

# Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση



Το εξώφυλλο του περιοδικού θα φιλοξενεί σε κάθε τεύχος μια φωτογραφία που έχει υποβληθεί ηλεκτρονικά στη συντακτική επιτροπή για αυτό το σκοπό. Η φωτογραφία, η οποία θα είναι πρωτότυπη και δεν θα προέρχεται από το διαδίκτυο ή από κάποιο έντυπο, πρέπει να συνδέεται με ένα φαινόμενο που είναι αντικείμενο διαπραγμάτευσης των Φυσικών Επιστημών. Ο αποστολέας της φωτογραφίας μπορεί να τη συνοδεύει με ένα σύντομο επεξηγηματικό σχόλιο.

Η φωτογραφία του τρέχοντος εξωφύλλου έχει ληφθεί από την κ. Βασιλική Ζαχαρούλη κάπου στη Χαλκιδική. Ένα τραπεζάκι, με τρία πόδια, φιλοξενεί ένα φλιτζάνι με καφέ. Γιατί το τραπεζάκι έχει τρία και όχι τέσσερα πόδια, που είναι πιο συνηθισμένο; Ενδεχομένως να πρόκειται για μία εύκολη απάντηση. Ας προβληματιστούμε όλοι μας, ωστόσο, πόσο ασυνήθιστο είναι να τεθεί μία τέτοια ερώτηση στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού μας συστήματος!

Στείλτε μας την απάντησή σας και τη διδακτική σας πρόταση στην ηλεκτρονική διεύθυνση [physcool@auth.gr](mailto:physcool@auth.gr). Οι πιο ενδιαφέρουσες θα δημοσιευτούν στο επόμενο τεύχος. Δείτε σχετικά με την ερμηνεία για τη φωτογραφία του 10<sup>ου</sup> τεύχους στις σελίδες 83-85.

|                                                                                                                                             |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Editorial</b>                                                                                                                            | 4     |
| <b>Για το περιοδικό</b>                                                                                                                     | 5-6   |
| <b>Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό</b>                                                                                           |       |
| Παιδαγωγικές δράσεις για την υποστήριξη της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών σε ολιγοθέσια δημοτικά σχολεία, <i>Τ. Σπυρόπουλος</i>         | 7-15  |
| Πρόταση πειραματικής διδασκαλίας της οπτικής στο Δημοτικό Σχολείο <i>Γ. Στυλιανακάκης και Ν. Αναστασάκης</i>                                | 17-28 |
| <b>Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο</b>                                                                            |       |
| Λανθασμένες εφαρμογές του νόμου του Bernoulli, <i>Π. Κουμαράς και Γ. Πριμεράκης</i>                                                         | 29-41 |
| <b>Μέσα στην τάξη</b>                                                                                                                       |       |
| Αλλάζοντας... τη βαρύτητα με ένα παιχνίδι. Η επίδραση της βαρύτητας στην περίοδο ενός εκκρεμούς, <i>Π. Λάζος</i>                            | 43-50 |
| Η αξιοποίηση του πειράματος για διαμορφωτική αξιολόγηση στο μάθημα της Φυσικής. Το Δέκαθλο Φυσικής, <i>Γ. Τσαλακός και Μ. Πολυλαρπούλου</i> | 51-63 |
| Μια επίδειξη της αναδίπλωσης των πρωτεϊνών, <i>Σ. Γιαγτζόγλου</i>                                                                           | 65-73 |
| <b>Σκουπιδομαζέματα - επιστημοσκορπίσματα</b>                                                                                               |       |
| Εργαστηριακές ασκήσεις Χημείας Λυκείου με καθημερινά υλικά, <i>Α. Γκιγκούδη</i>                                                             | 75-80 |
| <b>Πρόκειται να συμβούν</b>                                                                                                                 | 81    |
| <b>Γράψατε για το εξώφυλλο</b>                                                                                                              | 83-85 |
| <b>Ευρετήριο συγγραφέων</b>                                                                                                                 | 86    |

## Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση – ISSN 2241-7680

### Εκδοτική ομάδα

**Κουμαράς Παναγιώτης**, Καθηγητής Π.Τ.Δ.Ε. του Α.Π.Θ.  
**Μουρούζης Παναγιώτης**, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Κέρκυρας  
**Πιερράτος Θεόδωρος**, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Ευόσμου  
**Πολάτογλου Χαρίτων**, Καθηγήτριας Τμ. Φυσικής του Α.Π.Θ.

### Διαχείριση δικτυακού τόπου

**Αρτέμη Σταματία**, Υπ. Διδάκτορας Τμ. Φυσικής του Α.Π.Θ.

### Συντακτική ομάδα

**Κουμαράς Παναγιώτης**, Καθηγητής Π.Τ.Δ.Ε. του Α.Π.Θ.  
**Πιερράτος Θεόδωρος**, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Ευόσμου  
**Πολάτογλου Χαρίτων**, Καθηγήτριας Τμ. Φυσικής του Α.Π.Θ.

### Επιμέλεια Εξώφυλλου

**Μαΐδου Ανθούλα**, Εκπ/κος Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης

### Επιστημονική Επιτροπή

**Αυγολούπης Σταύρος**, Καθηγητής του Π.Τ.Δ.Ε. του Α.Π.Θ.  
**Βαλαδάκης Ανδρέας**, Δρ. Φυσικής, Εκπ/κός Δ/βάθμιας Εκπ/σης  
**Δαπόντες Νίκος**, π. Σχ. Σύμβουλος ΠΕ04  
**Δομουχτσίδου Γαρυφαλλιά**, Δρ. Βιολογίας, Εκπ/κός Δ/βάθμιας Εκπ/σης  
**Καλογιαννάκης Μιχάλης**, Λέκτορας του Π.Τ.Π.Ε. του Παν. Κρήτης  
**Κουμαράς Παναγιώτης**, Καθηγητής του Π.Τ.Δ.Ε. του Α.Π.Θ.  
**Μαυρόπουλος Αβραάμ**, Δρ. Επιστ. Αγωγής, Σχ. Σύμβουλος ΠΕ04 Στερεάς Ελλάδας  
**Μουρούζης Παναγιώτης**, Φυσικός Ρ/Η, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Κέρκυρας  
**Παπασταματίου Νίκος**, Φυσικός, επίτιμος Σχ. Σύμβουλος ΠΕ04  
**Πιερράτος Θεόδωρος**, Δρ. Διδακτικής της Φυσικής, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Ευόσμου  
**Πλακίτση Κατερίνα**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Π.Τ.Ν. του Παν. Ιωαννίνων  
**Πολάτογλου Χαρίτων**, Καθηγήτριας του Τμήματος Φυσικής Α.Π.Θ.

