της επιστήμης χαρακτήρισαν την ανακάλυψη του Becquerel λογική και αναπόφευκτη. Για παράδειγμα, ο René Taton αναφερόμενος στην επίδραση που είχε ο Wilhelm Conrad Röntgen στον Becquerel και την ανακάλυψη των ακτίνων X παρουσίασε την ανακάλυψη του Becquerel ως λογική συνέπεια μιας «αλυσίδας ανακαλύψεων» (Kirpnis, 2000, p. 64). Επίσης, ο Lawrence Badash ισχυρίστηκε ότι τόσο το γεγονός ότι η εξέλιξη των φωτογραφικών τεχνικών είχε προετοιμάσει την ανακάλυψη του Becquerel, όσο και το γεγονός ότι ο Becquerel είχε μεγάλη εμπειρία στο φαινόμενο του φθορισμού, τον οδήγησαν να ανακαλύψει τη ραδιενέργεια (Kirpnis, 2000).

Μπορούμε να πούμε ότι η ανακάλυψη του Becquerel, η οποία συχνά αποκαλείται «τυχαία», βασίστηκε σε έναν αριθμό από λογικούς παράγοντες. Συνεπώς, η ανακάλυψή του οφείλεται σε μια πολύπλοκη αλληλεπίδραση λογικής και τύχης (Kirpnis, 2000).

Η αλληλεπίδραση αυτή των παραγόντων «λογική» και «τύχη» βρίσκει εφαρμογή στο σχεδιασμό της πρώτης διδακτικής ενότητας όπου ο τυχαίος παράγοντας των καιρικών συνθηκών συνυπάρχει με τον προσεκτικό σχεδιασμό του πειράματος.

«Το ημέρωμα της τύχης»: Η έννοια της πιθανότητας

Ο Ian Hacking, αναφερόμενος στην έννοια της πιθανότητας και χαρακτηρίζοντάς την χαριτολογώντας ως το «ημέρωμα της τύχης» (Hacking, 1987 & 1990), ισχυρίζεται ότι η χρήση της εμπλέκει τον παράγοντα τύχη. Η αντίθεση ανάμεσα στην απλή συστηματοποίηση και την επεξήγηση θα μπορούσε να πει κανείς ότι είναι μια νέα εκδοχή της παλαιότερης δυαδικότητας (Hacking, 1975): ο όρος αναφέρεται τόσο στα εκτατικά όσο και στα εντατικά μεγέθη (Krüger, 1986).

Η έννοια της πιθανότητας είναι θεμελιώδους σημασίας τόσο στη Στατιστική Μηχανική όσο και στην Κβαντική Μηχανική. Στην πρώτη θεωρία εφαρμόζεται σε μεγάλες συλλογές συστημάτων που αλληλεπιδρούν, π.χ. σε αέρια που αποτελούνται από πολλά μόρια. Το πεδίο εφαρμογής της είναι μαζικά φαινόμενα. Στη δεύτερη θεωρία η έννοια εφαρμόζεται σε απλά στοιχειώδη συστήματα ή διαδικασίες. Ερμηνεύεται ως το μέτρο της δυνατότητας να συμβεί κάτι ή ως μια τάση (propensity) (Popper, 1959; Krüger, 1986).

Η επίσημη θεωρία της ραδιενέργειας έχει αποδεχθεί την έννοια της πιθανότητας απλού συστήματος ή διαδικασίας. Η πιθανότητα εκφράζει τον εγγενή πιθανολογικό χαρακτήρα διακριτών οντοτήτων.

Στην τέταρτη διδακτική ενότητα βρίσκει εφαρμογή η έννοια της πιθανότητας με τη μορφή της δυνατότητας διάσπασης ενός μεμονωμένου πυρήνα.

Το περιεχόμενο της διδακτικής πρότασης

Η διδακτική ακολουθία επεκτείνεται σε τέσσερις διδακτικές ενότητες, όπου επιχειρείται η σταδιακή εκλέπτυνση της έννοιας της ραδιενέργειας σε μια πορεία ανάλογη της ιστορικής εξέλιξης της έννοιας. Για το σκοπό αυτό αξιοποιούνται τα ιστορικά πειράματα των Becquerel και Rutherford καθώς επίσης και ιστορικά κείμενα τα οποία διαβάζονται από τους μαθητές ως εισαγωγική δραστηριότητα σε κάθε διδακτική ενότητα. Το ιστορικό κείμενο λειτουργεί αφενός ως πλαίσιο εισαγωγής εννοιών που σχετίζονται με τη ραδιενέργεια, αφετέρου ως πηγή αφόρμησης για τη διατύπωση προβλήματος και δρα καθοδηγητικά στην πορεία των δραστηριοτήτων που θα ακολουθήσουν οι μαθητές προς την επίλυση του προβλήματος.

Κάθε διδακτική ενότητα επικεντρώνεται στη διατύπωση και *επίλυση ενός γενικού προβλήματος*. Σε κάθε διδακτική ενότητα, κατά την πορεία της επίλυσης του γενικού προβλήματος, προκύπτει ένα άλλο το οποίο αποτελεί το κεντρικό πρόβλημα για την επόμενη διδακτική ενότητα.

Η καταγραφή στα φύλλα εργασίας των «ερωτημάτων που δεν απαντήθηκαν ακόμη» δίνει στους μαθητές την εικόνα της εσωτερικά συνεκτικής διαδικασίας μάθησης με συγκεκριμένο προσανατολισμό.

Στην πρώτη διδακτική ενότητα δίνεται στους μαθητές το κείμενο 1, «Ανακαλύπτοντας τη Ραδιενέργεια – Τα πειράματα του Becquerel», το οποίο περιλαμβάνει αποσπάσματα από τις αναλυτικές σημειώσεις που κρατούσε ο Henri Becquerel πάνω στα πειράματα που πραγματοποιούσε. Το κείμενο αυτό αποτελεί οδηγητική αρχή για τη διατύπωση του κεντρικού προβλήματος της πρώτης διδακτικής ώρας: «Πώς έγινε αντιληπτή ιστορικά (ανακαλύφθηκε) η ραδιενέργεια;».

Στη δεύτερη διδακτική ενότητα δίνεται στους μαθητές το κείμενο 2, «Το Ραδόνιο και η ασθένεια των μεταλλωρύχων» όπου δίνεται έμφαση στα συμπεράσματα που κατέληξαν δύο ερευνητές που έζησαν στο πρώτο μισό του 16^{ου} αιώνα, ο Παράκελσος (1493-1541) και ο Agricola (1494-1555). Οι δύο ερευνητές διαπίστωσαν μεγάλη συχνότητα παθήσεων του πνεύμονα και υψηλή θνησιμότητα των μεταλλωρύχων η οποία οφειλόταν στη σκόνη και τα αέρια των ορυχείων. Σύμφωνα με τις τρέχουσες γνώσεις επρόκειτο για καρκίνο του πνεύμονα που οφειλόταν στα υψηλά επίπεδα ραδονίου που υπήρχαν στα ορυχεία.

Στην ίδια διδακτική ενότητα δίνεται στους μαθητές το κείμενο 3. Πρόκειται για φυλλάδιο σχετικά με το ραδόνιο που έχει εκδώσει η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας για ενημέρωση του κοινού. Με τη βοήθεια του καθηγητή/της καθηγήτριας, οι μαθητές/τριες επισημαίνουν τα κεντρικά σημεία του και οδηγούνται στη διατύπωση του κεντρικού προβλήματος: «Υπάρχει ραδιενέργεια γύρω μας; Πώς θα μπορούσε να γίνει αντιληπτή;».

Στην τρίτη διδακτική ενότητα δίνεται στους μαθητές/τριες το κείμενο 4, «Από το Θόριο στο Ραδόνιο: Μεταστοιχείωση και Ραδιενεργές Σειρές» όπου περιγράφεται πώς ανακάλυψε ο Rutherford τη ραδιενέργεια μέσω της μεταστοιχείωσης του θορίου σε ραδόνιο. Παρακολουθώντας τις μεταστοιχειώσεις που ανακάλυπταν στη συνέχεια και άλλοι ερευνητές, ο Rutherford παρουσίασε το δικό του σύστημα μεταστοιχειώσεων, σύμφωνα με το οποίο το όνομα ενός θυγατρικού στοιχείου προέκυπτε από εκείνο του μητρικού προσθέτοντας δίπλα ένα γράμμα της αλφαβήτου. Οι μαθητές διατυπώνουν το κεντρικό πρόβλημα της τρίτης διδακτικής ώρας: «Μετατρέπεται ένα ραδιενεργό στοιχείο σε άλλο;».

Στην τέταρτη διδακτική ενότητα δίνεται στους μαθητές το κείμενο 5, «Η “εξαφάνιση” της Ραδιενέργειας: Ραδιενεργή διάσπαση και χρόνος ημιζωής» με τη βοήθεια του οποίου οι μαθητές/τριες διατυπώνουν το κεντρικό πρόβλημα που πρόκειται να επιλύσουν σε αυτή την τελευταία διδακτική ενότητα: «Με ποιον τρόπο μειώνεται η ραδιενέργεια;».

Από τα κεντρικά προβλήματα που διατυπώθηκαν γίνεται φανερό ότι η εκλέπτυνση της έννοιας της ραδιενέργειας πραγματοποιείται σταδιακά από ένα βασικό πρώτο επίπεδο σε ένα θεωρητικό επίπεδο. Η δομή της πορείας αυτής περιγράφεται στον Πίνακα 1.

Σύμφωνα με τις αρχές και τη λογική της καινοτομικής αντίληψης η διδακτέα ύλη για τη ραδιενέργεια αναδιατάσσεται και οι αλλαγές που προκαλούνται οδηγούν στον επαναπροσδιορισμό των τριών διαστάσεων (εννοιολογικής, μεθοδολογικής και πολιτισμικής) της σχολικής επιστημονικής γνώσης. Οι στόχοι, όπως κατηγοριοποιούνται στην προτεινόμενη διδακτική ακολουθία και σε συμφωνία με τις τρεις συνιστώσες της σχολικής γνώσης, είναι εννοιολογικοί, μεθοδολογικοί και πολιτισμικοί. Ενδεικτικά αναφέρουμε ορισμένους πολιτισμικούς διδακτικούς στόχους που αφορούν και στις τέσσερις διδακτικές ενότητες αφού υπήρξε η κατηγορία εκείνη στόχων στους οποίους δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση κατά το σχεδιασμό της ακολουθίας.

Πίνακας 15. Διδακτική δομή για τη ραδιενέργεια: τα στάδια συνεχούς εκλέπτυνσης της έννοιας της ραδιενέργειας

| Διδακτική ενότητα | 1 ^η | 2 ^η | 3 ^η | 4 ^η |
|--------------------|---|---|--|---|
| Στάδιο εκλέπτυνσης | 1. Προσέγγιση σε ένα πρώτο βασικό επίπεδο | 2. Από το βασικό επίπεδο, σε ένα ποιοτικά περιγραφικό επίπεδο | 3. Επέκταση από το ποιοτικό επίπεδο, σε ένα ποσοτικό επίπεδο | 4. Από το περιγραφικό στο θεωρητικό επίπεδο |
| Κεντρικό | «Πώς έγινε | «Υπάρχει | «Μετατρέπεται | «Με ποιον |

| πρόβλημα | αντιληπτή ιστορικά (ανακαλύφθηκε) η ραδιενέργεια;» | ραδιενέργεια γύρω μας; Πώς μπορεί να γίνει αντιληπτή;» | ένα ραδιενεργό στοιχείο σε άλλο;» | τρόπο μειώνεται η ραδιενέργεια;» |
|----------------------------------|---|--|--|----------------------------------|
| Πρόβλημα που δεν επιλύθηκε ακόμη | «Υπάρχει ραδιενέργεια γύρω μας; Πώς μπορεί να γίνει αντιληπτή;» | «Μετατρέπεται ένα ραδιενεργό στοιχείο σε άλλο;» | «Με ποιον τρόπο μειώνεται η ραδιενέργεια;» | |

Οι μαθητές θα πρέπει:

Να διαμορφώσουν την ιδέα ότι η ανακάλυψη της ραδιενέργειας ήταν ένας πολύπλοκος συνδυασμός λογικής και τύχης.

Να συνειδητοποιήσουν ότι παρόλο που η ραδιενέργεια υπήρχε πάντα δεν ήταν αντιληπτή από τις ανθρώπινες αισθήσεις.

Να αναιρέσουν μια συνηθισμένη εναλλακτική ιδέα, σύμφωνα με την οποία, η ραδιενέργεια εμφανίζεται μόνο μετά από πυρηνικά ατυχήματα.

Να αντιληφθούν πως το θεμελιωμένο σύστημα γενικεύσεων της επιστημονικής γνώσης χρησιμοποιείται για την εξήγηση και την πρόβλεψη καταστάσεων (π.χ. εκτίμηση χρήσης κανόνων ασφαλείας) (σχετίζεται και με τη μεθοδολογική διάσταση της επιστημονικής γνώσης).

Να διαπιστώσουν πως η νέα γνώση βρίσκει εφαρμογή σε καταστάσεις καθημερινότητας (ακτινοβολήση τροφίμων, συριγγών, φροντίδα ασθενών με καρκίνο που φέρουν ραδιενεργό υλικό).

Να αναπτύξουν την αντίληψη ότι η μεταστοιχείωση είναι πλέον αντικείμενο μελέτης της σύγχρονης επιστήμης, απαλλαγμένη από τις μεταφυσικές αρχές της αλχημείας.

Να συνειδητοποιήσουν τη διαμόρφωση της κοινωνικής αντίληψης για την ακρίβεια των νόμων της στατιστικής και την εμπλοκή της έννοιας της πιθανότητας για ακριβή πρόβλεψη.

Να ανακαλύψουν τη στατιστική συμπεριφορά των ραδιενεργών πυρήνων και να εντοπίζουν καταστάσεις της καθημερινής ζωής, όπου αυτή η συμπεριφορά μπορεί να αποτελέσει πρότυπο επίλυσης προβλήματος ή κατανόησης φαινομένου (σχετίζεται και με την εννοιολογική διάσταση της επιστημονικής γνώσης).

Συμπεράσματα

Η διδακτική πρόταση για τη διδασκαλία της ραδιενέργειας στο πλαίσιο της καινοτομικής αντίληψης επιχειρεί τη συμφιλίωση μεταξύ της ιστορίας, της φιλοσοφίας και της διδακτικής των φυσικών επιστημών. Ο Thomas Kuhn υποστηρίζει ότι στα περισσότερα επιστημονικά εγχειρίδια αγνοείται η ιστορία, παραποιείται η πραγματική φύση της επιστημονικής προόδου, δε διαφαίνεται πουθενά ο επαναστατικός χαρακτήρας της επιστήμης και δεν αναδεικνύονται οι μη-ορθολογικές πλευρές των αλλαγών που συμβαίνουν στην επιστήμη. Εκείνες δηλαδή οι αλλαγές που δεν εξηγούνται εξολοκλήρου με όρους *γεγονότων* και *λογικής* (Kuhn, 1987).

Λαμβάνοντας υπόψη τις θέσεις αυτές του Kuhn στη διδακτική ακολουθία για τη ραδιενέργεια επιχειρήθηκε η οργανική ένταξη της αλληλεπίδρασης των παραγόντων «λογική» και «τύχη», καθώς και της έννοιας της πιθανότητας όπως τη δέχεται η επίσημη θεωρία της ραδιενέργειας, δηλαδή ως το μέτρο της δυνατότητας να συμβεί κάτι ως μια εγγενή τάση σε ένα διακριτό σύστημα.

Τα τέσσερα χαρακτηριστικά της καινοτομικής αντίληψης που αναλύθηκαν όρισαν το πλαίσιο και ανέδειξαν μια συγκεκριμένη μεθοδολογική προσέγγιση, όπου η προτεινόμενη ακολουθία διδακτικών ενοτήτων προσφέρει ένα πλούσιο μαθησιακό περιβάλλον, το οποίο αγνοείται στην παραδοσιακή προσέγγιση. Οι μαθητές μπορούν να αντιληφθούν ότι η ραδιενέργεια και οι έννοιες που σχετίζονται με αυτή δεν ορίζονται αξιωματικά, αλλά οικοδομούνται στη βάση των τριών συνιστωσών της επιστημονικής γνώσης.

Ο κεντρικός άξονας της κάθε διδακτικής ενότητας ήταν ένα *πρόβλημα προς επίλυση*. Η διαδικασία επίλυσης του κάθε προβλήματος αποτελούσε ένα στάδιο εκλέπτυνσης της έννοιας της ραδιενέργειας από ένα πρώτο βασικό επίπεδο σε ένα θεωρητικό.

Η διδακτική πρόταση της ακολουθίας των τεσσάρων σταδίων δεν εξάντλησε το θέμα της ραδιενέργειας. Μια επέκταση-τροποποίηση της παρούσας πρότασης για τους μαθητές της Γ' τάξης του Λυκείου θα μπορούσε να συμπεριλάβει το μικροσκοπικό μηχανισμό λειτουργίας της

ραδιενέργειας και το λειτουργικό ορισμό των ακτινοβολιών α , β και γ . Κάτι τέτοιο βέβαια θα μπορούσε να γίνει μόνο μετά από την τέταρτη διδακτική ενότητα και την ανάλυση του ποσοτικού επιπέδου.

Ως επίλογο παραθέτουμε ένα απόσπασμα από τον Αριστοτέλη: «Σε όλα τα πράγματα στη φύση υπάρχει κάτι θαυμαστό». Θέλουμε να πιστεύουμε ότι προσπαθήσαμε να κρατήσουμε την υπόσχεσή μας ότι η προτεινόμενη ακολουθία – και από την άποψη της καινοτομικής αντίληψης – αποτελεί ένα μικρό βήμα στη συνεχή πρόοδο και πορεία των μαθητών μας προς την κατανόηση των θαυμαστών φαινομένων.

Αναφορές

- Hacking, I. (1975). *The emergence of probability*. Cambridge: university press.
- Hacking, I. (1987). Was there a probabilistic revolution, 1800-1930? In: L. Kruger, J. L. Daston, & M. Heidelberger (Eds.) *In the Probabilistic Revolution, Volume 1: Ideas in History*, pp. 45-55.
- Hacking, I. (1990). *The taming of chance*. Cambridge: Cambridge university press.
- Kipnis, N. S. (2000). The window of opportunity: logic and chance in Becquerel's discovery of radioactivity. *Physics in Perspective*, 2, 63-99.
- Krüger, L. (1986). Probability as a theoretical concept in physics. *Philosophy of Science Association*, 2, 273-287.
- Lewis, L. (Επιμ.). (1972). *Teaching school physics*. UNESCO - Penguin books.
- Matthes, M. R. (2007). *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες*. Επίκεντρο.
- Maurines, L., & Beaufils, D. (2013). Teaching the nature of science in physics courses: the contribution of classroom historical inquiries. *Science & Education*, 22(6), 1443-1465.
- Popper, K. R. (1959). The propensity interpretation of probability. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 10(37), 25-42.
- Popper, K. R. (1999). *The logic of scientific discovery*. NY: Routledge.
- Stinner, A., MacMillan, B., Metz, D., Jilek, J. & Klassen, S. (2003). The renewal of case studies in Science Education. *Science & Education*, 12(7), 617–643.
- Unesco. (1985). *Unesco, Οδηγός του εκπαιδευτικού για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο δημοτικό και το γυμνάσιο*. Αθήνα: Εκπαιδευτικά Θέματα.
- Κολιόπουλος, Δ. (2001). Σχεδιασμός διδακτικού υλικού για την έννοια της ενέργειας. Στο Β. Χατζηνικήτα, Β. Χρηστίδου, Α. Τσατσαρώνη, Β. Κουλαϊδής, J. Ogborn, & Δ. Κολιόπουλος, *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*. Πάτρα: ΕΑΠ (Τόμ. Β', σσ. 367-412).
- Κολιόπουλος, Δ. (2006). *Θέματα διδακτικής φυσικών επιστημών, η συγκρότηση της σχολικής γνώσης*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Κολιόπουλος, Δ. (2012). Εισαγωγή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στο πρόγραμμα σπουδών των Φυσικών Επιστημών: θεωρητικές αφετηρίες και διδακτικές προσεγγίσεις. Στο Μ. Ευαγόρου & Λ. Αβρααμίδου (Επιμ.) *Θεωρητικές και διδακτικές προσεγγίσεις στις φυσικές επιστήμες*. Εκδ. Διάδραση, 28-51.