**Πράμας Χρήστος**, Δρ. Διδακτικής της Φυσικής, Σχ. Σύμβουλος Π/βάθμιας Εκπ/σης Σερρών  
**Πριμεράκης Γιώργος**, Δάσκαλος Π/βάθμιας Εκπ/σης  
**Ρούμελης Νικόλαος**, Δρ. Χημείας, Σχ. Σύμβουλος ΠΕ04 Κυκλάδων  
**Σκουμιός Μιχάλης**, Λέκτορας του Π.Τ.Δ.Ε. του Παν. Αιγαίου  
**Σολομωνίδου Χριστίνα**, π. Καθηγήτρια του Π.Τ.Δ.Ε. του Παν. Θεσσαλίας  
**Σπανός Σεραφείμ**, Δρ. Φυσικής, Εκπ/κός Δ/βάθμιας Εκπ/σης  
**Σταυρίδου Ελένη**, π. Καθηγήτρια του Π.Τ.Δ.Ε. του Α.Π.Θ.  
**Τσαγλιώτης Νεκτάριος**, Δάσκαλος Π/βάθμιας Εκπ/σης  
**Τσιτοπούλου-Χριστοδουλίδη Ευγενία**, Υπεύθυνη Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω  
**Φανουράκη Ελευθερία**, Δρ. Βιολογίας, Υπεύθυνη 1ου Ε.Κ.Φ.Ε. Ηρακλείου  
**Φασουλόπουλος Γιώργος**, Δρ. Διδακτικής της Φυσικής, Εκπ/κός Δ/βάθμιας Εκπ/σης  
**Χαλκιά Κρυσταλία**, Καθηγήτρια του Π.Τ.Δ.Ε. του Ε.Κ.Π.Α.  
**Χαραλάμπους Μάριος**, Δρ. Διδακτικής της Φυσικής, Εκπ/κός Π/βάθμιας Εκπ/σης Κύπρου

## Editorial – Ιούνιος 2016

Σας καλωσορίζουμε στο 11ο τεύχος του περιοδικού.

Το παρόν τεύχος φιλοξενεί επτά εργασίες. Πέρα από τις ενδιαφέρουσες εργασίες που φιλοδοξούν να:

- σας προβληματίσουν για το πώς θα έπρεπε να διδάσκονται τα μαθήματα Φυσικών Επιστημών στα ολιγοθέσια Δημοτικά Σχολεία,
- σας προσφέρουν εναλλακτικές πειραματικές λύσεις που αξιοποιούν παιχνίδια του εμπορίου,
- σας δώσουν ιδέες για πειράματα και δραστηριότητες στο μάθημα της Βιολογίας,

θα βρείτε και τέσσερις εργασίες οι οποίες παρουσιάστηκαν στο Πανελλήνιο Συνέδριο «Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες» που οργανώθηκε από το Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Α.Π.Θ., το Τμήμα Φυσικής του Α.Π.Θ. και την Πανελλήνια Ένωση Υπευθύνων Εργαστηριακών Κέντρων Φυσικών Επιστημών (ΠΑΝ.Ε.Κ.Φ.Ε.), στη Θεσσαλονίκη στις 16 και 17 Απριλίου του 2016.

Το συνέδριο παρακολούθησαν περισσότεροι από 500 σύνεδροι προερχόμενοι από όλη την Ελλάδα και την Κύπρο. Παρουσιάστηκαν 77 εργασίες κατανεμημένες σε 5 συνεδρίες για την Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, 10 συνεδρίες για τη

Δευτεροβάθμια και 6 workshops. Στα workshops παρουσιάστηκαν πειράματα Φυσικών Επιστημών είτε hands-on είτε από απόσταση. Έγιναν 2 στρογγυλά τραπέζια και μία ειδική συνεδρία στη μνήμη του Ανδρέα Κασσέτα, ενώ δόθηκαν δύο κεντρικές ομιλίες. Τα θέματα που παρουσιάστηκαν κάλυψαν πολλές περιοχές: διδακτικές προτάσεις με πειράματα, προσομοιώσεις και πραγματικά, πειράματα από απόσταση, άτυπες μορφές εκπαίδευσης, ζητήματα αξιολόγησης της πειραματικής διδασκαλίας και πειραματική διδασκαλία για άτομα με αναπηρίες. Καλύφθηκαν διάφορα ζητήματα Φυσικής, Χημείας και Βιολογίας, με την πρώτη να έχει τη μερίδα του λέοντος.

Ευελπιστούμε ότι το απόσταγμα των εμπειριών και των ιδεών του Συνεδρίου αυτού που έχει καταγραφεί στα πρακτικά που είναι ελεύθερα διαθέσιμα στη διεύθυνση: <http://physcool.web.auth.gr/synedrio2016/index.php/2013-05-09-16-11-49>,

να εμπνεύσει όλους μας και να αποτυπωθεί υπό τη μορφή μελλοντικών άρθρων από συναδέλφους όλων των βαθμίδων εκπαίδευσης που θα φιλοξενηθούν σε αυτό το περιοδικό.

Εκ μέρους της εκδοτικής ομάδας  
Χαρίτων Πολάτογλου

## **Πρόσκληση για εργασίες**

Καλωσορίζουμε εργασίες τριών κατηγοριών:

A) Θεωρητικές εργασίες, που θα ενημερώνουν τους δάσκαλους της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης και τους καθηγητές Φυσικών Επιστημών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης για τις απαντήσεις που διεθνώς δίνονται σήμερα στα ερωτήματα (σε ένα ή περισσότερα):

- Γιατί η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών αποτελεί αναγκαιότητα της εκπαίδευσης σήμερα;
- Τι να συμπεριληφθεί ως περιεχόμενο διδασκαλίας στα μαθήματα Φυσικών Επιστημών;
- Πώς να διδαχθεί το συγκεκριμένο περιεχόμενο;
- Γιατί, πώς και σε τι να αξιολογηθούν οι μαθητές;  
και επιπλέον,
- Θέματα Φυσικών Επιστημών που συνήθως παρουσιάζονται λανθασμένα σε σχολικά βιβλία.

Είναι επιθυμητό κάθε ένα από τα άρθρα που εμπίπτει σε αυτές τις θεματικές περιοχές να μην ξεπερνά σε έκταση τις 3.000 περίπου λέξεις, χωρίς τις εικόνες ή πίνακες που τυχόν θα περιλαμβάνει.

B) Εργασίες “της πρώτης γραμμής” που θα παρουσιάζουν καλές ιδέες και πρακτικές άμεσα εφαρμόσιμες και χρήσιμες στην τάξη και θα αναφέρονται:

- Σε σχέδια εργασίας (projects) Φυσικών Επιστημών που έχουν εφαρμοστεί «επιτυχώς» στη σχολική τάξη
- Στην αξιοποίηση των Τ.Π.Ε. στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών
- Σε συγκεκριμένες πρακτικές αξιοποίησης της ιστορίας των Φυσικών Επιστημών στην τάξη,
- Σε πρωτότυπες/καινοτόμες διαδικασίες που έχουν γίνει και αφορούν την αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών για τις Φυσικές Επιστήμες
- Σε πειράματα Φυσικών Επιστημών, τα οποία κατά προτίμηση δεν απαιτούν εξειδικευμένο εργαστηριακό εξοπλισμό, που συνδέονται με συγκεκριμένη διδακτέα ύλη π.χ. πρόσθεση ή αντικατάσταση κάποιου πειράματος σε συγκεκριμένη ενότητα του σχολικού βιβλίου ή του αντίστοιχου εργαστηριακού οδηγού
- Σε καταστάσεις της καθημερινής ζωής που μπορούν να αξιοποιηθούν διδακτικά κατά τη διδασκαλία συγκεκριμένης διδακτέας ύλης.

Ουσιαστικά μέσα από τα άρθρα αυτής της κατηγορίας επιδιώκεται η διάχυση των διδακτικών εμπειριών μας. Είναι επιθυμητό κάθε ένα από τα άρθρα που εμπίπτει σε αυτές τις θεματικές περιοχές να μην ξεπερνά σε έκταση τις 3.000 περίπου λέξεις, χωρίς τις εικόνες ή πίνακες που τυχόν θα περιλαμβάνει.

Γ) Μεταφρασμένα σημαντικά άρθρα που έχουν δημοσιευτεί στη διεθνή βιβλιογραφία και αφορούν τη διδασκαλία ενός τουλάχιστον τομέα των Φυσικών Επιστημών. Η έκταση αυτών των

άρθρων θα είναι όση και η έκταση των πρωτότυπων. Παρακαλούνται οι συνάδελφοι που έχουν υπόψη τους άρθρο κατάλληλο για αυτή τη στήλη, πριν ξεκινήσουν τη μετάφρασή του, να επικοινωνήσουν με τη συντακτική επιτροπή του περιοδικού ώστε να εξασφαλιστεί η σχετική άδεια του αρχικού εκδότη.

Οι εργασίες των δύο πρώτων κατηγοριών που θα υποβάλλονται στο περιοδικό θα γίνονται δεκτές ή όχι για δημοσίευση μετά από διπλή τυφλή κρίση. Από τους συγγραφείς των εργασιών που θα γίνουν δεκτές για δημοσίευση θα ζητηθεί να στείλουν μια μικρή φωτογραφία τους, τύπου ταυτότητας, και σύντομο βιογραφικό σημείωμα (50-70 λέξεις). Οδηγίες για τη συγγραφή των εργασιών θα βρείτε στο δικτυακό τόπο του περιοδικού.

Ερωτήσεις, κριτική και σχόλια σε άρθρα που έχουν δημοσιευτεί στο περιοδικό γίνονται ευχαρίστως δεκτά. Σε περίπτωση σχολίων, αν η συντακτική επιτροπή του περιοδικού κρίνει, οι συγγραφείς που τα υποβάλλουν θα κληθούν να επικοινωνήσουν άμεσα με τον συγγραφέα του αρχικού άρθρου, και, αν συμφωνήσουν σε ένα κείμενο, αυτό να δημοσιευτεί και με τα δύο ονόματα. Εάν αυτό δεν είναι εφικτό, θα υπάρχει χωριστά το σχόλιο και η απάντηση αν βέβαια αυτή θεωρείται αναγκαία. Σε κάθε περίπτωση και τα σχόλια θα περνούν από διαδικασία της διπλής τυφλής κρίσης.

Επιπλέον στο περιοδικό σχεδιάζεται να υπάρχουν:

- Στήλη αλληλογραφίας, μέχρι 250 λέξεις ανά επιστολή
- Παρουσίαση και κριτική βιβλίων ή δικτυακών τόπων σχετικών με το αντικείμενο του περιοδικού
- Ανακοινώσεις επικείμενων συνεδρίων, ημερίδων κτλ σχετικών με το αντικείμενο του περιοδικού
- Στο τεύχος του Ιουνίου κάθε χρονιάς θα δημοσιεύεται ευρετήριο συγγραφέων και εργασιών που έχουν δημοσιευτεί στο περιοδικό την τρέχουσα ακαδημαϊκή χρονιά.

Αν θα θέλατε να συζητήσουμε οποιαδήποτε άλλη δική σας ιδέα, που να προωθεί τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, παρακαλούμε επικοινωνήστε με τη συντακτική επιτροπή του περιοδικού στην ηλεκτρονική διεύθυνση: [physcool@auth.gr](mailto:physcool@auth.gr).

### **Παιδαγωγικές δράσεις για την υποστήριξη της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών σε ολιγοθέσια δημοτικά σχολεία**

**Τρύφων Σπυρόπουλος**

Το ολιγοθέσιο δημοτικό σχολείο αποτελεί έναν τύπο σχολείου που βρίσκεται κυρίως σε νησιωτικές και ορεινές περιοχές, δηλαδή απομονωμένες και δυσπρόσιτες, και στο οποίο διαφορετικές τάξεις είναι ταυτόχρονα στην ίδια αίθουσα (Μπρούζος, 2002; Φύκαρης, 2002). Το ολιγοθέσιο είναι ένα πολυσύνθετο σχολείο και διαφοροποιείται από ένα εξαθέσιο, για παράδειγμα, διότι:

- το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (ΑΠΣ) παραμένει ίδιο (Φύκαρης, 2002, σ. 34; Χαρίτος, 2008) χωρίς να υπάρχει κάποια πρόβλεψη για τη διαχείριση των ιδιαίτερων διδακτικών καταστάσεων που δημιουργούνται από την ταυτόχρονη παρουσία διαφορετικών ηλικιών στην ίδια αίθουσα
- ο εκπαιδευτικός έχει ως σημαντική στρατηγική τη διαμόρφωση ενός πλαισίου συνδιδασκαλίας, όποτε είναι εφικτό, ενώ εξακολουθεί να είναι αναγκαία και η αλληλοδιδασκτική μέθοδος (Καρράς, 2014)
- βασικό χαρακτηριστικό της καθημερινής πρακτικής είναι οι σιωπηρές εργασίες (Φύκαρης, 2002, σ. 37): όταν ο εκπαιδευτικός ασχολείται διδακτικά με κάποια τάξη οι μαθητές των άλλων τάξεων εργάζονται σιωπηρά με φωτοτυπίες που περιέχουν πρόσθετο υλικό, με λογισμικό για παιχνίδια μάθησης ή εξάσκησης, με συνθετικές εργασίες (projects). Έτσι ο εκπαιδευτικός έχει τη δυνατότητα να υλοποιήσει το διδακτικό του έργο για κάθε τάξη ξεχωριστά, σύμφωνα με τους στόχους του ΑΠΣ.

Όπως προαναφέρθηκε, ο εκπαιδευτικός του ολιγοθέσιου έχει ελάχιστη καθοδήγηση για τη μεθόδευση της διδασκαλίας του από το Πρόγραμμα Σπουδών η οποία συνήθως είναι της μορφής απλών επισημάνσεων για ποιες δραστηριότητες μπορούν να μη διδαχθούν στα ολιγοθέσια (π.χ.