Μια καινοτομική αντίληψη για τη διδασκαλία της Φυσικής: ανάκλαση, φύση και διάδοση του φωτός – ο σεληνιακός ανακλαστήρας

Καλλιόπη Μέλι

Υπ. Διδάκτορας, Τ.Ε.Ε.Α.Π.Η., Πανεπιστήμιο Πατρών
kmeli@upatras.gr

Δημήτρης Κολιόπουλος

Καθηγητής, Τ.Ε.Ε.Α.Π.Η., Πανεπιστήμιο Πατρών
dkoliop@upatras.gr

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στις αντιλήψεις για το μετασχηματισμό της επιστημονικής γνώσης στη σχολική εκδοχή της. Ειδικά εξετάζει μέρος της ενότητας της οπτικής της Γ' Γυμνασίου και συγκεκριμένα την ανάκλαση, τη φύση και τη διάδοση του φωτός. Τα χαρακτηριστικά των παραγράφων αυτών συνάδουν με την παραδοσιακή αντίληψη για το αναλυτικό πρόγραμμα της φυσικής και φαίνεται να εγείρουν σημαντικά εμπόδια για τη διδασκαλία και τη μάθηση. Εναλλακτικά, η εργασία αυτή παρουσιάζει μια ολοκληρωμένη διδακτική πρόταση σύμφωνα με την καινοτομική αντίληψη. Πρόβλημα-στόχος που διέπει την πρόταση αυτή είναι ο σεληνιακός ανακλαστήρας.

Λέξεις κλειδιά: διδακτικός μετασχηματισμός, καινοτομική αντίληψη, οπτική

Εισαγωγή

Τα αναλυτικά προγράμματα κορμού φυσικών επιστημών, ειδικά αυτά της φυσικής, μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, καθεμία από τις οποίες συγκροτεί μια αντίληψη για το είδος μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης στη σχολική εκδοχή της. Η ταξινόμηση αυτή προέρχεται από την ομαδοποίηση των συμπερασμάτων μετά από την ανάλυση της φύσης και των χαρακτηριστικών του διδακτικού μετασχηματισμού της γνώσης της φυσικής σε αναλυτικά προγράμματα διάφορων εκπαιδευτικών βαθμίδων (Κολιόπουλος, 2004, σ. 45).

Οι τρεις αντιλήψεις για το αναλυτικό πρόγραμμα φυσικών επιστημών είναι (α) η παραδοσιακή, (β) η καινοτομική και (γ) η εποικοδομητική. Η καθεμία από αυτές τις αντιλήψεις αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο κάθε σχολικό πρόγραμμα χειρίζεται τις έννοιες, τη μεθοδολογία και τα πολιτισμικά χαρακτηριστικά μίας ή περισσότερων θεματικών εννοιών. Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας, θα αναφερθούμε ειδικά στις δύο πρώτες (Κολιόπουλος, 2004, σ. 47).

Η παραδοσιακή αντίληψη για το αναλυτικό πρόγραμμα των φυσικών επιστημών είναι η επικρατούσα αντίληψη μεταξύ των σχολικών προγραμμάτων σε όλες τις βαθμίδες του ελληνικού εκπαιδευτικού συστήματος. Τα κύρια στοιχεία της παραδοσιακής αντίληψης, όπως τα κατηγοριοποιεί ο Κολιόπουλος (2004, σ. 47), είναι τα εξής:

- (1) παράθεση, διασπορά ή/και ανάμειξη διαφορετικών εννοιολογικών πλαισίων, η οποία οφείλεται στον κατακερματισμό των θεματικών ή εννοιολογικών εννοιών (εννοιολογική διάσταση της επιστημονικής γνώσης),
- (2) μαθηματικοποιημένη ή «ψευδοποιοτική» πραγμάτευση εννοιών των φυσικών επιστημών (εννοιολογική διάσταση της επιστημονικής γνώσης),
- (3) εμπειριστική-επαγωγική προσέγγιση, η οποία βασίζεται στην αντίληψη ότι η επιστημονική γνώση παράγεται από δεδομένα της εμπειρίας (μεθοδολογική διάσταση της επιστημονικής γνώσης) και
- (4) υποβαθμισμένη χρήση των πολιτισμικών χαρακτηριστικών (πολιτισμική διάσταση της επιστημονικής γνώσης).

Η καινοτομική αντίληψη για το αναλυτικό πρόγραμμα των φυσικών επιστημών πηγάζει από τις αλλαγές που επήλθαν τις δεκαετίες του '70 και του '80 στις βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες, οι οποίες προσανατολίστηκαν στη διεύρυνση της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών σε μεγαλύτερο

μέρος του πληθυσμού από τις μικρές κιόλας ηλικίες και στη βελτίωση της στάσης των μαθητών προς τις θετικές επιστήμες, με σκοπό να κατευθυνθούν περισσότερα άτομα προς τους αντίστοιχους επαγγελματικούς κλάδους. Τα κύρια χαρακτηριστικά της καινοτομικής αντίληψης, σύμφωνα με τον Κολιόπουλο (2004, σσ. 60-61), είναι τα παρακάτω:

- (1) διαμόρφωση ευρέων θεματικών/εννοιολογικών ενότητων, όπου η έμφαση δίνεται στη δομή της ενότητας ή/και στο λεγόμενο καθοδηγούν θέμα (εννοιολογική διάσταση της επιστημονικής γνώσης),
- (2) «σε βάθος» πραγμάτευση ενός εννοιολογικού πλαισίου με παράλληλη εισαγωγή στοιχείων «ποιοτικής φυσικής» (εννοιολογική διάσταση της επιστημονικής γνώσης),
- (3) υποθετικό-παραγωγική προσέγγιση (μεθοδολογική διάσταση της επιστημονικής γνώσης) και
- (4) οργανική ένταξη της πολιτισμικής διάστασης των φυσικών επιστημών στις διάφορες θεματικές ενότητες (πολιτισμική διάσταση της επιστημονικής γνώσης).

Πρώτο σκέλος της παρούσας εργασίας είναι η εξέταση της θεματικής ενότητας της Οπτικής, όπως αυτή διδάσκεται στην Γ' Γυμνασίου, και ειδικά των παραγράφων για την ανάκλαση, τη φύση και τη διάδοση του φωτός ως προς την αντίληψή τους για το μετασχηματισμό της επιστημονικής γνώσης στη σχολική εκδοχή τους. Η πλειονότητα των στοιχείων της συγκεκριμένης ενότητας συνάδει με την παραδοσιακή αντίληψη, σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά της όπως αυτά αναφέρονται παραπάνω. Για το λόγο αυτό, στο δεύτερο σκέλος της εργασίας επιχειρείται ένας διδακτικός μετασχηματισμός των παραγράφων αυτών σύμφωνα με την καινοτομική αντίληψη και προτείνεται ένα εναλλακτικό πλάνο μαθήματος με καινοτομικά χαρακτηριστικά. Πρόβλημα-στόχος γύρω από το οποίο περιστρέφεται η πρόταση είναι ο σεληνιακός ανακλαστήρας.

Η παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση για τη διδασκαλία της ανάκλασης στη Φυσική της Γ' Γυμνασίου

Στα κεφάλαια 6 και 7 του σχολικού εγχειριδίου της Γ' Γυμνασίου (Αντωνίου κ.ά., 2014) οι μαθητές καλούνται να μάθουν για τη «Φύση και διάδοση του φωτός» και την «Ανάκλαση του φωτός» αντίστοιχα. Υποπαραγράφοι του 6^{ου} κεφαλαίου είναι η ευθύγραμμη διάδοση και η ταχύτητα διάδοσης του φωτός (πaráγραφος 6.2), ενώ στο 7^ο κεφάλαιο διδάσκεται μεταξύ άλλων η κατοπτρική ανάκλαση του φωτός (πaráγραφος 7.1). Τα παραπάνω αναμειγνύονται και με διάφορα άλλα στοιχεία γύρω από την έννοια «φως» και την οπτική γενικότερα, όπως τη φωτεινή ενέργεια, τη σκιά και τα είδωλα.

Το εν λόγω εγχειρίδιο συνιστά τον κύριο άξονα βάσει του οποίου αναπτύσσεται η διδασκαλία για την ανάκλαση του φωτός. Όμως, προκειμένου να διδαχθεί η ανάκλαση, τα χαρακτηριστικά της φύσης και της διάδοσης του φωτός θεωρούνται προαπαιτούμενα και καλά αφομοιωμένα από τη διδασκαλία τους στο κεφάλαιο που προηγείται αυτού της ανάκλασης. Γι' αυτό κρίνεται σκόπιμο να εξεταστεί συνολικά το περιεχόμενο της ενότητας, ώστε να δοθεί μια πλήρης εικόνα για την διδακτική προσέγγιση που ακολουθείται, τα χαρακτηριστικά της οποίας συνάδουν κατά κύριο λόγο με την παραδοσιακή αντίληψη διδασκαλίας της φυσικής. Συγκεκριμένα, για το κομμάτι αυτό του αναλυτικού προγράμματος θα ερευνηθεί κατά πόσο εμφανίζονται τα τέσσερα κύρια στοιχεία της παραδοσιακής διδακτικής προσέγγισης, όπως αυτά αναφέρθηκαν στην Εισαγωγή.

Παράθεση, διασπορά και ανάμειξη εννοιολογικών πλαισίων

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται ενδεικτικά μερικές χαρακτηριστικές φράσεις στις διάφορες παραγράφους του εγχειριδίου προκειμένου να ερευνηθεί η αυτοσυνέπεια του κειμένου ως προς τα εννοιολογικά πλαίσια που χρησιμοποιούνται.

Πίνακας 16. Ποιοτικά χαρακτηριστικά των εννοιολογικών πλαισίων του σχολικού εγχειριδίου

| ΠΑΡΑΓΡΑΦΟΣ | ΦΡΑΣΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ | ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ | |
|------------|---------------------------|---|--|
| 6.1 | Το φως μεταφέρει ενέργεια | «Η ενέργεια που μεταφέρει το φως ονομάζεται φωτεινή ενέργεια, η οποία αποτελεί ειδική περίπτωση της ενέργειας ακτινοβολίας». «Η φωτεινή ενέργεια μεταφέρεται με φωτόνια». «Τα φωτόνια του κόκκινου χρώματος έχουν μικρότερη ενέργεια από τα φωτόνια του | Ενεργειακό πλαίσιο Κβαντικό πλαίσιο (σωματιδιακό μοντέλο) |

| | | | |
|-----|---------------------------|--|---|
| | | πράσινου». | |
| 6.1 | Το φως προκαλεί θέρμανση | «Όταν απορροφώνται φωτόνια από τους δομικούς λίθους ενός σώματος, τότε αυξάνεται η κινητική τους ενέργεια με αποτέλεσμα να αυξάνεται η θερμοκρασία του σώματος». | Πλαίσιο στατιστικής μηχανικής (σωματιδιακό μοντέλο) Ενεργειακό πλαίσιο (θερμιδικό) |
| 6.1 | Το φως προκαλεί κίνηση | «Η ενέργεια των φωτονίων που προσπίπτουν στο ακτινόμετρο μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια των πτερυγίων του» | Πλαίσιο στατιστικής μηχανικής (σωματιδιακό μοντέλο) |
| 6.1 | Το φως προκαλεί την όραση | «[...] η φωτεινή ενέργεια μετατρέπεται σε χημική και στη συνέχεια σε ηλεκτρική. Το ηλεκτρικό σήμα που παράγεται μεταφέρεται μέσω του οπτικού νεύρου στο αντίστοιχο κέντρο του εγκεφάλου [...]». | Ενεργειακό πλαίσιο Ηλεκτρομαγνητικό πλαίσιο (μοντέλο πεδίου) |
| 6.2 | Φωτόνια και διάδοση φωτός | «Στα διαφανή υλικά τα άτομα απορροφούν τα φωτόνια και στη συνέχεια επανεκπέμπουν φωτόνια που έχουν την ίδια ενέργεια με τα αρχικά». «Στα αδιαφανή υλικά η ενέργεια των φωτονίων μετασχηματίζεται με κινητική ενέργεια των ατόμων ή των μορίων του υλικού, δηλαδή έχουμε αύξηση της θερμικής ενέργειας του σώματος και τελικά μικρή αύξηση της θερμοκρασίας τους». | Κβαντικό πλαίσιο (σωματιδιακό μοντέλο) Πλαίσιο στατιστικής μηχανικής (σωματιδιακό μοντέλο) Ενεργειακό πλαίσιο (θερμιδικό) |
| 6.2 | Σκιά | «Η σκιά ενός σώματος σχηματίζεται στις περιοχές εκείνες όπου δε φτάνουν οι ακτίνες που προέρχονται από τη φωτεινή πηγή, γιατί στην πορεία τους παρεμβάλλεται το αδιαφανές σώμα». «Η σκιά είναι αποτέλεσμα της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός». | Πλαίσιο γεωμετρικής οπτικής |
| 7.1 | Διάχυση | «Το φως του ήλιου διαχέεται από τα μόρια του αέρα και εισέρχεται στο δωμάτιο» | Πλαίσιο γεωμετρικής οπτικής Σωματιδιακό μοντέλο |

Από τον παραπάνω πίνακα γίνεται εμφανές ότι υπάρχει τόσο παράθεση όσο και διασπορά των διάφορων εννοιολογικών πλαισίων, αλλά κυρίως έντονη ανάμειξή τους. Αυτές προκύπτουν από την ανάγκη του αναλυτικού προγράμματος να εξυπηρετήσει τους διδακτικούς σκοπούς που αφορούν κυρίως το περιεχόμενο της επιστήμης, παραβλέποντας όμως τις διάφορες επιπτώσεις στη διδασκαλία. Στην προκειμένη περίπτωση, οι μαθητές επιβαρύνονται με διάφορα μακροσκοπικά και μικροσκοπικά μοντέλα κατά τη μελέτη της φύσης, διάδοσης και ανάκλασης του φωτός. Ιδιαίτερες συγχύσεις μπορεί να προκαλέσει η αναφορά σε κβαντικά μοντέλα, τα οποία συνιστούν πηγή δυσκολιών για μαθητές και φοιτητές πολύ μεγαλύτερων ηλικιών και γνώσεων.

Μαθηματοποιημένη ή «ψευδοποιοτική» πραγμάτευση των εννοιών

Στα προαναφερθέντα κεφάλαια δεν εμφανίζεται αυτού του τύπου ο μετασχηματισμός, καθώς δεν προσφέρονται για εισαγωγή μαθηματικών λειτουργικών σχέσεων είτε με τη μορφή των μαθηματικών συμβόλων είτε με την περιγραφή τους σε μαθηματική γλώσσα. Τα όποια σχετικά εδάφια υπάρχουν, όπως για παράδειγμα η γεωμετρική απόδειξη της αρχής ελαχίστου χρόνου, έχουν αφαιρεθεί από την ύλη του αναλυτικού προγράμματος.

Εμπειριστική-επαγωγική προσέγγιση

Η εμπειριστική-επαγωγική προσέγγιση χρησιμοποιείται κατά κόρον για τη διδασκαλία της φύσης και διάδοσης του φωτός στο πλαίσιο της παραδοσιακής αντίληψης. Στο 6^ο κεφάλαιο, η φύση του φωτός εισάγεται με ιστορική αναδρομή των απόψεων σχετικά με την όραση, δίνοντας στο μαθητή την εντύπωση ότι το φως υπάρχει μόνο επειδή βλέπουμε τα διάφορα σώματα. Πρόκειται για μια αντίληψη ξεπερασμένη επιστημονικά και φιλοσοφικά εδώ και αιώνες, η οποία είναι, αφενός, εμπειριστική από την άποψη ότι μόνο μέσω των αισθήσεων γίνεται αντιληπτός ο κόσμος και, αφετέρου, ιδεαλιστική, αφού υπονοεί ότι η φύση εκπορεύεται από τη νόησή μας.

Η παραπάνω εμπειριοκριτικιστική αντιμετώπιση συνιστά μάλιστα και το συνδεδετικό κρίκο του παραπάνω κεφαλαίου με το επόμενο, δηλαδή αυτό της ανάκλασης. Αναφέρεται ότι «στο κεφάλαιο 6 είδαμε ότι ένα ετερόφωτο αντικείμενο γίνεται ορατό όταν το φωτίσουμε και ένα μέρος του φωτός επανεκπέμπεται και φθάνει στο μάτι μας». Στη φράση αυτή κρύβεται μεγάλη διδακτική, αν όχι και επιστημονική, στρέβλωση καθώς η κατανόηση της λειτουργίας των ετερόφωτων σωμάτων *προϋποθέτει* τη γνώση της ανάκλασης! Οι συγγραφείς κάνουν μια μάλλον ανεπιτυχή προσπάθεια να παρακάμψουν το σκόπελο χρησιμοποιώντας τη συνώνυμη λέξη «επανεκπέμπεται» αντί για «ανακλάται».

Επιστρέφοντας όμως στο κεφάλαιο 6, συναντάμε αρκετές περιπτώσεις εμπειριστικής-επαγωγικής προσέγγισης. Στην υποπαράγραφο «Φως και ενέργεια» χρησιμοποιούνται συνοπτικά παραδείγματα για διάφορες συσκευές προκειμένου να πειστούν οι μαθητές για τους διάφορους μετασχηματισμούς της φωτεινής ενέργειας. Ακολούθως, στην υποπαράγραφο «Ευθύγραμμη διάδοση του φωτός» αναφέρονται οι δέσμες φωτός που παρατηρούμε να εκπέμπονται ανάμεσα σε πυκνά σύννεφα και σε άλλες παρόμοιες περιπτώσεις με βάση τις οποίες οι μαθητές πρέπει να συμφωνήσουν ότι το φως διαδίδεται ευθύγραμμα μέσα σε κάθε ομογενές υλικό, όπως ο αέρας. Τέλος, στην υποπαράγραφο «Ταχύτητα διάδοσης του φωτός» αναφέρονται διάφορα παραδείγματα, όπως του ήχου, των αυτοκινήτων και τα διαστημοπλοίων, που αναπτύσσουν ταχύτητες μικρότερες από αυτή του φωτός, προκειμένου οι μαθητές να δεχτούν πως τίποτα δεν κινείται γρηγορότερα από το τελευταίο. Να επισημάνουμε εδώ ότι το φως συγκρίνεται με υλικά αντικείμενα, αλλά και με ένα κύμα όπως ο ήχος, χωρίς όμως να έχει αναφερθεί σε κάποιο σημείο η δυϊκή φύση του φωτός, παρά μόνο η σωματιδιακή. Επιπλέον παραλείπεται το στοιχείο ότι αποτελεί μια σταθερά για την κίνηση στο κενό, ενώ δίνονται παραδείγματα μέτρησης αποστάσεων.

Υποβαθμισμένη χρήση πολιτισμικών χαρακτηριστικών

Το κεφάλαιο 6 ξεκινάει υπό τον υπότιτλο «Φως: από το μύθο στην τεχνολογία», παραθέτοντας πολύ συνοπτικά μια σύνθεση από αρχαϊκές απόψεις για το φως και μερικών μοντέρνων τεχνολογικών εφαρμογών. Επιπλέον, όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο Α3, προκειμένου να εισαχθεί η σύγχρονη θεώρηση για τη φύση του φωτός αναφέρονται οι ιστορικές αντιλήψεις για την όραση. Στο ίδιο κεφάλαιο, για τη διδασκαλία της σκιάς χρησιμοποιούνται οι εκλείψεις Σελήνης και Ηλίου, οι οποίες αρχικά φαίνεται να αξιοποιούνται ως πολιτισμικά στοιχεία, αλλά τελικά καταλήγουν να συνιστούν μάλλον αυτόνομους εννοιολογικούς στόχους, περιπλέκοντας αρκετά τους αρχικούς, με την εισαγωγή στοιχείων διαστημικής μηχανικής, που καμία σχέση δεν έχουν με την ενότητα της οπτικής. Είναι φανερό ότι στην περίπτωση αυτή γίνεται μια απόπειρα για μετάβαση από το πολιτισμικό στο εννοιολογικό πλαίσιο κι όχι το αντίστροφο, που συνήθως χαρακτηρίζει την παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση. Παρόλα αυτά όμως, η παράθεση των ιστορικών στοιχείων μοιάζει σχεδόν εξαναγκασμένη, καθώς παρουσιάζει ανεκδοτολογική μορφή και δε δένεται οργανικά και ομαλά με τους εννοιολογικούς στόχους της ενότητας.

Το κεφάλαιο 7 φέρει τον υπότιτλο «Το φως επιστρέφει» και ξεκινάει με μια μικρή αναφορά στην ιστορική κατασκευή των καθρεφτών. Για το υπόλοιπο κεφάλαιο οι καθρέφτες συνιστούν μεθοδολογικό εργαλείο προκειμένου να διδαχθεί η ανάκλαση, ενώ γίνεται μια ισχνή προσπάθεια να αξιοποιηθεί παράλληλα η αρχική πολιτισμική αναφορά. Η απόπειρα να εισαχθούν πολιτισμικά στοιχεία στο κεφάλαιο αυτό είναι πιο πετυχημένη σε σχέση με το προηγούμενο, με την έννοια ότι τουλάχιστον δεν ορθώνει περαιτέρω εμπόδια. Δεν μπορούμε όμως να παραγνωρίσουμε το γεγονός ότι ο καθρέφτης, ως κομμάτι του ανθρώπινου πολιτισμού, δεν παρουσιάζει αυτόνομο ιδιαίτερο ενδιαφέρον, γι' αυτό και η αναφορά του περιορίζεται κυρίως στην εξυπηρέτηση του μεθοδολογικού σκοπού.

Η καινοτομική διδακτική προσέγγιση για τη διδασκαλία της ανάκλασης στη Φυσική της Γ' Γυμνασίου

Με βάση την κριτική που ασκήθηκε παραπάνω στην παραδοσιακή διδασκαλία της ανάκλασης του φωτός, σε συνδυασμό με τα εννοιολογικά πλαίσια της φύσης και διάδοσης του φωτός, θα προταθεί μια εναλλακτική διδακτική προσέγγιση, η οποία θα στηρίζεται κυρίως στα χαρακτηριστικά της καινοτομικής αντίληψης, όπως αυτά αναφέρθηκαν στην Εισαγωγή.

Διαμόρφωση ευρέων θεματικών/ενοσιολογικών ενοτήτων και καθοδηγούν θέμα

Η έμφαση της συγκεκριμένης διδακτικής πρότασης δίνεται στο καθοδηγούν θέμα, το οποίο είναι το πείραμα Lunar Laser Ranging (μέτρηση απόστασης Γης-Σελήνης με λέιζερ). Το ίδιο το πείραμα δε συνιστά αντικείμενο μελέτης, αλλά αποτελεί ένα πολιτισμικό στοιχείο που ανοίγει διαύλους επικοινωνίας ανάμεσα στην πολιτισμική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης με τις άλλες δύο, την ενοσιολογική και τη μεθοδολογική. Έχοντας το πείραμα αυτό ως έρεισμα, επιχειρείται να συγκροτηθεί ένα δίκτυο ευρέων θεματικών/ενοσιολογικών ενοτήτων σχετικών με την ανάκλαση και τα εξέχοντα χαρακτηριστικά του φωτός, που καθιστούν την πρώτη δυνατή. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζεται η δομή της ακολουθίας των ενοτήτων και τα βασικά χαρακτηριστικά της επιδιωκόμενης γνώσης. Ο χωρισμός τους έχει γίνει ανά δύο διδακτικές ώρες, καθώς κρίνεται ότι υπάρχει εσωτερική συνέχεια στα θέματα και ο κατακερματισμός τους σε ωριαία μαθήματα θα αποδυνάμωνε τη διδακτική παρέμβαση.

Πίνακας 17. Δομή της ακολουθίας ενοτήτων και γνωστικοί στόχοι

| ΔΙΑΔ. ΩΡΑ | ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ-ΠΡΟΒΛΗΜΑ | ΕΝΝΟΣΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ | ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ | ΠΟΛΙΤΙΣΜΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ |
|-----------|---|--|---|---|
| 1-2 | Τι συμβαίνει στο πείραμα Lunar Laser Ranging; | ευθύγραμμη διάδοση φωτός σταθερή ταχύτητα φωτός ειδικά πλεονεκτήματα laser | | τεχνολογικά χαρακτηριστικά του πειράματος LLR |
| 3-4 | Πώς είναι φτιαγμένα τα κάτοπτρα; | ανάκλαση | κατασκευή κατάλληλου σεληνιακού ανακλαστήρα | |

«Σε βάθος» πραγμάτευση ενός ενοσιολογικού πλαισίου με παράλληλη εισαγωγή στοιχείων «ποιοτικής φυσικής»

Ξεκινώντας λοιπόν από το παραπάνω γενικό σχήμα, μπορούμε να ασχοληθούμε με τη βαθύτερη πραγμάτευση του κύριου ενοσιολογικού πλαισίου, το οποίο αφορά στην κατοπτρική ανάκλαση (πλαίσιο γεωμετρικής οπτικής), με την επιπρόσθετη αξιοποίηση ορισμένων χαρακτηριστικών της διάδοσης του φωτός (μακροσκοπικό μοντέλο) ως επικουρικών ενοσιολογικών πλαισίων. Αυτή η στόχευση σε ένα συγκεκριμένο ενοσιολογικό πλαίσιο με βοηθητικά στοιχεία ποιοτικού χαρακτήρα συνάδει με την καινοτομική αντίληψη για τη διδασκαλία της φυσικής. Επιπλέον, ιδιαίτερη προσοχή δίνεται όχι μόνο στον περιορισμό του αριθμού των φυσικών ενοσιολογικών πλαισίων που πραγματευόμαστε, αλλά και στα επιστημονικά μοντέλα που επικαλούμαστε. Είναι κρίσιμο για την καινοτομική προσέγγιση να υπάρχει αυτοσυνέπεια και όσο γίνεται μικρότερη διάχυση των επιστημονικών θεωριών που αξιοποιούμε εντός ενός πλάνου μαθήματος. Στους Πίνακες 3 και 4 δίνονται αναλυτικότερα οι ενέργειες ερευνητή-μαθητών και οι δραστηριότητες που αντιστοιχούν σε κάθε διδακτικό δίωρο.

Πίνακας 18. Ενέργειες και δραστηριότητες πρώτης και δεύτερης διδακτικής ώρας

| ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΕΡΕΥΝΗΤΗ | ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΜΑΘΗΤΩΝ | ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ |
|--|--|--|
| Περιγράψτε τα κύρια τεχνολογικά μέσα που χρησιμοποιούνται στο πείραμα LLR. | Αντιστοίχιση των κύριων τεχνολογικών στοιχείων του πειράματος ως πομπών και δεκτών της δέσμης laser. | Παρακολούθηση αποσπάσματος επεισοδίου της τηλεοπτικής σειράς “The Big Bang Theory”: https://www.dropbox.com/s/bx8g_gmwa70bz5my/TBBT_LLRLR%20Experiment_cut.mp4?dl=0 |
| Ποια είναι η κατεύθυνση του φωτός; | Αναγνώριση της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός. | Κατασκευή πειραματικής διάταξης για την ανάδειξη της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός. |
| Αλλάζει η ταχύτητα του φωτός στο διάστημα (κενό); | Αναγνώριση της ταχύτητας του φωτός ως σταθερά. | |

| | | |
|---|--|---|
| Για ποιο λόγο χρησιμοποιούμε laser και όχι λευκό φως στο πείραμα LLR; | Διαπίστωση της έντασης, της κατευθυντικότητας και της μικρότερης διάχυσης του laser έναντι του λευκού φωτός. | Επίδειξη laser και λευκού φωτός (στόχευση σε μη ανακλαστικό δέκτη). |
|---|--|---|

Πίνακας 19. Ενέργειες και δραστηριότητες τρίτης και τέταρτης διδακτικής ώρας

| ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΕΡΕΥΝΗΤΗ | ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΜΑΘΗΤΩΝ | ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ |
|---|--|--|
| Πώς ερμηνεύετε την επιστροφή της δέσμης laser από τη Σελήνη στη Γη στο πείραμα LLR; | Εφαρμογή του νόμου της ανάκλασης σε επίπεδα κάτοπτρα. | Χρήση υπολογιστικών προσομοιώσεων: http://www.freezeray.com/flashFiles/Reflection1.htm http://kerala.skool.in/content/toolkits/physics/mirrors/index.html |
| Ποια είναι η ειδική μορφή του σεληνιακού ανακλαστήρα; | Εφαρμογή του νόμου της ανάκλασης σε κάτοπτρα στο πρότυπο αυτών του σεληνιακού ανακλαστήρα. | Κατασκευή πειραματικής διάταξης για την ανάδειξη της ανάκλασης από το σεληνιακό ανακλαστήρα. |
| Ανακεφαλαιωτική συζήτηση. | Σύνοψη των φυσικών και τεχνολογικών χαρακτηριστικών που κάνουν το πείραμα LLR εφικτό. | Παρακολούθηση αποσπάσματος επεισοδίου της τηλεοπτικής σειράς “Mythbusters”: https://www.youtube.com/watch?v=VmVxSFnjYCA |

Η επίδραση της υποθετικο-παραγωγικής μεθοδολογικής προσέγγισης

Όπως έχει ήδη διαφανεί σε ορισμένο βαθμό από τους Πίνακες 2, 3 και 4 που παρατέθηκαν παραπάνω, έχει γίνει προσπάθεια η συγκεκριμένη διδακτική παρέμβαση να διαπνέεται από την υποθετικο-παραγωγική μεθοδολογική προσέγγιση. Εξ' αρχής τίθενται δυο «δραστηριότητες-προβλήματα», που οδηγούν σε καθοδηγούμενες δραστηριότητες, δραστηριότητες βασισμένες σε κάποιο έργο ή μη καθοδηγούμενες («ανοικτές») δραστηριότητες. Στο Παράρτημα παρουσιάζονται τα φύλλα εργασίας που αντιστοιχούν στα δύο δίωρα της διδακτικής παρέμβασης, με μερικές επισημάνσεις προς το διδάσκοντα (με πλάγια γράμματα) όπου αυτό κρίνεται αναγκαίο.

Ορισμένες από τις δραστηριότητες αφορούν στην επίλυση μη εργαστηριακών προβλημάτων, χωρίς όμως αυτά να προσομοιάζουν στα συνήθη προβλήματα της παραδοσιακής αντίληψης, που στην πλειονότητά τους εξαντλούνται στην παράθεση ορισμών και στη στείρα εφαρμογή τύπων. Αντιθέτως, ο ρόλος τους είναι να βάζουν το μαθητή μπροστά σε κάποιο πρόβλημα του οποίου τη λύση καλείται ο ίδιος να οικοδομήσει, χωρίς να του έχει προαναγγελθεί το αποτέλεσμα. Οι υπόλοιπες δραστηριότητες επιδιώκουν την πειραματική διδασκαλία, η οποία εξυψώνεται στο πλαίσιο της καινοτομικής αντίληψης. Σε αυτές περιλαμβάνονται τόσο πειράματα ελέγχου, όσο και ανακαλυπτικές επιδείξεις. Στο σύνολο των δραστηριοτήτων αξιοποιούνται τόσο ο εργαστηριακός εξοπλισμός, όσο και οπτικοακουστικά μέσα, υπολογιστικές προσομοιώσεις και γραφήματα. Οι διάφορες κατηγοριοποιήσεις των δραστηριοτήτων παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 20. Κατηγοριοποίηση δραστηριοτήτων της διδακτικής παρέμβασης

| ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ | ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ | ΤΥΠΟΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ | ΤΥΠΟΣ ΕΠΙΛΥΣΗΣ |
|----------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 1 | 1 | | |
| 1 | 3 | καθοδηγούμενη δραστηριότητα | μη εργαστηριακή |
| 2 | 3 | | |
| 1 | 4 | καθοδηγούμενη δραστηριότητα | ανακαλυπτική επίδειξη |
| 2 | 1 | δραστηριότητα | |
| 2 | 2 | βασισμένη σε έργο | πείραμα ελέγχου |
| 2 | 4 | ανοικτή δραστηριότητα | μη εργαστηριακή |

Η οργανική ένταξη της πολιτισμικής διάστασης των φυσικών επιστημών στις διάφορες θεματικές ενότητες

Για τη διδακτική μας παρέμβαση, η πολιτισμική συνιστώσα εισάγεται με το πείραμα LLR, το οποίο συνιστά και το καθοδηγούν θέμα, όπως έχει ήδη αναφερθεί. Από τα φύλλα εργασίας γίνεται προφανές ότι το αρχικό τεχνολογικό πρόβλημα διατρέχει ολόκληρο το πλάνο μαθήματος, δηλαδή δε μπαίνει ανεκδοτολογικά και δε χρησιμοποιείται ευκαιριακά, όπως πιθανά θα γινόταν στην παραδοσιακή εκδοχή της αντίστοιχης διδασκαλίας των ενοτήτων αυτών. Έτσι δένεται οργανικά με την εννοιολογική και μεθοδολογική συνιστώσα που μας ενδιαφέρει. Επιπλέον, το πείραμα LLR λειτουργεί ως στοιχείο προσέγγισης της τεχνολογικής πραγματικότητας από τους μαθητές και μάλιστα με έναν τρόπο που εμπλέκει τις διαστημικές αποστολές, οι οποίες εγείρουν το ενδιαφέρον μικρών και μεγάλων. Τα παραπάνω στοιχεία είναι χαρακτηριστικά για την ένταξη της πολιτισμικής συνιστώσας στην καινοτομική αντίληψη.

Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία εξετάστηκαν οι παράγραφοι για την ανάκλαση, τη φύση και τη διάδοση του φωτός της ενότητας της οπτικής, σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα της Γ' Γυμνασίου. Όπως αναδείχθηκε από την ανάλυση, οι παράγραφοι αυτοί συμφωνούν με την παραδοσιακή αντίληψη για το αναλυτικό πρόγραμμα των φυσικών επιστημών, η οποία μπορεί να ορθώσει σημαντικά εμπόδια τόσο στη διδασκαλία όσο και στη μάθηση των υπό διαπραγμάτευση εννοιών, καθώς και να δημιουργήσει σημαντικές στρεβλώσεις στο μεθοδολογικό και πολιτισμικό τομέα που τις αφορούν.

Εναλλακτικά στην παραδοσιακή αυτή προσέγγιση, παρουσιάστηκε μια νέα διδακτική πρόταση, η οποία είναι σύμφωνη με την καινοτομική αντίληψη και πιθανά μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να πλησιάσουν σε μεγαλύτερο βαθμό ορισμένες έννοιες της οπτικής, με οξυμένο ενδιαφέρον και ολόπλευρα αποτελέσματα ως προς την εννοιολογική, μεθοδολογική και πολιτισμική διάσταση της επιστημονικής γνώσης.

Περαιτέρω έρευνες θα πρέπει να αφορούν στην εφαρμογή της καινοτομικής πρότασης και της σύγκρισής της με το παραδοσιακό πρόγραμμα, όπως αυτό συνήθως εφαρμόζεται. Τα αποτελέσματα μπορούν να οδηγήσουν στη βελτίωση πτυχών της προτεινόμενης διδασκαλίας και να ανοίξουν έναν ακόμα δρόμο για περισσότερες διδακτικές προτάσεις στην ίδια κατεύθυνση.

Αναφορές

Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., & Παπασίμπα, Λ. (2014). *Φυσική Γ' Γυμνασίου*. Αθήνα: Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων "Διόφαντος".
Κολιόπουλος, Δ. (2004). *Θέματα διδακτικής φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Μεταίχμιο.

Παράρτημα

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 1

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1

Παρακολούθηση ειδικά διαμορφωμένου αποσπάσματος της δημοφιλούς τηλεοπτικής σειράς "The Big Bang Theory", όπου με χιουμοριστικό τρόπο παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία του πειράματος LLR.

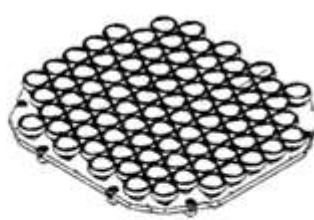
Στο απόσπασμα που παρακολούθησαμε, οι πρωταγωνιστές χρησιμοποιούν προηγμένο εξοπλισμό για την εκτέλεση του πειράματος Lunar Laser Ranging (μέτρηση απόστασης Γης-Σελήνης με λέιζερ). Παρακάτω δίνονται τα τεχνολογικά στοιχεία που αξιοποιούνται στο πείραμα αυτό.



Εικόνα 1: Συσκευή παραγωγής λέιζερ



Εικόνα 2: Φωτοπολλαπλασιαστής



Εικόνα 3: Σεληνιακός ανακλαστήρας



Εικόνα 4: Δέσμες λέιζερ

- 1.1 Ποια από αυτά συνιστούν πομπούς και ποια δέκτες της δέσμης λέιζερ;
1.2 Με ποια σειρά πρέπει να τοποθετηθούν ώστε να πραγματοποιηθεί το πείραμα;

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2

Το λέιζερ είναι μια ειδική περίπτωση ακτινοβολίας, η οποία έχει τα ίδια θεμελιώδη χαρακτηριστικά με το ορατό λευκό φως. Η συσκευή εκπομπής του λέιζερ στο βίντεο δείχνει τη δέσμη να εκπέμπεται ευθύγραμμα.

- 2.1 Συμβαίνει όμως το ίδιο και με το λευκό φως που εκπέμπεται, για παράδειγμα, από ένα μικρό φακό;
2.2 Μπορείς να σκεφτείς ένα πείραμα που μπορούμε να κάνουμε στην τάξη ώστε να το διαπιστώσουμε; *Κατασκευή πειραματικής διάταξης με ευθυγραμμισμένα μη ανακλαστικά CD, από το κέντρο των οποίων περνά, αρχικά, δέσμη φωτός και, κατόπιν, δέσμη λέιζερ, που προσπίπτουν σε στόχο.*
2.3 Τόσο η δέσμη που εκπέμπεται από το λέιζερ όσο και αυτή από το φακό φαίνονται πως διαδίδονται ευθύγραμμα, τουλάχιστον για τη μικρή απόσταση που μπορούμε να τις δούμε με γυμνό μάτι. Πιστεύεις ότι η κατεύθυνση της δέσμης αλλάζει στις μεγάλες αποστάσεις, όπως αυτή της Γης-Σελήνης;

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3

Το 1905 ο Άλμπερτ Αϊνστάιν στη θεωρία του έθεσε αξιωματικά την ταχύτητα του φωτός στο κενό ως μια σταθερά, δηλαδή υποστήριξε ότι έχει μια συγκεκριμένη τιμή εφόσον διαδίδεται στο διάστημα ή σε οποιοδήποτε άλλο χώρο που θεωρείται κενός. Η αντίληψη αυτή υποστηρίχτηκε από προγενέστερα και μεταγενέστερα πειραματικά δεδομένα και μέχρι σήμερα είναι γενικά αποδεκτή από τους επιστήμονες.