Κακακδιάρης κ.ά, 2007, σ. 43). Παρότι αυτός ο τύπος σχολείου είναι απαιτητικός και έχει αξιολογηθεί ως λύση άμεσης ανάγκης (Κολοβός, 2004), αφού δεν υπάρχει εναλλακτικό σχέδιο που να ικανοποιεί τις ιδιαίτερες συνθήκες της «υπαίθρου» (Παπασταμάτης, 1998), ταυτόχρονα αποτελεί και χώρο για την εφαρμογή καινοτομιών (Πιστιόλη, 2011, σ. 47). Επίσης, ενώ οι μαθητές των ολιγοθέσιων σχολείων δε διαφοροποιούνται σημαντικά στην αυτοαντίληψη (ακαδημαϊκή, συναισθηματική, κοινωνική) σε σχέση με τους μαθητές των πολυθέσιων, αναδεικνύεται ότι η ακαδημαϊκή αυτοαντίληψη των μαθητών των ολιγοθέσιων σχολείων είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τους μαθητές των πολυθέσιων (Πιστιόλη, 2011, σσ. 341-362). Η εξήγηση που δίνεται σε αυτή τη διαφορά των ερευνών είναι ότι τα ολιγοθέσια σχολεία στην Ελλάδα λειτουργούν ουσιαστικά σαν παράλληλες τάξεις στην ίδια αίθουσα και δεν αξιοποιούνται τα πλεονεκτήματα των πολυηλικιακών τάξεων.

Το ολιγοθέσιο σχολείο στο οποίο υλοποιήθηκαν προτάσεις που ακολουθούν είναι το διθέσιο Δημοτικό Σχολείο Ανάφης, κατά τη σχολική χρονιά 2014-2015, και στο οποίο οι τάξεις Β', Ε' και Στ' αποτελούν το ένα τμήμα του 2/θέσιου. Για την καλύτερη κατανόηση του τρόπου που αναπτύχθηκαν οι προτάσεις στο εν λόγω ολιγοθέσιο είναι απαραίτητες τρεις επισημάνσεις:

- για τους μαθητές της Β' τάξης δεν προβλέπεται από το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών η διδασκαλία της Φυσικής (ΔΕΠΣΣ-ΑΠΣ, 2003).
- Οι μαθητές της Ε' και Στ' διδάσκονται τα ίδια μαθήματα, εκτός των Μαθηματικών, σε κύκλους. Στο εν λόγω σχολείο οι μαθητές της Ε' και Στ' διδάχθηκαν τη Φυσική της Ε' Δημοτικού. Δηλαδή οι μαθητές της ΣΤ' κατά τη σχολική περίοδο 2014-2015 διδάχθηκαν τη Φυσικής της Ε', ενώ οι ίδιοι μαθητές είχαν διδαχθεί τη Φυσικής της Στ' την προηγούμενη σχολική χρονιά δηλαδή όταν ήταν μαθητές της Ε' (κύκλοι μαθημάτων).
- ο εκπαιδευτικός έχει δύο τάξεις, Β' και Ε'-Στ', και όταν επικεντρώνεται στη μια η άλλη πρέπει να ασχολείται με σιωπηρές εργασίες, δηλαδή να λειτουργούν σαν παράλληλες τάξεις, ή να υπάρχει ένα οργανωμένο πλαίσιο ταυτόχρονης διδασκαλίας στο ίδιο περιεχόμενο (συνδιδασκαλία), όπου συμπληρωματικά η μία να υποβοηθά στη διδασκαλία της άλλης (αλληλοδιδασκαλία), ώστε να αξιοποιηθούν τα πλεονεκτήματα του ολιγοθέσιου.

Η πρόκληση λοιπόν είναι πώς ο εκπαιδευτικός μπορεί να εκμεταλλευτεί αυτό το πλαίσιο των πολυηλικιακών τάξεων και να δημιουργήσει συνθήκες πολυτροπικής συνδιδασκαλίας ώστε να εξασφαλίζεται η μάθηση και συμμετοχή όλων των μαθητών. Οι συγκεκριμένες και εφαρμόσιμες πρακτικές που ακολουθούν είναι: δημιουργία Μουσείου Φυσικών Επιστημών και η δημιουργία εργαστηρίου Φυσικής.

### **Μουσείο Φυσικών επιστημών**

Καθώς οι μαθητές της Β' τάξης δεν ασχολούνται με το διδακτικό αντικείμενο της Φυσικής, η επαφή τους με τα φυσικά φαινόμενα, μέσω της σχολικής εκπαίδευσης, γίνεται με το μάθημα της Μελέτης

Περιβάλλοντος. Για παράδειγμα για το εν λόγω διδακτικό αντικείμενο προβλέπεται στο ΑΠΣ και η θεματική ενότητα «Η ενέργεια στη ζωή μας» με ενδεικτική προτεινόμενη δραστηριότητα την κατασκευή ανεμόμυλου. Επίσης στη θεματική ενότητα «Η ανάπτυξη του φυτού» προβλέπονται δεξιότητες πειραματισμού, μέτρησης, ελέγχου και μεταβολής παραγόντων (ΔΕΠΣΣ-ΑΠΣ, 2003, σς. 318-322), δηλαδή, γνώσεις και δεξιότητες εξίσου χρήσιμες για τους ειδικούς σκοπούς του διδακτικού αντικειμένου «Ερευνώ τον Φυσικό Κόσμο» της Ε' και Στ' (ΑΠΣ, 2003, σ. 506).

Ένα πλαίσιο συγκερασμού, όπως προκύπτει από την ανάγκη του ολιγοθέσιου σχολείου, αποτελεί και η κατασκευή του Μουσείου Φυσικών Επιστημών η οποία πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με την τις αρχές της μουσειοπαιδαγωγικής (Καλεσοπούλου, 2011) και της παιδαγωγικής διαμόρφωσης του χώρου (Γερμανός, 2002) ώστε να αναβαθμιστεί η «ανθρωπογενής ποιότητα» του σχολικού περιβάλλοντος. Στην Εικόνα 1 φαίνονται τα αποτελέσματα (π.χ. η κατασκευή θερμόμετρου από απλά υλικά) ενός συνόλου δραστηριοτήτων τα οποία καλύπτουν τα παραπάνω και αναπτύσσουν τις σχετικές δεξιότητες μέσα σε ένα παιδαγωγικό περιβάλλον όπου επικρατεί η επικοινωνία και συνεργασία διαφορετικών ηλικιών καθώς και η επίτευξη των μαθησιακών στόχων σύμφωνα με τις γνωστικές και αναπτυξιακές δυνατότητες της κάθε ηλικίας.



Εικόνα 1. Μουσείο Φυσικών Επιστημών σε μορφή παγκακιού

Επισημαίνεται ότι η κατασκευή του Μουσείου Φυσικών Επιστημών μπορεί να υλοποιηθεί στην Ευέλικτη Ζώνη αφού σε αυτή διαχέεται, ανεξάρτητα από το εύρος της, η παιδαγωγική καινοτομία (Ματσαγγούρας, 2002). Επίσης οι δραστηριότητες του Μουσείου, οι οποίες προκύπτουν με αφορμή το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος για να καλύπτονται άμεσα οι στόχοι της Β' τάξης, μπορούν να υλοποιηθούν και αυτές στην Ευέλικτη Ζώνη αφού είναι μία διδακτική ώρα που όλοι μαθητές μπορούν να ασχοληθούν με κάτι κοινό. Από την άλλη οι μαθητές Ε' και Στ' επιτυγχάνουν, όπως προαναφέρθηκε, παρόμοιους στόχους αλλά αυτό συμβαίνει σύμφωνα με τις αρχές του διαφοροποιημένου υλικού (Tomlinson, 2004). Επιπλέον, οι δραστηριότητες μπορούν να υλοποιηθούν με ένα βιβλίο αναφοράς (Βρις, 2004) όπου θα εμπεριέχονται οι προτάσεις και η καθοδήγηση για την υλοποίησή τους, ενώ ο χώρος υλοποίησής τους μπορεί να είναι στο σχολείο, την ώρα της Ευέλικτης

Ζώνης όπως προαναφέρθηκε, αλλά και σε εξωσχολικό χώρο στον ελεύθερο χρόνο των μαθητών. Το ζητούμενο είναι και στις δύο περιπτώσεις τα προϊόντα των δραστηριοτήτων να τοποθετούνται στο Μουσείο των Φυσικών Επιστημών.

Ένα πρακτικό παράδειγμα της παραπάνω σύνθεσης παρουσιάζεται στην Εικόνα 2 και είναι το φαινόμενο του φωτοτροπισμού. Οι μαθητές της Β' τάξης μπορούν να συλλέξουν παρατηρήσεις για την πορεία ανάπτυξης του φυτού, ενώ οι μαθητές της Ε' και Στ' έχουν εναύσματα ενδιαφέροντος (Καλκάνης, 2007) για τη διάδοση του φωτός ή έχουν ευκαιρίες, εφόσον έχουν διδαχθεί το σχετικό κεφάλαιο, για αναστοχασμό των ιδεών τους (Χαλκιά, 2012) ή, με όρους διδακτικής μεθοδολογίας, στην προέκταση της γνώσης σε νέες καταστάσεις (Ματσαγγούρας, 2011). Το προσδοκώμενο αποτέλεσμα είναι η κοινή μελέτη ενός φυσικού φαινομένου σύμφωνα με τις αναπτυξιακές δυνατότητες κάθε ηλικίας και το γνωστικό προφίλ κάθε παιδιού, καθώς και η δημιουργία αντικειμένων, ως παιδαγωγικό υλικό, για το Μουσείο Φυσικών Επιστημών της σχολικής τάξης.



Εικόνα 2. Κατασκευή για το φαινόμενο του φωτοτροπισμού

### **Δημιουργία εργαστηρίου Φυσικής Επιστήμης**

Για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση δεν προβλέπεται εργαστήριο με τις τυπικές προϋποθέσεις όπως στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Ωστόσο, η διαμόρφωση ενός εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών στη σχολική τάξη επιδρά θετικά στη διαμόρφωση μία αναδυόμενης κοινότητας πρακτικής (Lave & Wenger, 2005) της οποίας η επιστημονική πρακτική εν προκειμένω είναι η μελέτη των φυσικών φαινομένων σύμφωνα με τη σχολική επιστήμη, δηλαδή την παραγωγή μίας γνώσης που υπερβαίνει την καθημερινή γνώση με πρότυπο την επιστημονική γνώση (Κολιόπουλος, 2006; Κουλαϊδής, 2007). Στην Εικόνα 3 παρουσιάζεται ένα θεματικό εργαστήριο φυσικής σχετικά με τον «ηλεκτρισμό» και βασίζεται στην αντίστοιχη θεματική της Φυσικής της Ε' Δημοτικού.



Εικόνα 3. Εργαστήριο φυσική για το δημοτικό ( σχολική τάξη: <http://nhxaroupa.wix.com/nhxaroupa> )

Σε αυτό το εργαστήριο υπάρχει ισχυρός βαθμός δόμησης του περιβάλλοντος μάθησης (Collins, 2006, σ. 43), δηλαδή οι μαθητές διερευνούν οργανωμένα και σε ελεγχόμενες πορείες μάθησης τα φαινόμενα του ηλεκτρισμού και όχι σε τυχαίες ανακαλύψεις στον περιβάλλοντα χώρο και στα υλικά ηλεκτρισμού που περιέχει. Στο εν λόγω ολιγοθέσιο, το εργαστήριο απευθύνεται κυρίως στους μαθητές της Ε' και Στ' αλλά δευτερευόντως καλύπτει και τους μαθητές της Β' τάξης. Συγκεκριμένα ο τρόπος εργασίας είναι ο εξής: στην πρώτη συνάντηση γίνεται η διαμόρφωση του χώρου, διαμορφώνεται η λίστα με τα υλικά για τον πειραματισμό σύμφωνα με τα δομημένα φύλλα εργασίας του Τετραδίου Εργασιών (Τ.Ε.) της Φυσικής της Ε' Δημοτικού. Επισημαίνεται ότι το Τ.Ε. αποτελεί το βασικό εργαλείο μελέτης και έρευνας των φυσικών φαινομένων στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση και όχι το Βιβλίο Μαθητή. Στις επόμενες συναντήσεις, και μετά τη συλλογή των υλικών της λίστας, κάθε φορά ένας μαθητής έχει την εκτέλεση των πειραμάτων από το φύλλο εργασιών που του έχει ανατεθεί καθώς και την καταγραφή των παρατηρήσεων, δηλαδή έχει τον ρόλο του πειραματιστή. Μέχρι να έρθει η μέρα παρουσίασης του πειράματος στο εργαστήριο ηλεκτρισμού, ο μαθητής έχει μελετήσει το φύλλο εργασίας, έχει κάνει τις προσωπικές (θεωρητικές) του αναζητήσεις, έχει δοκιμάσει τα υλικά και την επιτυχία του πειράματος και έχει ζητήσει καθοδήγηση από τον εκπαιδευτικό. Την ημέρα της παρουσίασης του πειράματος ο μαθητής στον οποίο έχει ανατεθεί το έργο οφείλει να εξασφαλίσει σε συνεννόηση με τον εκπαιδευτικό την ενεργό συμμετοχή των μικρών μαθητών. Συγκεκριμένα μπορεί να δημιουργήσει ένα πλαίσιο αποριών και γνωστικών συγκρούσεων, βασισμένο στις εμπειρίες των μικρών μαθητών (Β' τάξη), προκειμένου να λειτουργήσει ως στήριγμα σκέψης στην επικείμενη γνωστική τους ανάπτυξη (Foulin & Mouchon, 2002: σσ. 31-33). Για παράδειγμα για το φύλλο εργασίας του Τετραδίου Εργασιών, Ε' τάξη, που αναφέρεται στη διάδοση του φωτός μπορεί να αξιοποιήσει τις εμπειρίες των μικρών μαθητών από την κατασκευή για το φαινόμενο του φωτοτροπισμού (εικόνα2) και να τους ζητήσει να περιγράψουν ή να σχεδιάσουν την πορεία του φωτός από την άνω βάση στην κάτω εσωτερική βάση. Αυτές οι περιγραφές ή σχέδια, που βασίζονται

στην παρατήρηση του φαινομένου του φωτοτροπισμού, θα αποτελέσουν τη σκαλωσιά για την κατανόηση της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός. Επίσης, ο μαθητής μπορεί πριν την παρουσίαση του πειράματος να προκαλέσει το διάλογο και τη διατύπωση υποθέσεων ξεκινώντας από τις σκέψεις των μικρών μαθητών στα εναύσματα ενδιαφέροντος (Καλκάνης, 2007) του φύλου εργασίας του Τετραδίου Εργασιών (εικόνα 4). Ο συγκεκριμένος τρόπος εργασίας μπορεί να θεωρηθεί μία αλληλοδιδασκτική μέθοδος σε μία θεωρία εγκαθιδρυμένης μάθησης, ενώ ο ρόλος του εκπαιδευτικού δεν είναι περιθωριακός, αφού συμμετέχει στην κρίσιμη στιγμή του Φύλλου Εργασίας τα «Συμπεράσματα», όπου ουσιαστικά αποτελεί τη διατύπωση της νέας γνώσης, ελέγχοντας εάν η νέα γνώση διαμεσολαβείται από την προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών της Ε' και Στ' τάξης και τις διαισθητικές αντιλήψεις των μαθητών της Β' τάξης, δηλαδή τις πρώιμες αντιλήψεις για τα φυσικά φαινόμενα (Diver et al., 1999).