Οι αστροφυσικοί υπολογίζουν εδώ και δεκαετίες την απόσταση Γης-Σελήνης με το πείραμα Lunar Laser Ranging, μετρώντας το χρόνο που χρειάζεται η δέσμη λέιζερ για να φτάσει στο φεγγάρι. Οι παρατηρήσεις τους αποδεικνύουν ότι η απόσταση αυτή δεν είναι σταθερή. Παρακάτω δίνονται κάποια στοιχεία για το έτος 2014:

| ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ | ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΓΗΣ-ΣΕΛΗΝΗΣ (km) | ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ (s) |
|---------------------|---------------------------|----------------------|
| 16 Ιανουαρίου | 406528 | 1,356 |
| 15 Απριλίου | 385094 | 1,285 |
| 10 Αυγούστου | 356898 | 1,190 |

3.1 Στο βίντεο που παρακολουθήσαμε, οι πρωταγωνιστές είναι βέβαιοι ότι το λέιζερ τους πέτυχε τη Σελήνη, επειδή η δέσμη χρειάστηκε 2,5s για να επιστρέψει πίσω στη Γη. Ποια στοιχεία θεωρούν δεδομένα προκειμένου να κάνουν αυτόν τον υπολογισμό;

3.2 Η ταχύτητα του φωτός στο κενό έχει τιμή $c=299.792.458$ m/s, την οποία μπορούμε με μια καλή προσέγγιση να τη θεωρήσουμε ίση με $c=300.000.000$ m/s και το φως διαδίδεται στο κενό ευθύγραμμα και ομαλά. Σε ποια απόσταση από τη Γη βρισκόταν η Σελήνη τη νύχτα που πραγματοποίησαν το πείραμα;

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 4

Εκπομπή δέσμης λευκού φωτός και λέιζερ σε μη ανακλαστικό στόχο, για ανάδειξη της μονοχρωματικότητας, της έντασης, της κατευθυντικότητας και της μικρότερης διάχυσης της δεύτερης σε σχέση με την πρώτη.

4.1 Ποια είναι εκείνα τα χαρακτηριστικά που κάνουν το λέιζερ καταλληλότερο από το λευκό φως για το πείραμα Lunar Laser Ranging;

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 2

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1

Στο βίντεο που παρακολουθήσαμε, η δέσμη λέιζερ εκπέμπεται προς ένα ανακλαστήρα τοποθετημένο στη Σελήνη από τα πληρώματα αστροναυτών που βρέθηκαν εκεί τον περασμένο αιώνα.

1.1 Ποιες ανακλαστικές επιφάνειες μπορείς να σκεφτείς εσύ;

1.2 Με ποιον τρόπο ανακλάται μια δέσμη φωτός σε έναν απλό επίπεδο καθρέφτη;

Χρήση της υπολογιστικής προσομοίωσης 1 για την ανάδειξη του νόμου της ανάκλασης σε επίπεδο κάτοπτρο (γωνία πρόσπτωσης=γωνία ανάκλασης).

1.3 Στην επόμενη υπολογιστική προσομοίωση που θα δούμε, οι δέσμες λέιζερ πρέπει να φτάσουν στο χαρτί-στόχο που κρατάει το αγόρι. Έχουμε στη διάθεσή μας τέσσερις επίπεδους καθρέφτες. Μπορείς να προτείνεις λύσεις;

Χρήση της υπολογιστικής προσομοίωσης 2 για την εφαρμογή του νόμου της ανάκλασης σε πολλαπλά επίπεδα κάτοπτρα.

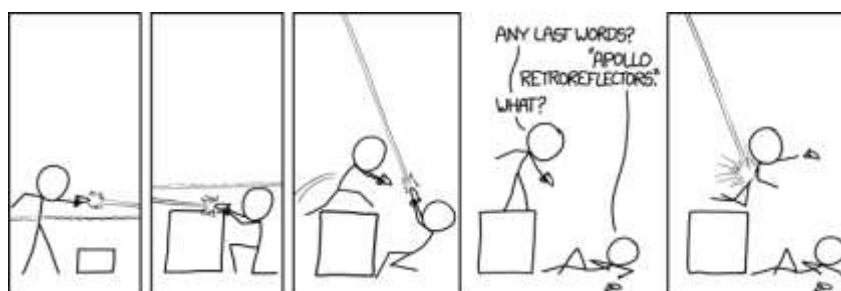
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2

Οι επιστήμονες που κατασκεύασαν τους σεληνιακούς ανακλαστήρες χρειάστηκε να σκεφτούν τη βέλτιστη διάταξη κατόπτρων, προκειμένου να εξασφαλίσουν την ανάκλαση της δέσμης λέιζερ έτσι ώστε αυτή να επιστρέψει στη Γη.

2.1 Ποια διάταξη μπορείς να προτείνεις εσύ; Σχημάτισε τη δική σου πρόταση, αν διαθέτεις μέχρι 5 μικρά κομμάτια καθρέφτη.

Έλεγχος των υποθέσεων με πραγματικούς μικρούς καθρέφτες, λέιζερ και στόχο.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3



3.1 Τι υποτίθεται ότι συμβαίνει στο παραπάνω σκίτσο;

3.2 Κάτω από ποιες προϋποθέσεις θα ήταν εφικτή μια τέτοια τροπή;

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 4

Παρακολούθηση ειδικά διαμορφωμένου αποσπάσματος της δημοφιλούς τηλεοπτικής σειράς “Mythbusters”, όπου παρουσιάζεται το πείραμα LLR, όπως πραγματικά γίνεται από τα ερευνητικά κέντρα.

Η NASA προβλέπει ότι θα είναι έτοιμη να στείλει επανδρωμένες αποστολές στον Άρη γύρω στο 2035, οι οποίες θα μπορούν να εγκαταστήσουν ανακλαστήρες στην επιφάνεια του πλανήτη.

4.1 Μπορείς να σχεδιάσεις το δικό σου πείραμα “Mars” Laser Ranging;

4.2 Τι θα μπορούσες να υπολογίσεις ή να ανακαλύψεις με αυτό;

Η σελίδα έχει μείνει κενή

Μία πρόταση για τη διδασκαλία βασικών εννοιών της νανοτεχνολογίας στο Γυμνάσιο

Αικατερίνη Σταματοπούλου

Φοιτήτρια, ΣΕΜΦΕ, ΕΜΠ

kat.stath@gmail.com

Αθανάσιος Βελέντζας

Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Αμπελοκήπων,

avelentz@gmail.com

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη και πρώτη αξιολόγηση μιας διδακτικής πρότασης με σκοπό την προσέγγιση των μαθητών και αυριανών πολιτών σε κάποιες από τις θεμελιώδεις έννοιες και ιδέες από το πεδίο της νανοτεχνολογίας, η οποία βρίσκεται στην αιχμή της επιστημονικής έρευνας. Η διδακτική παρέμβαση πραγματοποιήθηκε σε μαθητές της Γ΄ Γυμνασίου με στόχο αφενός μεν την εξοικείωσή τους με την λογαριθμική κλίμακα, την τάξη μεγέθους και το μέγεθος των οντοτήτων στην περιοχή της νανοκλίμακας, και αφετέρου την προσέγγισή τους, στη χρήση μοντέλων, στην δομή νανοσωματιδίων, όπως τα φουλερένια και οι νανοσωλήνες και σε μια απλή ερμηνεία της αλλαγής κάποιων ιδιοτήτων στο επίπεδο της νανοκλίμακας λόγω σημαντικής αύξησης του πηλίκου της επιφάνειας προς όγκο των σωματιδίων. Από τα ευρήματα της έρευνας μπορούμε να συμπεράνουμε ότι μετά από κατάλληλο διδακτικό μετασχηματισμό είναι δυνατόν να προσεγγίσουν οι μαθητές στην τελευταία τάξη της υποχρεωτικής εκπαίδευσης κεντρικές έννοιες από την περιοχή της νανοεπιστήμης και της νανοτεχνολογίας.

Λέξεις κλειδιά: Νανοτεχνολογία, Φουλερένια, Νανοσωλήνες

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια έχει εισχωρήσει στη ζωή μας ο όρος νανοτεχνολογία. Η ραγδαία ανάπτυξη τεχνολογιών που συνδέονται με αυτή και η άμεση εφαρμογή τους στην καθημερινή ζωή έχει κινήσει το ενδιαφέρον όχι μόνο οικονομικών και επιστημονικών κύκλων, αλλά και γενικότερα του κοινού. Τι εννοούμε όμως όταν αναφερόμαστε στον όρο νανοτεχνολογία; Ο όρος νανοτεχνολογία παρουσιάζει διαφορετικές προσεγγίσεις στους διάφορους επιστημονικούς κύκλους, ωστόσο η κύρια ιδέα στην οποία συγκλίνουν όλοι είναι ότι αναφέρεται στο σύνολο των τεχνολογιών που χειρίζονται την ύλη σε επίπεδο μεμονωμένων μορίων (ή συμπλεγμάτων μορίων με τουλάχιστον μία διάσταση να εμπίπτει στην περιοχή της νανοκλίμακας) με στόχο να σχεδιαστούν και να παραχθούν νέα συστήματα, με καινούριες ιδιότητες και λειτουργίες που οφείλονται στη νανοδομή τους (Roco, 1999; Ramsden, 2009). Αντίστοιχα, για το ευρύ επιστημονικό πεδίο το οποίο μελετά φαινόμενα και υλικά μεγέθους, σε μια τουλάχιστον διάσταση, από 1nm έως περίπου 100nm αποδίδεται ο όρος νανοεπιστήμη (Stevens et al, 2009).

Η νανοτεχνολογία βρίσκεται στην αιχμή της έρευνας, είναι ένας ερευνητικός τομέας πολλά υποσχόμενος για το μέλλον και ήδη πλήθος εφαρμογών της αποτελούν κομμάτι της καθημερινής μας ζωής. Σημαντικές εφαρμογές της αφορούν στην ιατρική, σε ηλεκτρονικές κατασκευές και πληροφοριακά συστήματα, στον τομέα της ενέργειας, στον τομέα παραγωγής ελαφρών και ανθεκτικών υλικών, σε αυτοκαθαριζόμενα υλικά και πολλά άλλα (Schulenburg, 2007). Η νανοτεχνολογία έχει διεισδύσει στην καθημερινή ζωή μας και η εξέλιξή της ακολουθεί πολύ γρήγορους ρυθμούς. Σε ένα περιβάλλον άκρως τεχνολογικό, η ενημέρωση των πολιτών σχετικά με επιστημονικά και τεχνολογικά θέματα έχει βαρύνουσα σημασία. Σύμφωνα με ερευνητές από το χώρο της εκπαίδευσης των φυσικών επιστημών, που υποστηρίζουν την ανάγκη ενσωμάτωσης όψεων της νανοτεχνολογίας στην εκπαιδευτική διαδικασία, η διδασκαλία εννοιών της νανοεπιστήμης εκτός από την κοινωνική της διάσταση έχει πρόσθετη εκπαιδευτική αξία, διότι απαιτεί μια διαθεματική και διεπιστημονική προσέγγιση. Οι μαθητές/τριες μπορεί να βοηθηθούν να οξύνουν την κριτική τους ικανότητα, καθώς απαιτείται να προσεγγίσουν τη γνώση μέσω περισσότερων από έναν τομέων όπως

χημεία, βιολογία, μαθηματικά και να έρθουν σε επαφή με μια καλύτερη προσέγγιση της επιστημονικής διαδικασίας και να γνωρίσουν νέους τρόπους διερεύνησης του φυσικού κόσμου (Laherto, 2012; Hingant&Albe, 2010). Φυσικά, η όποια ένταξη όψεων της νανοεπιστήμης στην εκπαίδευση απαιτεί και κατάλληλο διδακτικό μετασχηματισμό προκειμένου να προσδιοριστεί το προς διδασκαλία περιεχόμενο. Οι βασικές, έννοιες και ιδέες προς διδασκαλία σύμφωνα με τους Stevens, Sutherland και Krajcik (2009), είναι:

- (1) το μέγεθος και η κλίμακα,
- (2) τα εργαλεία εξερεύνησης του νανόκοσμου – μικροσκόπια,
- (3) οι ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος,
- (4) οι σχέσεις της με τις τεχνολογικές εφαρμογές και την κοινωνία,
- (5) ο τρόπος με τον οποίο δομείται η ύλη,
- (6) οι δυνάμεις και οι αλληλεπιδράσεις,
- (7) η επίδραση των κβαντικών φαινομένων,
- (8) η αυτο-οργάνωση και
- (9) τα μοντέλα και οι προσομοιώσεις.

Για τους παραπάνω λόγους, στην παρούσα εργασία, θεωρήθηκε σκόπιμο να αναπτυχθεί και να αξιολογηθεί, τουλάχιστον σε πρώτη φάση, μια διδακτική πρόταση με σκοπό την προσέγγιση των μαθητών και αυριανών πολιτών με κάποιες από τις παραπάνω αναφερόμενες θεμελιώδεις έννοιες και ιδέες από το πεδίο της νανοτεχνολογίας. Η πρόταση αναπτύχθηκε για την Γ΄ τάξη του γυμνασίου που αποτελεί την τελευταία τάξη της υποχρεωτικής εκπαίδευσης και επίσης γιατί το γυμνάσιο προσφέρεται περισσότερο για διαθεματικές και διεπιστημονικές διδακτικές προσεγγίσεις. Μετά την εισαγωγή περιγράφεται η μεθοδολογία της έρευνας, στην συνέχεια παρουσιάζονται τα σχέδια διδασκαλίας, τα ευρήματα και τέλος αναφέρονται τα συμπεράσματα.

Περιγραφή της έρευνας

Για τη δόμηση της διδακτικής ενότητας ελήφθησαν υπόψη τα παρακάτω:

- Ο χρονικός περιορισμός στο πλαίσιο ενός αναλυτικού προγράμματος Φυσικών Επιστημών. Θέσαμε τον περιορισμό ότι η διδακτική ενότητα για τη νανοτεχνολογία θα μπορούσε να περιλαμβάνει τρεις υποενότητες των δύο διδακτικών ωρών η κάθε μία. Δηλαδή, η πρόταση συνολικά προβλέπει διδασκαλία έξι διδακτικών ωρών.
- Η ηλικία και οι προαπαιτούμενες γνώσεις των μαθητών. Όπως ήδη αναφέρθηκε, η προτεινόμενη διδακτική ακολουθία αφορά μαθητές της τελευταίας τάξης του γυμνασίου και συνεπώς ελήφθησαν υπόψη η ηλικία και οι γνώσεις τους.
- Εργασίες σχετικές με τις ιδέες των μαθητών και τα εμπόδια κατά τη διδασκαλία εννοιών της νανοεπιστήμης και της νανοτεχνολογίας (Light et al, 2007; Magana et al, 2012; Swarat et al, 2011).
- Το αντίστοιχο διδακτικό υλικό που αναπτύχθηκε, δοκιμάστηκε και προτείνεται από εκπαιδευτικούς ή φορείς (e.g. Μιχαηλίδη, 2013; Project Nano-Tech Science Education).
- Κείμενα από τη βιβλιογραφία της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών για την ανάπτυξη διδασκαλιών στο πλαίσιο της μάθησης μέσω διερεύνησης (Bybee, 2002).
- Οι ιδέες / έννοιες / διαδικασίες που είναι διδακτικά σημαντικές για μια διδασκαλία που αφορά τη νανοτεχνολογία. Για το στάδιο αυτό της εργασίας, ως βάση, ελήφθησαν οι εννέα «μεγάλες ιδέες» που αναφέρονται στο βιβλίο «The ‘big ideas’ of nanoscale science and engineering» (Stevens et al, 2009), όπου επιχειρείται ο διδακτικός μετασχηματισμός του επιστημονικού περιεχομένου στο πεδίο της νανοεπιστήμης και της νανοτεχνολογίας. Λόγω των περιορισμών διδακτικού χρόνου και ηλικίας μαθητών έγινε μια επιλογή των τεσσάρων από τις εννέα διδακτικά «βασικές» ιδέες για μια πρώτη προσέγγιση των μαθητών με την νανοεπιστήμη και τη νανοτεχνολογία. Συγκεκριμένα, μεγαλύτερη βάση στην ανάπτυξη της διδακτικής ακολουθίας δόθηκε στην εξοικείωση των μαθητών με τη νανοκλίμακα, με τον τρόπο που δομείται η ύλη, με την εξάρτηση των ιδιοτήτων από το μέγεθος και τη χρήση μοντέλων.

Η διδακτική ενότητα που δομήθηκε περιλαμβάνει τρεις υποενότητες.

- (i) Η πρώτη έχει ως βασικό στόχο την εξοικείωση των μαθητών με την λογαριθμική κλίμακα, την τάξη μεγέθους και το μέγεθος των οντοτήτων στην περιοχή της νανοκλίμακας.
- (ii) Η δεύτερη έχει ως στόχο την προσέγγιση των μαθητών στην δομή νανοσωματιδίων με σημαντικές εφαρμογές και συγκεκριμένα των φουλερενίων και των νανοσωληνών. Βασικό διδακτικό εργαλείο αποτελεί για αυτή την υποενότητα η χρήση μοντέλων.

(iii) Η τρίτη έχει ως στόχο μια απλή ερμηνεία της αλλαγής κάποιων ιδιοτήτων στο επίπεδο της νανοκλίμακας λόγω σημαντικής αύξησης του ηλικίου της επιφάνειας προς όγκο των σωματιδίων.

Ο σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να διερευνήσει τις διαδικασίες μάθησης κατά την πραγματοποίηση των προτεινόμενων διδασκαλιών. Αυτό σε πρώτη φάση είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί στο επίπεδο ολόκληρης τάξης, αλλά μπορεί να πραγματοποιηθεί σε επίπεδο ομάδας. Γι' αυτό το σκοπό ακολουθήθηκε η μέθοδος του teaching experiment που είναι αποτελεσματική στην περίπτωση διερεύνησης διαδικασιών μάθησης και διδασκαλίας (Komorek & Duit 2004). Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο πειράματα και φαινόμενα που απαιτούν εξηγήσεις συζητούνται μεταξύ του δασκάλου και μαθητών ιδιαίτερα ή σε ομάδες 2-4 ατόμων. Ο δάσκαλος έχει διττό ρόλο, αυτόν του δασκάλου αλλά και του ερευνητή. Ως ερευνητής πρέπει να ερμηνεύει τα εννοιολογικά πλαίσια των μαθητών και ως δάσκαλος πρέπει να έχει απαντήσεις στις απόψεις των μαθητών και να επεμβαίνει την κατάλληλη στιγμή όταν πλέον η συζήτηση παύει να είναι καρποφόρος (Komorek & Duit 2004). Για κάθε μία από τις τρεις υποενότητες δομήθηκε ένα σχέδιο διδασκαλίας προκειμένου να εφαρμοστεί το teaching experiment. Αυτά τα σχέδια παρουσιάζονται παρακάτω, στην επόμενη ενότητα της εργασίας.