Συνολικά η ωφέλεια της παραπάνω πρακτικής είναι:

- Οι μαθητές της Ε' και Στ' αποκτούν έναν επιστημονικό τρόπο σκέψης και συνειδητοποιούν ότι οι γνώσεις που αποκτούν δεν είναι προσωπικές ή απλές εμπειρικές καταγραφές (Εθνικό Συμβούλιο Ερευνών ΗΠΑ, 2012, σ. 245) αλλά προκύπτουν από το πείραμα, δηλαδή υπάρχει ένας μεθοδολογικός τρόπος παραγωγής, επιβεβαίωσης ή απόρριψης, της γνώσης ή όπως επισημαίνει η Βοσνιάδου αποκτούν μία «μετά-εννοιολογική επίγνωση» (Βοσνιάδου, 2006, σ. 263) δηλαδή ότι τα προηγούμενα επεξηγηματικά πλαίσια των φυσικών φαινομένων μπορούν να αναθεωρηθούν στις πειραματικές διαδικασίες ενός σχεδιασμένου περιβάλλοντος μάθησης.
- Οι μαθητές της μικρότερης ηλικίας έχουν τις ευκαιρίες να συμμετέχουν στις συγκεκριμένες διαδικασίες της αναδυόμενης κοινότητας πρακτικής, εν προκειμένω την εργαστηριακή ομάδα, αντί να απασχολούνται με σιωπηρές εργασίες διαφορετικού θέματος, άλλωστε για τους μαθητές της Β' τάξης τα διδακτικά αντικείμενα με σιωπηρές εργασίες είναι τρία (Γλώσσα, Μαθηματικά και Μελέτη Περιβάλλοντος) με αποτέλεσμα να εξαντλούνται γρήγορα και να μειώνεται το ενδιαφέρον των συγκεκριμένων μαθητών στο εξάωρο καθημερινό διδακτικό πρόγραμμα. Η συμμετοχή των μαθητών εξασφαλίζεται με την επιλογή της θεματικής «Ηλεκτρισμός» για το εργαστήριο η οποία είναι ενδιαφέρουσα για τα μικρά παιδιά (υπάρχει ήδη βιβλιογραφικά η μελέτη των αντιλήψεων για τον ηλεκτρισμό από τη νηπιακή ηλικία καθώς και προτάσεις εποικοδομητικής αντιμετώπισης αυτών των αντιλήψεων (Σολομωνίδου κ.ά., 2001, σσ. 212-217). Επίσης συμμετέχουν στη συλλογή των υλικών της λίστας για τα πειράματα έχοντας την ευκαιρία να διερευνήσουν ελεύθερα τα υλικά, τις ιδιότητές τους και να προβλέψουν τη χρήση τους. Τέλος σε αυτό το κοινό πλαίσιο διδασκαλίας οι συγκεκριμένοι μαθητές μπορούν να αποκτήσουν έναν ενεργό ρόλο ως βοηθοί του πειραματιστή σε κάθε συνάντηση στο εργαστήριο Φυσικής.
- Ο εκπαιδευτικός έχει την ευκαιρία να πραγματοποιήσει παιδαγωγικούς πειραματισμούς και παιδαγωγικές επινοήσεις, στα όρια της επιτρεπόμενης μεθοδολογικής ελευθερίας του ΑΠΣ (σ.

11), σύμφωνα με τον αναστοχασμό σε νέες μορφές διδασκαλίας μετανεωτερικού τύπου (Φρυδάκη, 2009) καθώς και την προσωπική του θεωρία (Ματσαγγούρας, 2009). Συνεπώς το εκπαιδευτικό έργο όχι μόνο δε θα ανασταλεί από τις δυσκολίες του ολιγοθέσιου αλλά θα τις υπερβεί ανανεώνοντας την εκπαιδευτική πραγματικότητα.

### **Καταληκτικές σκέψεις**

Το ολιγοθέσιο σχολείο είναι πολυσύνθετο και αποτελείται από ένα φάσμα πολλαπλών αναγκών είτε αυτές είναι των παιδιών είτε είναι του εκπαιδευτικού. Επίσης το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών δεν έχει στους κεντρικούς του άξονες την υποστήριξη σε θέματα διδακτικής και παιδαγωγικής για τα ολιγοθέσια σχολεία. Συμπληρωματικά σε αυτό, η θεωρία και η έρευνα της διδακτικής των επιμέρους διδακτικών αντικειμένων, όπως η διδακτική των Φυσικών Επιστημών, δεν έχει προσφέρει ένα επαρκές σώμα θεωρητικών και πρακτικών παραδειγμάτων για την υποστήριξη του εκπαιδευτικού έργου. Σε ένα τέτοιο πλαίσιο, όπου ο εκπαιδευτικός μπορεί να τύχει να διδάξει σε μία μέρα και πάνω από εννιά διδακτικά αντικείμενα (Φύκαρης, 2002: 37), όχι μόνο απειλείται η ποιότητα του εκπαιδευτικού έργου αλλά, πιθανόν, ορισμένα διδακτικά αντικείμενα, όπως αυτό των Φυσικών Επιστημών, να μουν στο περιθώριο υπό τη λογική «επιστροφή στα βασικά», δηλαδή να δοθεί έμφαση στα διδακτικά αντικείμενα της Γλώσσας και των Μαθηματικών. Ωστόσο η παιδαγωγική επινοητικότητα του κάθε εκπαιδευτικού και ο αναστοχασμός στα ολιγοθέσια και στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών μπορούν να φέρουν λύσεις οι οποίες μπορεί να μην είναι εκ των άνω, δηλαδή από το ΑΠΣ, αλλά είναι επιτρεπτές, όχι μόνο για την αναγκαιότητα τους, αλλά γιατί προκύπτουν από το κρυφό αναλυτικό πρόγραμμα.