Με βάση τα σχέδια διδασκαλίας δημιουργήθηκαν και φύλλα εργασίας προκειμένου να συμπληρώνονται ομαδικά από τους μαθητές. Τα σχέδια διδασκαλίας με τα φύλλα εργασίας στην αρχική τους μορφή εφαρμόστηκαν πιλοτικά σε μία ομάδα τεσσάρων μαθητών της Γ' γυμνασίου (3 δίωρα) με κύριο στόχο τον έλεγχο της λειτουργικότητάς τους. Δηλαδή, κατά πόσο είναι κατανοητά στους μαθητές, κατά πόσο οι δραστηριότητες και τα πειράματα λειτουργούν καλά και κατά πόσο η χρονική διάρκεια είναι στα όρια του προγραμματισμού. Τα συμπεράσματα από την πιλοτική εφαρμογή αξιοποιήθηκαν ώστε να βελτιωθούν τα σχέδια των διδασκαλιών και τα φύλλα εργασίας.

Η εφαρμογή πραγματοποιήθηκε σε πέντε ομάδες των τριών μαθητών της Γ' γυμνασίου (σύνολο 15 μαθητές/τριες). Σε κάθε ομάδα πραγματοποιήθηκαν και οι τρεις δίωρες προγραμματισμένες διδασκαλίες σύμφωνα με τη μέθοδο του teaching experiment, δηλαδή συνολικά 15 διδακτικά δίωρα. Οι συναντήσεις μαγνητοφωνήθηκαν και στη συνέχεια έγινε απομαγνητοφώνηση και καταγραφή με τη μορφή κειμένου του περιεχομένου των διδασκαλιών.

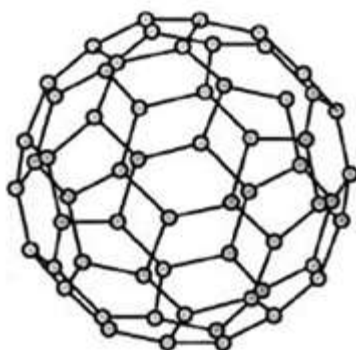
Τα δεδομένα της έρευνας προς ανάλυση αποτέλεσαν τα φύλλα εργασίας και τα απομαγνητοφωνημένα κείμενα των διδασκαλιών. Ο χαρακτήρας της παρούσας έρευνας είναι διερευνητικός και για το λόγο αυτό εφαρμόστηκαν ποιοτικές μέθοδοι ανάλυσης του περιεχομένου (Erickson 1998). Καταγράφηκαν και ομαδοποιήθηκαν.

- οι απόψεις των μαθητών,
- τα σημεία δυσκολίας,
- τα βασικά σημεία της αναπτυσσόμενης επιχειρηματολογίας,
- οι διαδικασίες που βοήθησαν στο ξεπέρασμα των εμποδίων,
- οι αδυναμίες καθώς και τα δυνατά σημεία της πρότασης.

Φουλερένια και νανοσωλήνες

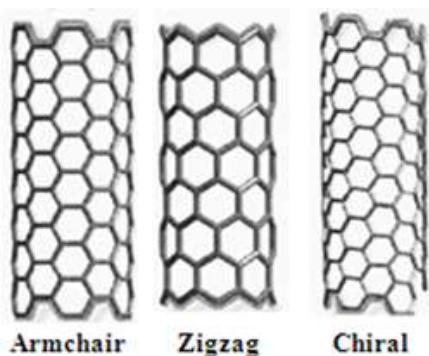
Όπως αναφέρθηκε, στο πλαίσιο της προτεινόμενης διδακτικής παρέμβασης οι μαθητές θα γνωρίσουν τα νανοσωματίδια φουλερένια και νανοσωλήνες οπότε κρίνεται σκόπιμο, για διευκόλυνση του αναγνώστη, να γίνει μία σύντομη αναφορά σε αυτά.

Οι αλλοτροπικές μορφές του άνθρακα είναι ο γραφίτης, το διαμάντι αλλά και οι πιο πρόσφατα γνωστές, τα φουλερένια και οι νανοσωλήνες. Αναφερόμενοι στα φουλερένια, εννοούμε τις σφαιρικές δομές που σχηματίζουν τα άτομα του άνθρακα όταν ενώνονται μεταξύ τους. Πήραν το όνομα τους προς τιμή του αρχιτέκτονα Ρίτσαρντ Μπάκμινστερ Φούλερ, αφού παραπέμπουν στο γεωδαιτικό θόλο που εισήγαγε στην αρχιτεκτονική. Το πιο διαδεδομένο είναι αυτό με 60 άτομα άνθρακα που συμβολίζεται C₆₀ (Tománek, 1996). Το φουλερένιο παρουσιάζει πολύ σταθερή δομή και τα 60 άτομα άνθρακα που έχει σχηματίζουν 20 εξάγωνα και 12 πεντάγωνα δίνοντας στο φουλερένιο το σχήμα μπάλας ποδοσφαίρου (Σχήμα 1). Παρουσιάζει ιδιότητες που δικαίως έχουν στρέψει το ενδιαφέρον πάνω του. Αν συμπιεστεί σε λιγότερο από 70% του αρχικού του όγκου, μπορεί να γίνει σκληρότερο από το διαμάντι, παρουσιάζει παρόμοιες ημιαγωγιμες ιδιότητες με το γάλλιο-αρσενικούχο και επίσης ενώσεις του φουλερένιου λειτουργούν ως υπεραγωγοί (Pierson, 1993).



Σχήμα 1. 3-διάστατη απεικόνιση του μορίου του φουλερένιου

Οι νανοσωλήνες άνθρακα σχηματίζονται από άτομα άνθρακα ενωμένα σε κοίλο κυλινδρικό σχήμα. Ανακαλύφθηκαν από τον Sumio Iijima το 1991 και το μέγεθος τους κυμαίνεται συνήθως σε διάμετρο από ένα ως μερικά νανόμετρα και σε μήκος περίπου στα δέκα μικρόμετρα, αλλά κάποιες φορές φτάνουν το μήκος μερικών εκατοστών (Taczak, 2007). Θα μπορούσε κανείς να φανταστεί το νανοσωλήνα σαν ένα στρώμα γραφίτη τυλιγμένο κυλινδρικά. Η δομή του ποικίλει, με την έννοια ότι μπορεί να σχηματιστεί με μια στρώση ή περισσότερες. Υπάρχουν τριών ειδών νανοσωλήνες, ανάλογα με τον τρόπο περιτύλιξης τους: α) Armchair β) Zigzag γ) Chiral (Nordheim, 2012) (Σχήμα 2). Ο τρόπος που τυλίγονται τα άτομα άνθρακα γύρω από τον άξονα του νανοσωλήνα επηρεάζει τις ηλεκτρικές του ιδιότητες. Μπορεί να παρουσιάσει μεταλλικές ή ημιαγωγικές ιδιότητες (Terrones, 2003).



Σχήμα 2. Είδη νανοσωλήνων

Τόσο τα φουλερένια όσο και οι νανοσωλήνες χρησιμοποιούνται σε πλήθος εφαρμογών. Τα φουλερένια ως φορείς φαρμακολογικών δραστικών χημικών ενώσεων, αλλά και χρησιμοποιούμενα στη φωτοδυναμική θεραπεία μπορούν να δώσουν λύσεις στην περίπτωση της ασθένειας του καρκίνου. Έχουν αντιοξειδωτική δράση και τα ίδια όπως και οι νανοσωλήνες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία νανορομπότ τα οποία θα εισέρχονται στον οργανισμό και θα κάνουν διάγνωση της κατάστασης του (Μπαμπαβέα κ.ά., 2008). Εφαρμογή μπορούν να βρουν τα φουλερένια και στη δημιουργία των κβαντικών υπολογιστών. Επίσης, οι νανοσωλήνες και τα φουλερένια έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν ως αποθήκες ενέργειας, ως καταλύτες αλλά και ως υλικό που εφαρμόζεται στην επικάλυψη επιφανειών με σκοπό να τους προσδώσουν καινούριες ιδιότητες. Με λίγα λόγια οι εφαρμογές τους είναι πολλές και διεγερμένες σε όλο το φάσμα της καθημερινής ζωής, από τα σύνθετα υφάσματα ως τα τζάμια με βελτιωμένες θερμομονωτικές ικανότητες (Rosso, 2001).

Τα σχέδια διδασκαλίας

Συνοπτικά αναφέρονται παρακάτω τα βήματα των τριών σχεδίων διδασκαλίας.

1^ο Μάθημα: «Πόσο μικρά είναι τα νανοσωματίδια; Πως εργαζόμαστε με αυτά;»

Βήμα 1: Διερευνάται κατά πόσο οι μαθητές γνωρίζουν τον όρο νανοτεχνολογία.

Διαδικασία: Γίνεται συζήτηση και οι μαθητές απαντούν σε ερωτήσεις σχετικά με το αν γνωρίζουν τους όρους *νανοτεχνολογία* ή *νανοεπιστήμη*, ποιες οι πηγές πληροφόρησης, τι πιστεύουν ότι σημαίνουν οι παραπάνω όροι.

Βήμα 2: Διερεύνηση των απόψεων των μαθητών σχετικά με την αντίληψη που έχουν για το μέγεθος των νανοσωματιδίων σχετικά με οντότητες του μικρόκοσμου καθώς και τη σχέση μεγέθους διαφόρων αντικειμένων τόσο στο μακρόκοσμο όσο και στο μικρόκοσμο.

Διαδικασία: Γίνεται συζήτηση σχετικά με την «τάξη μεγέθους» των αντικειμένων και οι μαθητές στη συνέχεια εκφράζουν τις απόψεις τους για

(α) τη σχέση μεγέθους των νανοσωματιδίων με αόρατες οντότητες (πυρήνες, κύτταρα) ή με μικρά σωματίδια που αντιλαμβάνονται (κόκκοι σκόνης ή άμμου)

(β) την αναλογική σχέση μεγέθους σωματιδίων (για παράδειγμα αν το μόριο του νερού ήταν όσο ένας κόκκος άμμου τότε τίνος αντικειμένου το μέγεθος θα είχε ένα ερυθρό αιμοσφαίριο;)

(γ) την τάξη μεγέθους διαφόρων αντικειμένων

Βήμα 3: Δραστηριότητα προκειμένου οι μαθητές να εξοικειωθούν με την λογαριθμική κλίμακα.

Διαδικασία: Οι μαθητές κολλούν διαδοχικά και δίπλα τη μια στην άλλη για να τις συγκρίνουν λωρίδες χαρτιού μήκους 1mm, 1cm, 1dm, 1m και συζητούν κατά πόσο μπορούν να συνεχίσουν την διαδικασία για μια τάξη μεγέθους μικρότερη από 1mm και μία τάξη μεγέθους μεγαλύτερη από 1m.

Βήμα 4: Δραστηριότητα προκειμένου οι μαθητές να αντιληφθούν το μέγεθος διάφορων οντοτήτων του μακρόκοσμου και του μικρόκοσμου.

Διαδικασία: Δίνονται στους μαθητές κάρτες που παριστάνουν διάφορες οντότητες και τους ζητείται να τις κατατάξουν με σειρά μεγέθους. Στη συνέχεια οι μαθητές εργάζονται στον ηλεκτρονικό υπολογιστή με την εφαρμογή *scale of the universe* και ελέγχουν τις απόψεις τους τόσο για το σχετικό μέγεθος των αντικειμένων των καρτών όσο και για το μέγεθος αντικειμένων που είχαν συζητήσει σε προηγούμενα βήματα.

Βήμα 5: Εισαγωγή / ενημέρωση των μαθητών για τον «νανόκοσμο» και τη «νανοτεχνολογία».

Διαδικασία: Οι μαθητές παρακολουθούν τμηματικά το βίντεο «νανοτεχνολογία» της Ευρωπαϊκής Ένωσης και γίνεται συζήτηση σχετικά με το μέγεθος των σωματιδίων που χειρίζεται η νανοτεχνολογία, τις τεχνικές χειρισμού (μικροσκόπια, αυτοοργάνωση, τεχνική bottom up) και κάποιες από τις εφαρμογές της.

Βήμα 6: Εφαρμογή των γνώσεων που αποκτήθηκαν σχετικά με το μέγεθος των αντικειμένων.

Διαδικασία: Οι μαθητές μετρούν με νανοχάρακα τις διαστάσεις αντικειμένων σε nm και cm και συζητούν την αναλογία των μηκών που μετρούν (για παράδειγμα συζητούν το μήκος που καταλαμβάνουν τόσα δίλεπτα του Ευρώ σε σειρά, όσα τα φουλερένια που καλύπτουν σε σειρά μια διάμετρο του δίλεπτου)

2^ο Μάθημα: «Γνωρίζω τα φουλερένια και τους νανοσωλήνες»

Βήμα 1: Οι μαθητές ενημερώνονται για τις διάφορες μορφές που σχηματίζουν τα άτομα του άνθρακα όταν ενώνονται.

Διαδικασία: Χρήση βίντεο και έλεγχος μέσω ερώτησης αντιστοίχισης.

Βήμα 2: Δραστηριότητα με χρήση μοντέλων ώστε να γίνει εισαγωγή της δομής του φουλερενίου στους μαθητές.

Διαδικασία: Δίνεται μπάλα ποδοσφαίρου στους μαθητές και τους ζητείται να αριθμήσουν τα πεντάγωνα, τα εξάγωνα, καθώς και να μετρήσουν τα άτομα άνθρακα (κορυφές).

Βήμα 3: Δραστηριότητα με στόχο οι μαθητές να υπολογίσουν τη σχέση της διαμέτρου με την πλευρά των πενταγώνων - εξαγώνων των μοντέλων διαφορετικών διαστάσεων.

Διαδικασία: Οι μαθητές μετρούν τη διάμετρο και την πλευρά των πενταγώνων/εξαγώνων σε 4 μπάλες ποδοσφαίρου διαφορετικών μεγεθών και κατόπιν υπολογίζουν το λόγο διαμέτρου προς πλευρά για κάθε μία ξεχωριστά προκειμένου να διαπιστώσουν ότι ο λόγος είναι ίδιος και να υπολογίσουν την τιμή του.

Βήμα 4: Δραστηριότητα προκειμένου οι μαθητές να υπολογίσουν την απόσταση μεταξύ των γειτονικών ανθράκων στο φουλερένιο.

Διαδικασία: Δίνεται στους μαθητές εικόνα φουλερενίων από μικροσκόπιο στην οποία φαίνεται σχετικά και ευθύγραμμο τμήμα μήκους 1nm. Από την εικόνα μπορεί να μετρηθεί αναλογικά με τη βοήθεια χάρακα η διάμετρος του φουλερενίου και στη συνέχεια με βάση τη σχέση διαμέτρου πλευράς που βρήκαν οι μαθητές με την βοήθεια των μοντέλων υπολογίζουν την ζητούμενη απόσταση.

Βήμα 5: Δραστηριότητες προκειμένου οι μαθητές να αντιληφθούν το πραγματικό μέγεθος του φουλερενίου.

Διαδικασία: Οι μαθητές συγκρίνουν τη διάμετρο του φουλερενίου που μέτρησαν από την εικόνα του μικροσκοπίου με τις διαμέτρους των μοντέλων. Στη συνέχεια χρησιμοποιούν αναλογία για να υπολογίσουν το μέγεθος μιας μπάλας που θα είχε μεγαλύτερη διάμετρο από μια μικρή μπάλα ποδοσφαίρου, όσο η μπάλα ποδοσφαίρου από το φουλερένιο. Για να αντιληφθούν το μέγεθος χρησιμοποιούν και την εφαρμογή Google Earth.

Βήμα 6: Αντιλαμβάνονται οι μαθητές τη μορφή του πλέγματος των νανοσωλήνων.

Διαδικασία: Γίνεται εισαγωγή στους μαθητές της μορφής του νανοσωλήνα μέσω δραστηριότητας με συρμάτινα (ή τυπωμένα σε χαρτί) πλέγματα. Καλούνται να διερευνήσουν τους πιθανούς τρόπους αναδίπλωσης του.

Βήμα 7: Ενημέρωση των μαθητών για τεχνολογικές εφαρμογές των φουλερενίων και των νανοσωλήνων

Διαδικασία: Με την βοήθεια βίντεο οι μαθητές πληροφορούνται για τεχνολογικές εφαρμογές των φουλερενίων και των νανοσωλήνων και για πιθανές μελλοντικές χρήσεις. Ακολουθεί συζήτηση με τις εντυπώσεις τους και πιθανές απορίες.

3^ο Μάθημα: : «Τι αλλάζει όταν τεμαχίζω κάτι;»

Βήμα 1: Διατύπωση ερωτημάτων σχετικά με την αλλαγή της συμπεριφοράς ενός σώματος καθώς αυτό τεμαχίζεται – Διερεύνηση απόψεων των μαθητών.

Διαδικασία: Γίνεται διατύπωση ερωτημάτων σχετικά με την αλλαγή της συμπεριφοράς ενός σώματος καθώς αυτό τεμαχίζεται (μείωση μεγέθους) μέσω δύο πειραμάτων.

A) Καλούνται οι μαθητές να βάλουν σε δύο ίδια κουτιά ντεπόν που περιέχουν ίσες ποσότητες νερού μισά δισκία ντεπόν, το ένα θρυμματισμένο και το άλλο ακέραιο και να παρατηρήσουν τις διαφορές στο χρόνο εκτίναξης του σώματος.

B) Οι μαθητές καλούνται να παρατηρήσουν σε πείραμα επίδειξης τις διαφορές που υπάρχουν όταν θερμανθεί στη φλόγα λύχνου ένα σιδερένιο καρφί και μια δέσμη λεπτού σύρματος κουζίνας.

Ζητείται η γνώμη των μαθητών για πιθανή ερμηνεία του αποτελέσματος των πειραμάτων και κατά πόσο σχετίζονται τα φαινόμενα που παρατηρούν στα δύο πειράματα.

Βήμα 2: Δραστηριότητα με στόχο οι μαθητές να οδηγηθούν στο συμπέρασμα ότι όσο μικραίνουν οι διαστάσεις ενός κύβου αυξάνεται το πηλίκο επιφάνεια/όγκος.

Διαδικασία: Με χρήση ξύλινων κύβων καλούνται οι μαθητές να υπολογίσουν το πηλίκο της επιφάνειας προς τον όγκο κύβων διαφορετικών μεγεθών με στόχο να οδηγηθούν στο συμπέρασμα ότι ο τεμαχισμός ενός αντικειμένου οδηγεί στην αύξηση της συνολικής επιφάνειας, ενώ ο όγκος (και η μάζα) παραμένουν ίδια ή και ότι όσο μικραίνουν οι διαστάσεις ενός κύβου αυξάνεται το πηλίκο επιφάνεια/όγκος.

Βήμα 3: Μια ερμηνεία της αλλαγής κάποιων ιδιοτήτων όταν το μέγεθος είναι στην περιοχή του νανο.

Διαδικασία: Μέσω ερωτήσεων που συσχετίζουν τα πειράματα και τη δραστηριότητα με τους κύβους, διερευνάται κατά πόσο έγινε αντιληπτή η εξάρτηση του μεγέθους με την «αλλαγή» των ιδιοτήτων. Συζήτηση για ερμηνεία της αλλαγής κάποιων ιδιοτήτων όταν το μέγεθος είναι στην περιοχή του νανο.

Βήμα 4: Δραστηριότητες όπου εφαρμόζονται οι καινούριες γνώσεις που αποκτήθηκαν.

Διαδικασία: A) Πείραμα στο οποίο τοποθετούνται δύο λεπτά κομμάτια πατάτας, ένα ακέραιο και ένα κομματιασμένο σε δοκιμαστικούς σωλήνες με οξυζενέ. Καλούνται οι μαθητές να προβλέψουν τι θα συμβεί σχετικά με την ταχύτητα αντίδρασης και στη συνέχεια να ελέγξουν την πρόβλεψή τους. B) Δραστηριότητα με εφαρμογή excel. Οι μαθητές καλούνται χρησιμοποιώντας την εφαρμογή να αλλάζουν τη διάμετρο και να παρατηρούν τις αλλαγές στο πηλίκο επιφάνειας προς όγκο για σώματα με το σχήμα του φουλερενίου. Συγκρίνουν αυτό το πηλίκο από σώματα διαστάσεων του μακρόκοσμου έως και το φουλερένιο, που εξέτασαν στην προηγούμενη συνάντηση και παρατηρούν τη μεταβολή του.

Ευρήματα

Τα ευρήματα της έρευνας αναφέρονται παρακάτω ανά βήμα κάθε διδακτικής παρέμβασης.

1^ο Μάθημα

Βήμα 1: Την ύπαρξη του όρου νανοτεχνολογία γνώριζε ένα ποσοστό των μαθητών (6 από τους 15) από το σχολείο ή το οικογενειακό περιβάλλον. Θεωρούν ότι η νανοτεχνολογία είναι τεχνολογία που σχετίζεται με μικρά αντικείμενα, για παράδειγμα 5 μαθητές ανέφεραν την εργασία με μικροσκόπιο.

Βήμα 2: Οι περισσότεροι (9 μαθητές) είχαν πρόβλημα στην τάξη μεγέθους ακόμα και σε αντικείμενα του μακρόκοσμου (πχ διάμετρος στραγαλιού 1mm και όχι 1cm, γήπεδο ποδοσφαίρου 10 m).

Αρχικά, δεν είχαν αντίληψη του μεγέθους του νανόμετρου, έχουν την εντύπωση ότι είναι κοντά στο μέγεθος του πάχους μιας τρίχας, ακόμα και αυτοί που δήλωναν ότι το γνωρίζουν απ' το σχολείο ως υποπολλαπλάσιο του μέτρου.

Γενικά, πιστεύουν ότι το νανοσωματίδιο είναι μικρότερο απ' το κόκκο σκόνης και μεγαλύτερο απ' τον πυρήνα του ατόμου. Αντίθετα, δεν θεωρούν ότι το κύτταρο είναι μεγαλύτερο απ' το νανόμετρο, οι μισοί περίπου (7 μαθητές) πιστεύουν ότι το κύτταρο είναι μικρότερο από ένα νανοσωματίδιο.

Τα μη ορατά σωματίδια θεωρούν ότι είναι πολύ κοντά σε τάξη μεγέθους (π.χ. η αναλογία μεγέθους του μορίου νερού με ένα κύτταρο είναι όσο ο κόκκος άμμου με μικρό χαλίκι ή το βακτήριο αντιστοιχεί σε 10 nm)

Βήμα 3: Αρχικά υπήρχε μια δυσκολία ως προς την κατανόηση της λογαριθμικής κλίμακας τουλάχιστον στη μαθηματική έκφραση της, καθότι υπήρχε μια αντίληψη γραμμικότητας. Για παράδειγμα, σε 2 ομάδες, ενώ μεγάλωναν 100 φορές (δύο τάξεις μεγέθους), ανέφεραν ότι μεγάλωναν 20 φορές. Η δραστηριότητα με τις λωρίδες αποδείχθηκε λειτουργική, δεν υπήρχαν δυσκολίες στην εκτέλεση της και κατανοήθηκε η λογαριθμική κλίμακα κυρίως όσον αφορά την εποπτική της αντίληψη.

Βήμα 4: Η δραστηριότητα με την ταξινόμηση των καρτών και η εφαρμογή *scale of the universe* λειτούργησαν αποτελεσματικά. Η ενασχόληση των παιδιών με την εφαρμογή έγινε με ιδιαίτερη ευχαρίστηση. Πριν την εφαρμογή, όπως φάνηκε από τις κάρτες οι μαθητές μπέρδευαν τα μεγέθη στις μη ορατές οντότητες (DNA και χρωμόσωμα). Μετά την εφαρμογή τα έβαλαν στη σωστή σειρά. Επίσης, βοηθήθηκαν στη σύγκριση μεγέθους μη ορατών σωματιδίων που είχαν δυσκολευτεί αρχικά στο στάδιο της έκφρασης των ιδεών τους (πχ κύτταρο με μόριο).

Βήμα 5: Το βίντεο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής βοήθησε να γίνει αντιληπτό ότι η νανοτεχνολογία χειρίζεται την ύλη στο μέγεθος του νανόμετρου και να ενημερωθούν οι μαθητές για εφαρμογές της. Επίσης με την χρήση των οπτικοποιήσεων και των αναλογιών του βίντεο οι μαθητές βοηθήθηκαν να απαντήσουν στις σχετικές ερωτήσεις. Δυσκολία στους μισούς περίπου μαθητές φάνηκε να παρουσιάζει η κατανόηση της διαδικασίας «Bottom Up». Πράγματι, χρειάστηκε παρέμβαση του διδάσκοντα για να διευκρινιστεί αυτό το σημείο.

Βήμα 6: Δεν δυσκολεύτηκαν στις μετρήσεις με τον προτεινόμενο νάνο-χάρακα. Στις μετατροπές των μονάδων χρειάστηκε στους περισσότερους (σε 3 από τις 5 ομάδες) βοήθεια από το διδάσκοντα. Ωστόσο, η αναλογία που χρησιμοποιήθηκε βοήθησε να συνειδητοποιήσουν πόσο μικρό είναι το φουλερένιο.

2^ο Μάθημα

Βήμα 1: Η προβολή του βίντεο βοήθησε τους μαθητές να ενημερωθούν σχετικά με τις μορφές στις οποίες εμφανίζεται ο άνθρακας. Ιδιαίτερα επειδή το βίντεο δίνει έμφαση στο φουλερένιο και το νανοσωλήνα, οι μαθητές όλων των ομάδων ήταν σε θέση μετά την προβολή να το θυμούνται και να το αναφέρουν. Επίσης, οι μαθητές όλων των ομάδων ήταν σε θέση να ξεχωρίζουν τη μορφή του φουλερένιου και του νανοσωλήνα. Τονίζεται ότι δυσκολεύτηκαν (σε 4 ομάδες) να βρουν τη διαφορά στη δομή μεταξύ γραφίτη και διαμαντιού, ίσως επειδή δεν δόθηκε μεγάλη έμφαση στο βίντεο.

Βήμα 2: Το μοντέλο με την μπάλα βοήθησε καθοριστικά όλους τους μαθητές στην κατανόηση της μορφής του φουλερένιου και όλοι κατέληξαν για ποιο λόγο ονομάζεται C60.

Βήμα 3: Οι ομάδες έκαναν τις μετρήσεις και οδηγήθηκαν στα αποτελέσματα. Στο βήμα αυτό οι μαθητές βοηθούμενοι από τον διδάσκοντα δεν κατάφεραν μόνο να υπολογίσουν το ζητούμενο αλλά και να προσεγγίσουν την επιστημονική διαδικασία «μέτρηση». Συγκεκριμένα, σε κάποιες περιπτώσεις χρειάστηκε η παρέμβαση του διδάσκοντα γιατί τα παιδιά δεν είχαν αναπτύξει δεξιότητες πειραματισμού. Για παράδειγμα, κάποιιοι μαθητές (στις 3 από τις 5 ομάδες) βρίσκοντας μικρές διαφορές του λόγου διαμέτρου/πλευρά για κάθε μπάλα μέσα στα όρια του σφάλματος, ισχυρίζονταν

ότι ο λόγος δεν είναι σταθερός και έτσι χρειάστηκε η παρέμβαση του διδάσκοντα. Βοηθούμενοι, υπολόγισαν τη μέση τιμή και φάνηκε να κατανοούν την έννοια του πειραματικού σφάλματος.

Βήμα 4: Διδακτικά φάνηκε αποτελεσματική η μέθοδος που ακολουθήθηκε (ευρετική χρήση του μοντέλου). Οι μαθητές έδειξαν να εντυπωσιάζονται από το γεγονός ότι μπορεί να υπολογίσουν κάτι που δεν το βλέπουν. Τονίζεται όμως ότι παρουσιάστηκαν εμπόδια όσον αφορά τη μαθηματική επεξεργασία. Στις 4 ομάδες υπήρχαν μαθητές που δυσκολεύτηκαν στο μαθηματικό χειρισμό της αναλογίας (απλή μέθοδος των τριών).

Βήμα 5: Η δραστηριότητα βοήθησε τους μαθητές κατευθύνοντάς τους να αντιληφθούν «πόσο μικρό» είναι το φουλερένιο. Όλες οι ομάδες ανταποκρίθηκαν και θεωρήθηκε ευχάριστη δραστηριότητα, καθώς φάνηκε έκπληξη από τους μαθητές για το αποτέλεσμα. Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν από τους μαθητές, με αλληλοβοήθεια, αλλά και μικρή βοήθεια από το δάσκαλο καθώς παρουσιάστηκε δυσκολία στις 3 από τις 5 ομάδες στη χρήση των μαθηματικών, παρόλο που είχε προηγηθεί η παρέμβαση και στην προηγούμενη δραστηριότητα.

Βήμα 6: Σε όλες τις περιπτώσεις οι ομάδες ανταποκρίθηκαν στη δραστηριότητα. Βρήκαν τους τρεις τρόπους «περιτύλιξης» των πλεγμάτων και ακολούθως τους αντιστοίχισαν με τους τρεις τύπους νανοσωλήνων. Εξαιρείται μια ομάδα που οι μαθητές δεν κατάφεραν να βρουν τον τρόπο chiral.

Βήμα 7: Ήρθαν σε επαφή με τις εφαρμογές των νανοσωλήνων και των φουλερένιων. Ακολούθησε ζωνρή συζήτηση σχετικά με τα θέματα που τους εντυπωσίασαν. Εντύπωση τους έκαναν οι προοπτικές για τη μελλοντική χρήση στην ιατρική καθώς και οι ιδιότητες των υλικών που κατασκευάζονται από νανοσωλήνες.

3^ο Μάθημα

Βήμα 1: Η δραστηριότητα με το ντεπών πραγματοποιήθηκε από τους μαθητές με ευκολία και τους προκάλεσε μεγάλη ευχαρίστηση (ήθελαν να επαναλαμβάνουν συνεχώς το πείραμα). Στην πιθανή εξήγηση που τους ζητήθηκε δεν ανέφεραν κάτι σχετικό με την ενεργό επιφάνεια. Οι κυρίαρχες ερμηνείες τους ήταν ταυτολογίες, όπως «...επειδή είναι θρυμματισμένο». Εκφράστηκαν και ιδέες όπως «το ακέραιο κομμάτι εμποδίζει τον αέρα» ή «τα θρυμματισμένα πάνε πιο γρήγορα στον πυθμένα». Στη συνέχεια οι μαθητές παρατηρώντας και το πείραμα επίδειξης με την θέρμανση του καρφιού και του σύρματος κουζίνας, βρήκαν την σύνδεση/αναλογία των δύο πειραμάτων, δηλαδή ότι και στην δεύτερη περίπτωση ταχύτερα αναφλέγεται το «πολυτεμαχισμένο». Ωστόσο και πάλι δε δόθηκε ερμηνεία σχετική με την ενεργό επιφάνεια. Μίλησαν για διαφορετική πυκνότητα και ότι το «ακέραιο καρφί» είναι «πιο σκληρό», «πιο ανθεκτικό».

Βήμα 2: Όλες οι ομάδες ανταποκρίθηκαν χωρίς ιδιαίτερη βοήθεια στην προτεινόμενη δραστηριότητα με τους κύβους. Δε φάνηκε να παρουσιάζεται ιδιαίτερη δυσκολία και οι μαθητές κατέληξαν στα επιθυμητά συμπεράσματα.

Βήμα 3: Η προηγούμενη διαδικασία (με τους κύβους) βοήθησε τους μαθητές να δώσουν ερμηνεία στα πειράματα με ελάχιστη διαμεσολάβηση του διδάσκοντα. Φάνηκε να συνειδητοποίησαν ότι ο τεμαχισμός ενός σώματος επιφέρει αύξηση της ολικής επιφάνειας και τελικά ταχύτερη πραγματοποίηση «της αντίδρασης που παίζει ρόλο η επιφάνεια επαφής με το νερό». Η παρέμβαση του διδάσκοντα απαιτήθηκε προκειμένου να συζητήσει με τους μαθητές την «δραματική» αύξηση του πηλίκου επιφάνεια/όγκο στην περιοχή διαστάσεων του nano και την αλλαγή ιδιοτήτων που σχετίζονται με την επιφάνεια.

Βήμα 4: Όλες οι ομάδες έκαναν σωστή πρόβλεψη του πειράματος με την πατάτα και έδωσαν ικανοποιητική ερμηνεία. Σημαντικό ρόλο διαδραμάτισε η διασύνδεση με τις προηγούμενες δραστηριότητες που πραγματοποίησαν.

Σχετικά με τη δραστηριότητα στο excel, χρειάστηκε σε δύο από τις πέντε ομάδες η παρέμβαση του διδάσκοντα καθώς παρουσιάστηκε δυσκολία στα μαθηματικά (ιδιαίτερα στις δυνάμεις του 10). Ωστόσο, αφού κατέγραψαν την τιμή του πηλίκου επιφάνεια/όγκο για διαφορετικές τιμές της διαμέτρου, από τη συζήτηση που επακολούθησε, οι μαθητές φάνηκε να οδηγούνται στο συμπέρασμα ότι στο επίπεδο της νανοκλίμακας (φουλερένια – νανοσωλήνες) υπάρχει δραματική αύξηση του πηλίκου αυτού και πιθανόν να συνδέεται με αλλαγή κάποιων ιδιοτήτων.

Σύνοψη των ευρημάτων

Από τα ευρήματα της παρούσας έρευνας με την επιφύλαξη του σχετικά μικρού δείγματος προέκυψε ότι οι μαθητές/τριες:

- Πριν την εφαρμογή, ακόμα και αυτοί που γνώριζαν τον όρο νανοτεχνολογία από το σχολείο, το διαδίκτυο ή το οικογενειακό περιβάλλον, είχαν ασαφή άποψη γιατί το τι είναι η νανοτεχνολογία και δεν γνώριζαν κάποιες εφαρμογές της.
- Αντιμετώπισαν γνωστικές δυσκολίες, μάλλον αναμενόμενες για την ηλικία τους. Συγκεκριμένα, δεν γνώριζαν την διάταξη κατά μέγεθος των «αόρατων» σωματιδίων και δεν είχαν αντίληψη του σχετικού τους μεγέθους.
- Δυσκολεύτηκαν σε κάποιες φάσεις τόσο στην απαιτούμενη μαθηματική επεξεργασία όσο και λόγω εξοικείωσης με βασικές διαδικασίες της εργαστηριακής πρακτικής. Σε αυτές τις περιπτώσεις απαιτήθηκε για το ξεπέρασμα των εμποδίων η διαμεσολάβηση του διδάσκοντα.
- Αντιλήφθηκαν τον τρόπο διάταξης των ατόμων άνθρακα στα φουλερένια και στους νανοσωλήνες και μπόρεσαν να απαντήσουν σε αντίστοιχες ερωτήσεις. Η χρήση μοντέλων για τη διδασκαλία της δομής των φουλερενίων και των νανοσωλήνων αποδείχτηκε αποτελεσματική.
- Φάνηκε να «κατακτούν» την ερμηνεία ότι για την αλλαγή κάποιων ιδιοτήτων στην περιοχή της νανοκλίμακας σημαντικό ρόλο παίζει η σημαντική αύξηση του πηλίκου επιφάνεια προς όγκο, παρόλο που στις αρχικές τους ερμηνείες δε το είχαν αναφέρει. Με την προτεινόμενη διαδικασία, τις δραστηριότητες και την διαμεσολάβηση του διδάσκοντα φάνηκε να μην αντιμετωπίζουν ιδιαίτερη δυσκολία στην προαναφερόμενη ερμηνεία.
- Παρόλο που αρχικά είχαν στο μυαλό τους μια γραμμική κλίμακα για την αύξηση ή μείωση των μεγεθών κατά μια τάξη μεγέθους, η προτεινόμενη δραστηριότητα με τη σύγκριση λωρίδων χαρτιού φάνηκε αρκετά υποβοηθητική για την κατανόηση των διαφορών στις τάξεις μεγέθους.
- Συμμετείχαν με ευχαρίστηση στις προτεινόμενες δραστηριότητες, όπως για παράδειγμα το πείραμα με το ντεπόν ή στη χρήση της εφαρμογής scale of the universe. Οι δραστηριότητες ενεργοποίησαν τους μαθητές και σε συνδυασμό με τη χρήση του βίντεο τους βοήθησαν να κατακτήσουν τη γνώση που είχε τεθεί ως στόχος της διδασκαλίας καθιστώντας το ρόλο του δασκάλου συντονιστικό στο μεγαλύτερο μέρος της παρέμβασης.

Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε ότι με καλή προετοιμασία είναι δυνατόν να προσεγγίσουν οι μαθητές στην τελευταία τάξη της υποχρεωτικής εκπαίδευσης κεντρικές έννοιες από την περιοχή της νανοεπιστήμης και της νανοτεχνολογίας. Με άλλα λόγια είναι δυνατή μετά από κατάλληλο διδακτικό μετασχηματισμό, η διδασκαλία των παραπάνω εννοιών στους μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, συμπέρασμα στο οποίο κατατείνουν και άλλες έρευνες από το χώρο της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (Βελέντζας κ.ά., 2015).

Τέλος, η προτεινόμενη διδακτική ενότητα παρείχε την ευκαιρία στους μαθητές να ασχοληθούν με ένα επιστημονικό αντικείμενο που βρίσκεται στην αιχμή της έρευνας μέσα από μια διαθεματική / διεπιστημονική προσέγγιση. Θα μπορούσε η συγκεκριμένη διδακτική ενότητα να αποτελεί τμήμα όχι μόνο ενός αναλυτικού προγράμματος Φυσικών Επιστημών χωρίς στεγανά μεταξύ των επιστημών Φυσική - Χημεία - Βιολογία, αλλά με ορισμένες διαφοροποιήσεις, να είναι τμήμα και ενός προγράμματος Φυσικών Επιστημών – Τεχνολογίας – Μαθηματικών.

Αναφορές

- Bybee R. W. (2002). Scientific inquiry, student learning, and the science curriculum. In R. W. Bybee (Ed.). *Learning science and the science of learning*. Arlington, VA: NSTA Press.
- Erickson, F. (1998). Qualitative research methods for science education. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 1155–1173). Dordrecht: Kluwer Academic.
- Hingant B. & Albe V. (2010). Nanosciences and nanotechnologies learning and teaching in secondary education: a review of literature. *Studies in Science Education* 46, 121-152.
- Komorek, M., & Duit, R. (2004). The teaching experiment as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of non-linear systems. *International Journal of Science Education*, 26(5), 619–633.
- Laherto, A. (2012). *Nanoscience education for scientific literacy: opportunities and challenges in secondary school and in out- of -school settings*. Academic dissertation.
- Light, G., Swarat, S., Park, E. J., Drane, D., Tevaarwerk, E., & Mason, T. (2007). *Understanding undergraduate students' conceptions of a core nanoscience concept: size and scale*, In the *Proceedings of the International Conference on Research in Engineering Education*, June 23-24, 2007, Honolulu, Hawaii.