### **Αναφορές**

- Collins, A. (2006). Ζητήματα σχεδιασμού για περιβάλλοντα μάθησης. Στο Σ. Βοσνιάδου (επιμ.), *Σχεδιάζοντας Περιβάλλοντα Μάθησης Υποστηριζόμενα από τις Σύγχρονες Τεχνολογίες* (σελ. 29-51). Αθήνα: Gutenberg.
- Driver R., Squires A., Rushworth P. & Wood-Robinson V. (1999). *Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Μια Παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών* (επιμ. Π. Κόκκοτας, Μτφρ. Μ. Χατζή). Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Foulin, J. N. & Mouchon, S. (2002). *Εκπαιδευτική ψυχολογία*. Αθήνα: Εκδόσεις Μεταίχμιο.
- Lave, J. & Wenger, E. (2005). *Κοινωνικές όψεις της μάθησης: νόμιμη και περιφερειακή συμμετοχή* (Ε. Γεωργιάδη, Μτφρ.). Αθήνα: Σαββάλας.
- Tomlinson, C.A. (2004). Διαφοροποίηση της εργασίας στην αίθουσα διδασκαλίας. Ανταπόκριση στις ανάγκες όλων των μαθητών (Χ. Θεοφιλίδης & Δ. Μαρτίδου-Φορσιέ, Μτφρ.). Αθήνα: Γρηγόρης.
- ΑΠΣ (2003). *Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών για το μάθημα: Ερευνώ τον Φυσικό Κόσμο*. Αθήνα: ΥΠΕΠΘ-ΠΙ. ΦΕΚ 304Β/13 03-2003, Ανακτήθηκε 15 Μαΐου 2016, από [http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/24aps\\_erebno\\_to\\_fisiko\\_kosmo.pdf](http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/24aps_erebno_to_fisiko_kosmo.pdf)
- Αυτοέκδοση.
- Βοσνιάδου, Σ. (2006). Περιβάλλοντα μάθησης που διευκολύνουν την αναδιοργάνωση των ιδεών για μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες. Στο Σ. Βοσνιάδου (επιμ.), *Σχεδιάζοντας Περιβάλλοντα Μάθησης Υποστηριζόμενα από τις Σύγχρονες Τεχνολογίες* (σελ. 253-268). Αθήνα: Gutenberg.
- Βρις, Α. (2004). *Το πρώτο βιβλίο πειραμάτων* (Μ. Μυράτ, Μτφρ.). Αθήνα: Εκδόσεις Καστανιώτη.

- Γερμανός, Δ. (2002). Οι τοίχοι της γνώσης: Σχολικός χώρος και εκπαίδευση. Αθήνα: Gutenberg - Γιώργος & Κώστας Δαρδανός.
- ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ (2003). Διαθεματικό ενιαίο πλαίσιο προγραμμάτων σπουδών και αναλυτικά προγράμματα σπουδών υποχρεωτικής εκπαίδευσης. Αθήνα: ΥΠΕΠΘ-ΠΙ. ΦΕΚ 304Β/13 03-2003, Ανακτήθηκε 15 Μαΐου 2016, από <http://www.pi-schools.gr/programs/depps/>
- Εθνικό Συμβούλιο Ερευνών ΗΠΑ (2012). Πώς μαθαίνει ο άνθρωπος: Εγκέφαλος, νους, εμπειρία και μάθηση στο σχολείο. Αθήνα: Εκδόσεις Κέδρος.
- Κακαδιάρης, Χ., Μπελίτσου, Ν., Στεφανίδης Γ. & Χρονοπούλου, Γ. (2007). Μαθηματικά Ε Δημοτικού: Βιβλίο Δασκάλου. Ανακτήθηκε 15 Μαΐου 2016, από <http://ebooks.edu.gr/new/allcourses.php>
- Καλεσοπούλου, Δ. (Επιμ.) (2011). Παιδί και εκπαίδευση στο μουσείο: θεωρητικές αφητηρίες, παιδαγωγικές πρακτικές. Αθήνα: Ελληνικό Παιδικό Μουσείο & Πατάκης.
- Καλκάνης, Γ., Θ. (2007). Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση στις-με τις Φυσικές Επιστήμες, (τομ. Α & Β). Αθήνα:
- Καρράς, Κ. (2014). Παιδαγωγική επιστήμη άλλοτε και τώρα: Ιστορία-Μεταβάσεις-Προκλήσεις. Αθήνα: Gutenberg.
- Φύκαρης, Ι. (2002). Τα Ολιγοθέσια Δημοτικά Σχολεία και Ελληνική Εκπαίδευση: Θεωρητική και εμπειρική προσέγγιση. Θεσσαλονίκη: Εκδοτικός Οίκος Αφοί Κυριακίδη.
- Κολιόπουλος, Δ. (2006). Θέματα διδακτικής των Φυσικών Επιστημών: η συγκρότηση της σχολικής γνώσης. Αθήνα: Εκδόσεις Μεταίχμιο.
- Κολοβός, Σ. (2004). Για το ζήτημα των μονοθεσιών και των άλλων ολιγοθεσιών σχολείων. Εκπαιδευτική Κοινότητα, 24, σ.σ. 32-42.
- Κουλαϊδής, Β. (Επιμ.) (2007). Σύγχρονες διδακτικές προσεγγίσεις για την ανάπτυξη κριτικής- δημιουργικής σκέψης. Αθήνα: ΟΕΠΕΚ.
- Ματσαγγούρας, Η. (2002). Ευέλικτη Ζώνη Διαθεματικών Προσεγγίσεων: Μια εκπαιδευτική καινοτομία που αλλάζει το σχολείο. Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων, 6, σ.σ. 15-30, Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.
- Ματσαγγούρας, Η. (2009). Εισαγωγή στις επιστήμες της παιδαγωγικής: εναλλακτικές προσεγγίσεις, διδακτικές προεκτάσεις. Αθήνα: Εκδόσεις Gutenberg.
- Ματσαγγούρας, Η. Γ. (2011). Θεωρία και πράξη της διδασκαλίας. Αθήνα: Gutenberg- Γιώργος & Κώστας Δαρδανός.
- Μπρούζος, Α. (2002). Μικρά σχολεία Μεγάλες Προσδοκίες: απόψεις για την αποτελεσματική λειτουργία των ολιγοθεσιών σχολείων. Αθήνα: Τυπωθήτω – Γιώργος Δαρδανός.
- Παπασταμάτης, Α. (1998). Τα ολιγοθέσια σχολεία της ελληνικής υπαίθρου: Κατάργηση ή αναδιοργάνωση; Αθήνα: Γρηγόρης.
- Πιστιόλη, Ε. (2011). Η γνωστική, κοινωνική και συναισθηματική ανάπτυξη μαθητών που φοιτούν σε μονοθέσια και ολιγοθέσια δημοτικά σχολεία. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. Ανακτήθηκε 15 Μαΐου 2016, από <http://www.didaktorika.gr/eadd/>
- Σολομωνίδου, Χ., Κακανά, Δ.Μ., Μητσιούλη, Β. & Πιάτου, Β. (2001). Διδακτική παρέμβαση για την εποικοδομητική αντιμετώπιση των ιδεών νηπίων σε σχέση με τον ηλεκτρισμό. Στο Κ. Ραβάνης (επιμ.), Η μύηση των μικρών παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες (σελ. 212-217). Πάτρα. Ανακτήθηκε 15 Μαΐου 2016, από <http://epublishing.ekt.gr/>
- Φρυδάκη, Ε. (2009). Η διδασκαλία στην τομή της νεωτερικής και της μετανεωτερικής σκέψης. Αθήνα: Εκδόσεις Κριτική.
- Χαλκιά, Κ. (2012). Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες. Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκης.
- Χαρίτος, Κ. (2008). Συνθήκες λειτουργίας των ολιγοθεσιών δημοτικών σχολείων. Επιστημονικό Βήμα του Δασκάλου, 9, σ.σ 15-26.