- Magana, A., Brophy, S. & Bryan L. (2012). An Integrated Knowledge Framework to Characterize and Scaffold Size and Scale Cognition. *International Journal of Science Education*, Vol. 34, No. 14, pp. 2181–2203
- Pierson H. O. (1993), *Handbook of Carbon, Graphite Diamond and Fullerenes-Properties, Processing and Applications*. Noyes Publications
- Ramsden, J. (2009). *Essentials of nanotechnology*. Bookboon
- Roco, M.C. (1999) Nanoparticles and nanotechnology research. *Journal of Nanoparticle Research* 1: 1–6.
- Rosso, M.A., (2001). *Origins, Properties and Applications of Carbon Nanotubes and Fullerenes*. California State University Fresno.
- Schulenburg, M. (2007). Νανοτεχνολογία. Καινοτομίες για τον αυριανό κόσμο. Ευρωπαϊκή Επιτροπή.
- Stevens S., Sutherland L. & Krajcik J. (2009). *The 'big ideas' of nanoscale science and engineering*. Arlington, VA: National Science Teachers Association Press.
- Swarat S., Light G., Park E. J. and Drane D. (2011). A typology of undergraduate students' conceptions of size and scale: Identifying and characterizing conceptual variation. *Journal of Research in Science Teaching*, 48, 512–533.
- Taczak , M.D. (2007), *Controlling the Structure and Properties of Carbon Nanotubes*, MITRE Corporation teaching and learning sequences in the domain of non-linear systems. *International Journal of Science Education*, 26(5), 619–633.
- Terrones, M. (2003), Science and Technology of the Twenty-First Century: Synthesis , Properties and Applications of Carbon Nanotubes, *Annual Reviews* 33:419-501
- Tomanek, D., (1996). Building a better world with buckyballs. *Journal of the Korean Physical Society*, Vol.23 pp. S609-S616.
- Βελέντζας Α., Δημητριάδη Κ., Αχιλλέας Μανδρίκας Α., Μαργαρίτης Α., Σάλτα Κ. (2015). Εφαρμογή Διδακτικής Ενότητας σε θέματα Νανοτεχνολογίας. *Πρακτικά 9^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*. Θεσσαλονίκη 8-10 Μαΐου 2015.
- Μιχαηλίδη Α. Α. (2013). Ανάπτυξη και αξιολόγηση διδακτικής μαθησιακής σειράς για τη νανοτεχνολογία στην υποχρεωτική εκπαίδευση. Αδημοσίευτη πτυχιακή εργασία, Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστημίου Κρήτης.
- Μπαμπαβέα Ε., Μπιμπλή Σ.Ι., Τσαντίλη-Κακουλίδου Α., (2008). Νανουλικά: Φουλερένια και Νανοσωλήνες Άνθρακα. Δομή, Φυσικές και Χημικές Ιδιότητες-Βιολογικές και Θεραπευτικές Εφαρμογές, *Φαρμακευτική* 21 , I, 10-21.

Η ρομποτική ως εργαλείο για την διδασκαλία της Φυσικής. Εφαρμογές για τις έννοιες της ισχύος και της ενέργειας

Μιχάλης Σεβδυνίδης

Φυσικός (P/H), Γερμανική Σχολή Θεσσαλονίκης, Εκπαιδευτήρια «Ο Απόστολος Παύλος»
mikesevd@gmail.com

Περίληψη

Η ρομποτική αποτελεί έναν συναρπαστικό τομέα εφαρμογών φυσικής και μέσα από τη χρήση των μεθόδων PBL (Project Based Learning και Problem Based Learning) δίνεται η ευκαιρία πειραματικής διδασκαλίας εννοιών όπως η ηλεκτρική ενέργεια και ισχύς μέσα από την εξυπηρέτηση πρακτικών σκοπών, όπως ο υπολογισμός του χρόνου κανονικής λειτουργίας για ένα ρομπότ-αυτοκίνητο (RC – Robot Car) με δεδομένες μπαταρίες για τροφοδοσία. Η διαδικασία απαιτεί από τους μαθητές να ερευνούν, να κατασκευάζουν και να εφαρμόζουν επιστημονική γνώση με αποτέλεσμα την κατανόησή της κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Οι μαθητές έχουν ισχυρό κίνητρο κατανόησης τόσο των εννοιών της φυσικής όσο και της μεθόδου έρευνας για τον υπολογισμό μεγεθών γιατί έτσι θα μπορέσουν να λειτουργήσουν σωστά το ρομπότ που κατασκευάζουν. Η χρήση του μικροελεγκτή arduino καθιστά οικονομικά εφικτή αυτή την προσέγγιση για το σχολείο αλλά και για τους μαθητές. Οι μαθητές ελέγχονται ως προς την καλλιέργεια του ενδιαφέροντός τους για τη φυσική και ως προς την κατανόηση των ζητούμενων εννοιών.

Λέξεις κλειδιά: ενέργεια, ισχύς, ρομποτική, arduino, PBL

Εισαγωγή

Οι μέθοδοι PBL (Mergendoller, 2009; Jeschke et al, 2008b) αποτελούν σύγχρονα εργαλεία διδασκαλίας διαδεδομένα όχι μόνο στη δευτεροβάθμια, αλλά και στην τριτοβάθμια εκπαίδευση. Εκτός της δυνατότητας εναλλακτικού τρόπου διδασκαλίας εννοιών φυσικής με ενεργό συμμετοχή των μαθητών έχουν ως στόχο και την καλλιέργεια δεξιοτήτων συνεργατικότητας, που έχουν μεγάλη σημασία ως επαγγελματική αρετή στην εποχή μας.

Η ορισμένη από την πολιτεία μέθοδος διδασκαλίας της φυσικής δεν επιτρέπει τη χρήση αυτής της μεθόδου, ωστόσο το μάθημα του project και η ύπαρξη ομίλων δραστηριοτήτων μετά το πρόγραμμα των μαθημάτων δίνει αυτή τη δυνατότητα με ένα επιπλέον θετικό στοιχείο: τη συμμετοχή μαθητών στο πρόγραμμα με επιλογή τους. Το γεγονός αυτό αυξάνει την πιθανότητα επιτυχίας του εγχειρήματος.

Στην παρούσα εργασία θα παρουσιαστεί ο τρόπος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτή η μέθοδος στη διδασκαλία εννοιών φυσικής μέσα από project ρομποτικής με βάση τον μικροελεγκτή arduino (ted.com, 2012). Ο arduino είναι ένας διάσημος μικροελεγκτής χαμηλού κόστους και ανοικτού κώδικα με πολύ εκτεταμένη παγκόσμια βιβλιογραφία, που επιτρέπει την εύκολη πρόσβαση σε «βοήθεια» σχεδόν σε οποιοδήποτε τεχνικό πρόβλημα.

Ο στόχος της εργασίας είναι να δείξει ότι υπάρχει η δυνατότητα ενός εναλλακτικού τρόπου διδασκαλίας της φυσικής που είναι αφενός συναρπαστικός για τους μαθητές, με συνέπεια το αυξημένο ενδιαφέρον τους, αφετέρου αποτελεσματικός στην σε βάθος κατανόηση από τους μαθητές βασικών εννοιών φυσικής. Όλα αυτά βεβαίως είναι σημαντικό ότι μπορούν να επιτευχθούν με χαμηλό κόστος εξοπλισμού.

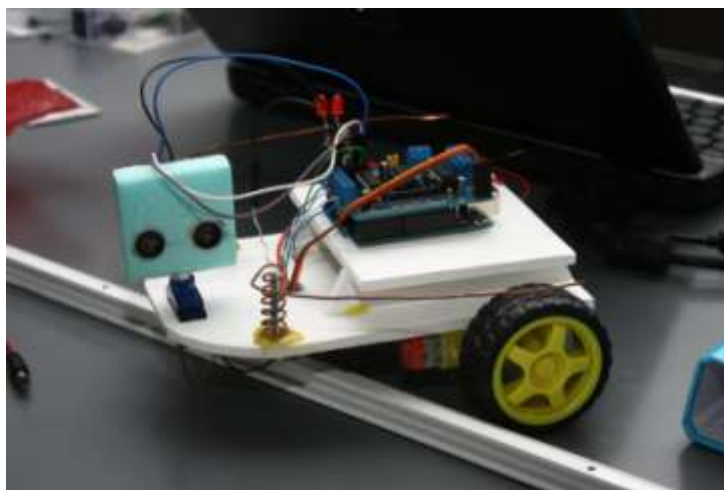
Η διδασκαλία της έννοιας ηλεκτρική ενέργεια και ισχύς με τις μεθόδους PBL

Το πλαίσιο εργασίας των μαθητών

Η διαδικασία που περιγράφεται στην παρούσα εργασία εφαρμόζεται σε δύο ομάδες μαθητών, με 22 μαθητές στην πρώτη ομάδα (18 της Β' γυμνασίου και 4 της Γ' γυμνασίου) και 8 μαθητές η 2^η ομάδα (2 της Β' γυμνασίου και 6 της Γ' γυμνασίου). Οι μαθητές στα πλαίσια ομίλου ρομποτικής αναπτύσσουν ένα ρομπότ αυτοκίνητο (ο κάθε μαθητής το δικό του) με αισθητήρα υπερήχων για τον εντοπισμό εμποδίων, με στόχο την αποφυγή τους (Εικόνα 1). Ο αισθητήρας βρίσκεται πάνω σε

κινητήρα servo, ώστε να λειτουργεί ως sonar. Το arduino χρησιμοποιεί ως είσοδο το σήμα από τον αισθητήρα υπερήχων και σύμφωνα με αυτόν ελέγχει δύο DC κινητήρες για την κατεύθυνση της κίνησής του RC. Επίσης ελέγχει ανεξάρτητα από την είσοδο που δέχεται, την κίνηση του servo και του αισθητήρα. Οι DC κινητήρες έχουν ανεξάρτητη τροφοδοσία, οπότε δεν επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας από το arduino, ούτε επηρεάζονται από αυτή.

Το project της παρούσας εργασίας έχει διάρκεια 4 δίωρα εργαστήρια και είναι μέρος ενός ετήσιου project, που έχει ως στόχο τη σχεδίαση και κατασκευή ενός πλήρως λειτουργικού RC με δυνατότητα αποφυγής εμποδίων. Οι μαθητές οφείλουν να μελετήσουν τις ενεργειακές ανάγκες του συστήματος ελέγχου του RC τους και σύμφωνα με τα συμπεράσματά τους να επιλέξουν την κατάλληλη τροφοδοσία.



Εικόνα 1. Το ρομπότ-αυτοκίνητο με το servo και τον αισθητήρα υπερήχων που κατασκευάζουν οι μαθητές

Το αρχικό γνωστικό υπόβαθρο των μαθητών

Οι μαθητές στη Β' γυμνασίου (αντίθετα από αυτούς της Γ' τάξης) δεν έχουν διδαχθεί στο σχολείο τις έννοιες του ηλεκτρισμού. Επίσης στην ύλη των δύο τάξεων υπάρχει η έννοια της ενέργειας και ισχύος και μάλιστα στη Γ' τάξη της ηλεκτρικής με τις αντίστοιχες εξισώσεις.

Όλοι οι μαθητές του ομίλου γνωρίζουν εμπειρικά τη σημασία της κανονικής τάσης λειτουργίας από τη χρήση μπαταριών στο RC τους. Στις πρώτες γνώσεις για το arduino ανήκει το αποδεκτό εύρος κανονικής τάσης λειτουργίας του. Επίσης διδάχθηκαν στην αρχή του project την έννοια του κλειστού ηλεκτρικού κυκλώματος και της έντασης ηλεκτρικού ρεύματος κατά την εκτέλεση projects με LEDs με στόχο την εξοικείωση με τις έννοιες αυτές και την εκμάθηση του προγραμματισμού του μικροελεγκτή. Ακόμη, γνωρίζουν τη σημασία και τον τρόπο μέτρησης της τάσης, από τον έλεγχο της τάσης των μπαταριών τους (παράλληλη σύνδεση βολτομέτρου και στοιχείου).

Η εφαρμογή των μεθόδων PBL

Το ευρύτερο project (αναπτύσσεται με τη μέθοδο Project Based Learning) στο οποίο εργάζονται οι μαθητές (RC) απαιτεί να ξεπεράσουν το γνωστικό τους επίπεδο εμβαθύνοντας σε συγκεκριμένες γνώσεις που εν μέρει παρέχονται άμεσα από τον διδάσκοντα και εν μέρει θα τις αποκτήσουν μετά από δική τους αξιολόγηση για την αναγκαιότητά τους (Σεβδυνίδη, 2015). Δε καλύπτονται αναλυτικά όλα τα θεωρητικά δεδομένα γύρω από τα θέματα στα οποία εμπλέκεται ο μαθητής. Στα πλαίσια του ετήσιου project οι μαθητές εργάζονται σε μικρές ομάδες 3-4 ατόμων με το ίδιο αντικείμενο έρευνας και προσωπικό στόχο του καθενός τη βέλτιστη κατασκευή. Η ανάπτυξη της συνεργατικότητας ως μοχλός μάθησης λειτουργεί σχεδόν αυτόματα, αφού ο διδάσκων πρακτικά είναι αδύνατο να καλύψει όλες τις απορίες. Εξάλλου ο έλεγχος από τον διδάσκοντα ενός μαθητή στο πως εξηγεί σε συμμαθητή του μια έννοια (επειδή του ζητήθηκε βοήθεια) είναι ένας αποδοτικός τρόπος διδασκαλίας με τη συμπλήρωση ή τη διόρθωσή του. Η παροχή βοήθειας από συμμαθητή σε συμμαθητή, πέρα από τα προσωπικά καθήκοντα καθενός στα πλαίσια της ομαδικής εργασίας είναι από τα βασικά κριτήρια αξιολόγησης στη μέθοδο του Project Based Learning (Mergedoller, 2009).

Αφού οι μαθητές δεχθούν τη βασική περιγραφή των απαιτούμενων εννοιών (φυσικά μεγέθη) και πως αυτά εμπλέκονται στο project ασχολούνται με την επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων για την επίτευξη του τελικού στόχου. Σε αυτά τα πλαίσια στην πραγματικότητα εφαρμόζεται η μέθοδος Problem Based Learning (PBL) (Woods, 2006; Jeschke et al, 2008b), όπου ο στόχος της επίλυσης ενός προβλήματος αναγκάζει τους μαθητές να αναζητήσουν τη σχετική θεωρία είτε μέσα από βιβλία, είτε μέσα από το διαδίκτυο ή ακόμα από τον διδάσκοντα ο οποίος έχει κι ένα ρόλο «εγκυκλοπαίδειας» (Hanafi et al, 2005). Πέρα από την απόκτηση γνώσεων μας ενδιαφέρει και η διδασκαλία της δεξιότητας του «μαθαίνω πως να μαθαίνω».

Συγκεκριμένα για τη διαδικασία του project της παρούσας εργασίας απαιτούνται τα παρακάτω βήματα:

1. Τίθεται στους μαθητές η «καθοδηγητική» ερώτηση. Με άλλα λόγια θέτουμε το στόχο στους μαθητές. Σε αυτήν την περίπτωση η ερώτηση μπορεί να είναι: «πόση ενέργεια καταναλώνει το RC σε 5 min κανονικής λειτουργίας;». Η ερώτηση θα μπορούσε να έχει και περισσότερο τεχνική μορφή με το ίδιο νόημα: «τι μπαταρίες χρειάζεται το RC για 5 min κανονικής λειτουργίας;»
2. Ακολουθεί μια συζήτηση για τη σε βάθος κατανόηση της ερώτησης και της σύνδεσής της με τα σχετικά φυσικά μεγέθη (Hake, 2004). Στα πλαίσια αυτά γίνονται ερωτήσεις κυρίως από τους μαθητές και απαντήσεις ή κατευθύνσεις για εύρεση απαντήσεων από τον διδάσκοντα. Στο τέλος αυτής της φάσης οι μαθητές θα πρέπει να έχουν αντιληφθεί τουλάχιστον περιγραφικά τις έννοιες της ισχύος και της ενέργειας (ηλεκτρικές).
3. Με βάση την «καθοδηγητική» ερώτηση, το ζητούμενο είναι να γίνει ένας πολύ συγκεκριμένος υπολογισμός, οπότε αναμένεται να ακολουθήσουν ερωτήσεις για το τεχνικό μέρος, δηλαδή πως θα μετρηθούν τα απαιτούμενα μεγέθη. Οι μαθητές έχουν ήδη από προηγούμενη φάση του project κάποια σχετική εμπειρία, οπότε αφήνονται να συζητήσουν μεταξύ τους - αρχικά - πιθανές λύσεις του προβλήματος.
4. Αφού μπορέσουν να σχηματοποιήσουν οι μαθητές τις τεχνικές λεπτομέρειες των μετρήσεων και τις αντιστοιχήσουν με την αντίστοιχη θεωρία της φυσικής (σύνδεση βολτομέτρου, αμπερομέτρου, νόμος του Ohm) αναμένεται να πραγματοποιήσουν την απαιτούμενη συνδεσμολογία (όπως του σχήματος 1).
5. Μετά την πραγματοποίηση των μετρήσεων ακολουθεί η διεξαγωγή υπολογισμών για την εξαγωγή συμπερασμάτων με την απαιτούμενη ακρίβεια, ώστε να υπάρξει κατάληξη σε συγκεκριμένες τεχνικές προτάσεις (π.χ. «για την καλή λειτουργία του συστήματος ελέγχου του RC απαιτείται μπαταρία των 11,1V χωρητικότητας 2200mAh για να λειτουργεί κανονικά επί 5min»).
6. Ακόμα μπορεί να διαπιστωθεί πειραματικά (αν υπάρχει η οικονομική δυνατότητα) και ο ρόλος της τάσης τροφοδοσίας στην απόδοση (Arons, 1992) επαναλαμβάνοντας τη διαδικασία με διαφορετικές πηγές . Σύμφωνα με τον Arons η ισχύς μεταφέρεται αποδοτικότερα με υψηλή παρά με χαμηλή διαφορά δυναμικού. Επομένως περιμένουμε αποδοτικότερη λειτουργία με μπαταρίες LiPo των 11,1V παρά των 7,4V με δεδομένο ότι το arduino απαιτεί για τη λειτουργία του, τάση εισόδου 7 έως 16V.

Στην παραπάνω διαδικασία και ειδικά στο βήμα 5, ο υπολογισμός της ενέργειας υπερβαίνει, λόγω των απαιτούμενων μαθηματικών, τις δυνατότητες των μαθητών και θα παρουσιαστεί σε αυτούς ως «μαύρο κουτί» με εισόδους και εξόδους. Η διαδικασία που ακολουθούν οι μαθητές υπόκειται σε κανόνες τόσο συμπεριφοράς (Mergendoller, 2009), όσο και επιστημονικής μεθοδολογίας. Οι μαθητές γνωρίζουν ότι την διαδικασία ακολουθεί και αυτοαξιολόγηση στη διαδικασία του project όπως φαίνεται στο φύλλο αξιολόγησης (παράρτημα).

Η διαδικασία αναφέρθηκε ότι απαιτεί 4 δίωρα εργαστήρια και η επιμέρους κατανομή χρόνου (αντιστοίχιση με τα παραπάνω βήματα) γίνεται ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των ομάδων των μαθητών (π.χ. αν προχωράνε ταχύτερα στο θεωρητικό ή στο τεχνικό μέρος).

Στοχευμένη και έμμεση παρακίνηση των μαθητών για έρευνα και μάθηση

Η λειτουργία του συστήματος ελέγχου του RC σύμφωνα με τον κώδικα που έχει εισαχθεί στο arduino επιτυγχάνεται μόνο όταν οι μπαταρίες που το τροφοδοτούν έχουν επαρκή ενέργεια. Οι μαθητές έχουν βιώσει τη σημασία του γεγονότος, με πειραματικό δεδομένο την αναξιόπιστη λειτουργία του αισθητήρα σε περίπτωση μη επαρκούς τροφοδοσίας. Για το λόγο αυτό, η επίτευξη

καλής τροφοδοσίας των RC που κατασκευάζουν, αποτελεί γι' αυτούς υψηλό κίνητρο και ο έλεγχός της σημαντικό στόχο.

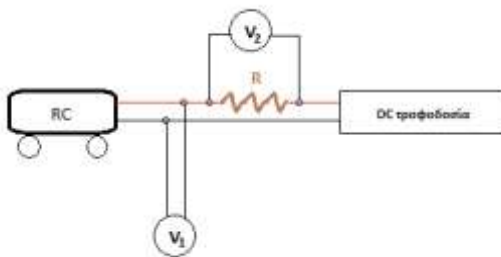
Στην πραγματικότητα το project ρομποτικής αποτελεί ένα συναρπαστικό αντικείμενο για τους μαθητές και η σε βάθος ενασχόλησή τους με αυτήν, αποτελεί έναν έμμεσο τρόπο πειραματικής προσέγγισης της φυσικής (Jeschke et al, 2008a) όχι ως αυτοσκοπό αλλά ως εργαλείο για την επίτευξη ενός ελκυστικού στόχου. Σε συνδυασμό με το γεγονός της προσέγγισης στο θέμα με τη μέθοδο «μαθαίνω δημιουργώντας» (learning by doing) αποφεύγεται η κλασική και κουραστική μέθοδος της πλήρους θεωρητικής κατάρτισης σε ένα θέμα φυσικής πριν την αξιοποίησής της. Με αποτέλεσμα οι μαθητές να μαθαίνουν την επιστήμη κυρίως ασκώντας την κι όχι απλά μαθαίνοντας πράγματα γι' αυτήν.

Η χρήση της ρομποτικής ως εργαλείο για τη διδασκαλία της φυσικής έχει ήδη αποδώσει καρπούς με απλούστερους τρόπους (όπου οι μαθητές δεν κατασκευάζουν αλλά χρησιμοποιούν ρομπότ), ενώ η διαδικασία ανεβάζει και την αυτοεκτίμηση των μαθητών στο αντικείμενο (Psycharis et al, 2008). Στο project της παρούσας εργασίας οι ίδιοι οι μαθητές κατασκευάζουν το ρομπότ πειραματιζόμενοι για τη βέλτιστη κατασκευή.

Το πείραμα

Η συζήτηση που περιγράφεται παραπάνω στο βήμα 2 της διαδικασίας του project πρέπει να φτάσει σε τέτοιο σημείο, ώστε οι μαθητές να έχουν αντιληφθεί ότι για τον υπολογισμό της ενέργειας E απαιτείται ο υπολογισμός της ισχύος P σε συνάρτηση με το χρόνο. Τότε αναμένεται να αναζητήσουν τρόπους μέτρησης της έντασης I του ρεύματος που διαρρέει το σύστημα (arduino – servo - αισθητήρας) και της τάσης V στα άκρα του συστήματος. Στα πλαίσια της συζήτησης και αναζήτησης των σχετικών πληροφοριών-θεωρίας θα πρέπει να γνωρίζουν τις απλές εξισώσεις που περιγράφουν τα μεγέθη της ηλεκτρικής ενέργειας και ισχύος. Τα βήματα 2 και 3 της διαδικασίας του project δεν μπορεί να θεωρηθούν «επιτυχημένα» αν παραμείνουν σε ένα θεωρητικό επίπεδο με ποιοτικά χαρακτηριστικά και μόνο, αλλά τότε που οι διαπιστώσεις-γνώσεις των μαθητών αποκτήσουν ποσοτικά στοιχεία δηλαδή αλγεβρική περιγραφή.

Οι μετρήσεις που αποσκοπούν στον υπολογισμό της ισχύος σε συνάρτηση με το χρόνο, γίνονται με τη χρήση της διάταξης που φαίνεται στο Σχήμα 1. Για τον υπολογισμό της στιγμιαίας ισχύος, πρέπει να μετρηθεί ταυτόχρονα η τάση στα άκρα του arduino (V_1) και η ένταση του ρεύματος που εισέρχεται σ' αυτόν. Η ένταση μετριέται έμμεσα από την τάση (V_2) στα άκρα γνωστής αντίστασης R (αν αυτή είναι 1 Ohm – του 1Watt κατά προτίμηση για να αντέξει σίγουρα στη διερχόμενη ένταση ρεύματος- τότε τάση και ένταση είναι αριθμητικά ίσες σύμφωνα με τον νόμο του Ohm, δηλαδή $I = I_2 = V_2/R$). Η μέτρηση γίνεται ασφαλώς και με αμπερόμετρο.



Σχήμα 1. Συνδεσμολογία πειραματικής διάταξης

Οι μαθητές θα πρέπει να είναι εξοικειωμένοι με τη χρήση βολτομέτρου κι έτσι μπορούν να συμπληρώσουν τον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Μετρήσεις που λαμβάνονται από τη διάταξη του Σχήματος 1

| I(mA) | V(V) | t(min) |
|-------|------|--------|
| | | 1 |
| | | 2 |
| | | 3 |
| | | 4 |
| | | 5 |

Από τις τιμές της έντασης του ρεύματος και της τάσης (I και V αντίστοιχα) οι μαθητές μπορούν εύκολα να υπολογίσουν τη στιγμιαία ισχύ P που καταναλώνεται στον μικροελεγκτή κάθε χρονική στιγμή, καθώς:

$$P=V \cdot I \quad (1)$$

Οι τιμές που προκύπτουν μπορούν εύκολα να προσεγγιστούν από μια ευθεία ελαχίστων τετραγώνων (Βαλασιιάδης, Ο. κ.ά., 2012), αφού έχουν μια σχεδόν γραμμική σχέση με το χρόνο. Η ευθεία περιμένουμε να έχει ελαφρώς αρνητική κλίση λόγω της μείωσης της ενέργειας που μπορεί να παράσχει η μπαταρία στο σύστημα. Η διαδικασία της εύρεσης της εξίσωσης ευθείας αποτελεί ένα «μαύρο κουτί» για τους μαθητές αλλά γνωρίζουν όμως τη μορφή της από τα μαθηματικά (γνωρίζουν εξισώσεις 1^{ου} βαθμού). Στη συνέχεια απομένει ο υπολογισμός της ενέργειας που καταναλώθηκε στο χρόνο διεξαγωγής του πειράματος. Ο υπολογισμός αυτός απαιτεί την ολοκλήρωση της συνάρτησης της ισχύος ως προς το χρόνο κάτι από το οποίο οι μαθητές θα δουν μόνο το αποτέλεσμα. Πρέπει να γνωρίζουν όμως πώς να συνδέσουν με εξίσωση, την ισχύ με την ενέργεια, δηλαδή την εξίσωση:

$$E= P \cdot t \quad (2)$$

Η σχέση (2) υπάρχει στην ύλη της φυσικής Γ' γυμνασίου.

Δίνεται η ευκαιρία να υποδειχθεί στους μαθητές από τα διαγράμματα (P,t) που έχουν προκύψει, ότι η ενέργεια αποτελεί γραφικά το εμβαδό μεταξύ της πειραματικής καμπύλης (ευθεία) και του άξονα του χρόνου.

Ο διδάσκων θα βρεθεί στην ανάγκη να κάνει έναν υπολογισμό της μορφής:

$$E = \int_0^T (a \cdot t + b) \cdot dt \quad (3)$$

Όπου T είναι ο συνολικός χρόνος των μετρήσεων και P= at+b η μορφή της εξίσωσης για την ισχύ, όπως υπολογίζεται με τη μέθοδο της ευθείας ελαχίστων τετραγώνων.

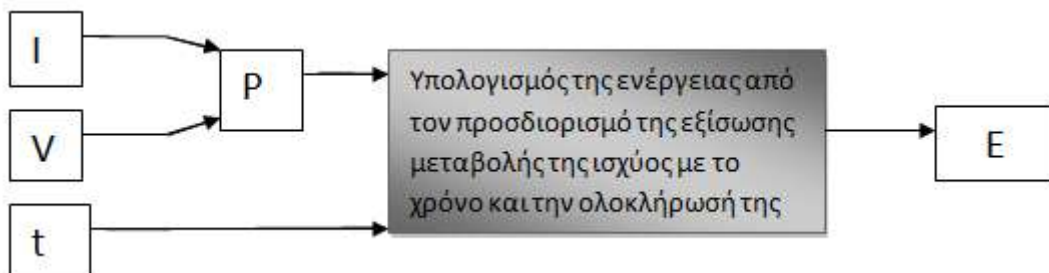
Η ενέργεια E που υπολογίζεται από το ολοκλήρωμα (3), καταναλώνεται στη λειτουργία του μικροελεγκτή, ενός κινητήρα servo και ενός αισθητήρα υπερήχων. Οι μετρήσεις έγιναν με τέτοιο τρόπο ώστε πραγματικά αφορούν σε όλη την καταναλισκόμενη ισχύ (ωφέλιμης και απωλειών) και στη συνέχεια ενέργεια. Με δεδομένο ότι η συνολική καταναλισκόμενη ισχύς που μετρήθηκε δίνεται από τη σχέση:

$$P_{tot} = P_a + P_s + P_{ser_0} + P_{ser_\omega} \quad (4)$$

Όπου P_a η καταναλισκόμενη ισχύς στο arduino, P_s η καταναλισκόμενη ισχύς στον αισθητήρα υπερήχων, P_{ser0} η καταναλισκόμενη ισχύς στον κινητήρα servo όταν δε στρέφεται, P_{serω} καταναλισκόμενη ισχύς στον κινητήρα servo ενώ στρέφεται με γωνιακή ταχύτητα ω.

Οι μαθητές μπορούν να επαναλάβουν το πείραμα για μια ποικιλία χρήσης των συστημάτων που προανέφερα. Δηλαδή μπορούν να διαπιστώσουν τη διαφορά στην κατανάλωση ενέργειας ανάλογα με τη συχνότητα των μετρήσεων του αισθητήρα και την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα. Το χρονικό βήμα λήψης μέτρησης από τον αισθητήρα υπερήχων, δηλαδή της μέτρησης της απόστασης ενός εμποδίου και η ταχύτητα περιστροφής του servo ελέγχονται με κατάλληλο κώδικα, που οι μαθητές έχουν ήδη εμπεδώσει και μπορούν να διαμορφώσουν κατά το δοκούν από προηγούμενη φάση του ετήσιου project.

Στο διάγραμμα του σχήματος 2 φαίνονται τα βήματα στις μετρήσεις και υπολογισμούς των μαθητών ενώ στο γκριζό κουτί υπάρχουν οι υπολογισμοί που διεξάγονται από τον διδάσκοντα και το αποτέλεσμα (η ενέργεια E) πρέπει να αξιολογηθεί από τους μαθητές.



Σχήμα 2. Διάγραμμα σειράς υπολογισμών στο πείραμα

Συμπεράσματα

Οι σύγχρονες μέθοδοι διδασκαλίας δίνουν με τον ένα ή τον άλλο τρόπο την πρωτοβουλία στη μαθησιακή διαδικασία στους μαθητές. Ο δασκαλοκεντρικός τρόπος διδασκαλίας δεν έχει θέση σε καμία από αυτές. Η πρωτοβουλία των μαθητών μπορεί να έχει τα ζητούμενα αποτελέσματα αν προέρχεται από ένα γνήσιο ενδιαφέρον για το θέμα, (αν όχι από όλους) τουλάχιστον από τους περισσότερους μαθητές. Εκεί ακριβώς έγκειται και η προσπάθεια των εκπαιδευτικών να «δημιουργήσουν» αυτό το ενδιαφέρον.

Η ρομποτική και μάλιστα με την πλατφόρμα του Arduino που είναι ανοικτού κώδικα, χαμηλού κόστους και μεγάλης υποστήριξης -τόσο στο θεωρητικό επίπεδο όσο και στις τεχνικές επιλογές-, δίνει την δυνατότητα όντας από την αρχή συναρπαστική για την πλειοψηφία των μαθητών, να γίνει ένα εργαλείο διδασκαλίας της φυσικής.

Η παρούσα εργασία δείχνει μία μέθοδο που υπηρετεί αυτήν την προοπτική. Από την περιγραφή της μεθόδου έχουν δοθεί οι δυνατότητες παραλλαγής της ίδιας εργασίας, ως διδακτικό σενάριο. Η μελέτη λειτουργίας των κινητήρων που ελέγχονται από το arduino αλλά και το πλήθος των αισθητήρων που συνδέονται με αυτό, δίνουν μια μεγάλη θεματολογία ανάλογων εργασιών.

Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις είναι αναγκαίο να εφαρμοστεί από τους μαθητές η μεθοδολογία της έρευνας, η οποία οδηγεί όχι απλώς στην παρατήρηση αλλά και στη δημιουργία. Η ελκυστικότητα του θέματος βοηθάει στη δημιουργία μιας θετικής στάσης απέναντι στη φυσική και στις σχετικές επιστήμες.

Αναφορές

- Arons, B.A. (1992). *Οδηγός Διδασκαλίας της Φυσική*. Εκδόσεις Τροχαλία 1992
- Hake, R.R.(2004). “*The Arons Advocated Method*”. American Journal of Physics, April 2004
- Hanafi,A, Rozhan,I, Fauziah,S (2005). *The effectiveness of problem-based learning in the web-based environment for the delivery of an undergraduate physics course* .International Educational Journal, 6(4), 430-437
- Jeschke,S., Vollmer, U., Wilke, M., Pfeifer, O.(2008). *Problem Based Learning in Academic Engineering with Robotics as a utility Vehicle*. Automation, Communication and Cybernetics in Science and Engineering 2009/2010 (p.281). Springer Science & Business Media 2011.
- Jeschke,S., Vollmer, U., Wilke, M., Pfeifer, O.(2008). *Robinson-Robotics and its applications for physics students* (pp. 115-119). Proceedings of the World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Health Care, and Higher Education. Las Vegas, USA, 17 November 2008. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Mergendoller, John R. (2009). *PBL STARTER KIT*. Buck Institute for Education, California, USA
- Sarantos Psycharis, Evi Makri-Botsari, Georgios Xynogalas (2008). *The use of Educational Robotics for the teaching of Physics and its relation to self-esteem*. Workshop Proceedings of SIMPAR 2008, Venice, Italy, 3-4, pp.132-142
- Ted.com (2012). http://www.ted.com/talks/massimo_banzi_how_arduino_is_open_sourcing_imagination. Jun 2012.
- Woods, Donald R. (3rd edition 2006). *Preparing for PBL*. McMaster University, Hamilton, Canada.
- Βαλασιάδης, Ο., Δημητρακόπουλος,Γ., Δημητριάδης, Χ., Ευαγγελινός,Δ., Παλούρα, Ε., Πολάτογλου, Χ., Σαμαράς, Ι., Χατζήκρανιώτης, Ε., Χρυσάφης, Κ. (2012). *Εργαστηριακές Ασκήσεις Γενικής Φυσικής*. Εκδόσεις City Publish Θεσσαλονίκη 2012
- Σεβδυνίδης, Μ. (2015). Σχεδίαση και κατασκευή μοντέλου υποβρυχίου με αυτόνομη λειτουργία (ρομπότ) ελεγχόμενο από μικροελεγκτή arduino. *Πρακτικά 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου για την προώθηση της Εκπαιδευτικής Καινοτομίας*, 1, 582-593. Λάρισα.

Παράρτημα

ΑΥΤΟΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΟΥ PROJECT

Σκέψου τι έκανες στο project και πόσο καλά πήγε αυτό.

Γράψε τα σχόλιά σου στη δεξιά στήλη.

| | |
|---------------|--|
| Όνομα μαθητή: | |
|---------------|--|

| | |
|--|--|
| Τίτλος project: | |
| Καθοδηγητική ερώτηση: | |
| Λίστα κυριότερων βημάτων του project: | |
| Για τον εαυτό σου | |
| Ποιό είναι το σημαντικότερο πράγμα που έμαθες στο project; | |
| Σε τι θα ήθελες να είχες αφιερώσει περισσότερο χρόνο ή να είχες κάνει διαφορετικά; | |
| Σε ποιό μέρος του project έκανες την καλύτερη δουλειά σου; | |
| Για το project | |
| Ποιό ήταν το πιο ευχάριστο μέρος του project; | |
| Ποιό ήταν το λιγότερο ευχάριστο μέρος του project; | |
| Πως θα μπορούσε ο καθηγητής σου να αλλάξει το project ώστε να το κάνει καλύτερο την άλλη φορά; | |

Ευρετήριο Συγγραφέων

- Αναστασάκης, 99, 227, 471
Αρτέμη, 87, 373, 543
Βαβέτση, 87
Βελέντζας, 425, 579
Βελκόπουλος, 379
Γεωργίου, 67
Γιαννέλος, 373
Γκιγκούδη, 489
Δάμτση, 507
Δεβελάκη, 363
Δίντσιος, 87, 373, 543
Ελληνούδης, 187
Ζαφειριάδης, 29
Ζαχαρία, 533
Θεοδωροπούλου, 553
Ιντζίδου, 19
Ιωάννου, 125, 379
Καζοπούλου, 137
Καλογήρου, 67, 345
Καλογιαννάκης, 167
Καράμπελας, 497
Κατέρης, 425
Κολιόπουλος, 563, 569
Κολοκούρη, 395
Κονδύλης, 67
Κορακάκη, 217
Κορφιάτης, 533
Κοτίνη, 301
Κούζας, 309
Κουμαράς, 195, 337
Κουμτζής, 59
Κούτσιανος, 293
Κουτσούκου, 433
Κωνσταντινίδου, 507
Κώτσης, 43, 205, 523
Λάζος, 179, 425
Λουμπουτσκού, 301
Μαΐδου, 59, 87
Μανδηλιώτης, 29, 125, 187
Μαρκογιαννάκης, 99, 227, 289
Μαυρίδης, 523
Μαυρόπουλος, 319
Μέλη, 569
Μουρούζης, 107
Μπαγιώργας, 265
Μπακολίτσας, 265
Μπίρμπα, 67
Μπίτσιος, 309
Μπολανάκης, 205
Μπουμπούλης, 51
Νάννη, 415
Νασίκα, 353, 441
Νέζης, 345
Νικολοπούλου, 277
Νούση, 77
Νούσης, 383, 451
Ντασιώτης, 265
Ντελής, 295
Ντόζης, 373
Παλούμπα, 125
Παπαδόπουλος, 87
Παπαθανασίου, 19
Παπακαλοδούκας, 301
Παυλικάκης, 325
Πιερράτος, 481
Πλακίτση, 395, 405
Πλιάκου, 243
Πολάτογλου, 59, 87, 543
Πολυζώης, 51, 325, 433
Πολυκαρπούλου, 115
Ποτηριάδου, 563
Πράμας, 37
Πριμεράκης, 195
Σεβδυνίδης, 589
Σκουμιάς, 137, 147, 157
Σουσαμίδου, 87
Σπανός, 235
Σταμάτης, 251
Σταματοπούλου, 579
Σταμούλης, 405
Σταυρίδης, 379
Στεφανή, 259
Στυλιανακάκης, 289, 471
Στύλος, 523
Τακουρίδου, 43
Τσαγλιώτης, 297
Τσακμάκη, 337, 481
Τσαλακός, 115
Τσαπαρλής, 51
Τσέτσος, 147
Τσοβόλας, 265
Τσουόκος, 425
Φανουράκη, 461
Χαραλάμπους, 533
Χαρατζόπουλος, 325
Χατζηγεωργίου, 277
Χατζηπαύλου, 515
Χιωτέλης, 553

ISBN: 978-960-93-8075-1