Ο Τρύφων Σπυρόπουλος είναι απόφοιτος του Παιδαγωγικού Τμήματος του ΕΚΠΑ με MSc στις Επιστήμες της Εκπαίδευσης. Είναι φοιτητής στο Τμήμα Μεθοδολογίας Ιστορίας και Θεωρίας των Επιστημών του ΕΚΠΑ ενώ εργάζεται ως αναπληρωτής δάσκαλος 7 έτη κυρίως σε δυσπρόσιτα Δημοτικά Σχολεία της νησιωτικής Ελλάδας. Είναι μέλος της παιδαγωγικής ομάδας «Το Σκασιαρχείο: πειραματικοί ψηλαφισμοί για ένα σχολείο της κοινότητας» για την εφαρμογή της παιδαγωγικής του Celestin Freinet. Ενδιαφέρεται για την εφαρμογή καινοτόμων παιδαγωγικών μεθόδων στη σχολική τάξη (βλ. π.χ. <http://karavoneiro.wix.com/karavoneiro>).

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή

### **Πρόταση πειραματικής διδασκαλίας της οπτικής στο Δημοτικό Σχολείο**

**Γιάννης Στυλιανακάκης και Νίκος Αναστασάκης**

*Η εργασία αυτή παρουσιάστηκε στο Πανελλήνιο Συνέδριο «Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες» που πραγματοποιήθηκε στη Θεσσαλονίκη 16-17 Απριλίου 2016 και δημοσιεύτηκε στα πρακτικά του Συνεδρίου. Αναδημοσιεύεται εδώ μετά από έγκριση των επιμελητών των πρακτικών του Συνεδρίου.*

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 10ο ερώτημα του ερωτηματολογίου ήταν: «Ποια θέματα θα θέλατε να δουλέψουμε σε μελλοντική μας συνάντηση;». Οι απαντήσεις που δόθηκαν καταγράφονται στον Πίνακα 1.

| Ενότητες           | Αριθμός<br>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% |

Πίνακας 1. Προτεινόμενα θέματα για επιμόρφωση

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. (Εικόνες 1 και 2).



Εικόνα 1. Φακός με σωλήνα. Λέιζερ με βάση



Εικόνα 2. Καθρέπτης, χαρτοπετσέτα, αλουμινόχαρτο, χαρτόκουτα, φύλλα A4

Στο εσωτερικό της χαρτόκουτας, οι μαθητές κολλούν τα τρία λευκά φύλλα A4 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 λείζερ 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, φώτισε 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 ης 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.

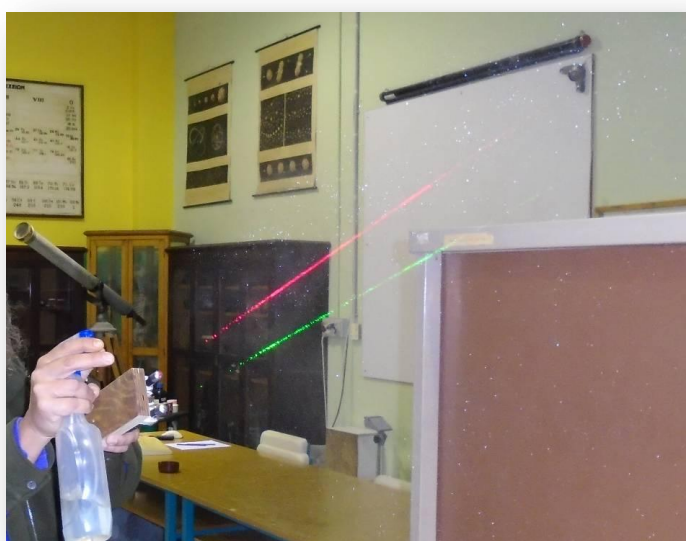
Σαν εισαγωγικό ερέθισμα θέτουμε στους μαθητές την εξής ερώτηση: «*Βλέπουμε το φως;*». Το 90% των παιδιών απαντά καταφατικά «*και βέβαια το βλέπουμε*», εννοώντας προφανώς, όπως και οι ενήλικες, ότι βλέπουν τις φωτεινές πηγές οι οποίες εκπέμπουν φως. Σε αυτό το σημείο πρέπει να εξηγήσουμε στους μαθητές 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 λέιζερ και μικροαντλία (Εικόνα 5).

Οι μαθητές φωτίζουν με λέιζερ και ταυτόχρονα ψεκάζουν νερό, με μικροαντλία, κατά μήκος της νοητής ευθείας που διαδίδεται το φως. Βλέπουν τη φωτεινή πηγή (τα λέιζερ), 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).

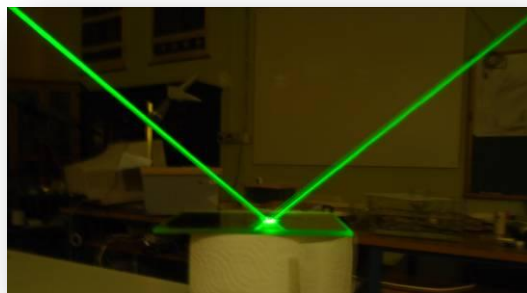


Εικόνα 6. Ευθύγραμμη διάδοση, πορεία φωτός

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.

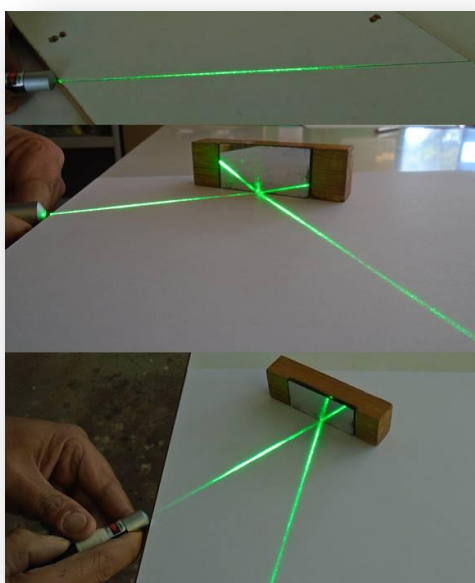
Οι μαθητές φωτίζουν με το λέιζερ πλάγια στην επιφάνεια του καθρέπτη και ταυτόχρονα ψεκάζουν νερό, ή δημιουργούν καπνό στην περιοχή, με αρωματικά stick (Εικόνα 7).

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.



Εικόνα 7. Προσπίπτουσα και ανακλώμενη δέσμη σε περιβάλλον με καπνό

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 πως 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 φαινονταν 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» (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 καθρέφτες. Οι κυρτοί καθρέφτες 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).

Οι μεταλλικές τομές κοίλου και κυρτού κατόπτρου κατασκευάζονται εύκολα, λυγίζοντας μια λεπτή, γυαλισμένη, ανοξειδωτή λαμαρίνα (Εικόνα 12).



Εικόνα 11. Διάφραγμα με χτενάκι στο σωλήνα του φακού



Εικόνα 12. Λυγισμένη λαμαρίνα σε ρόλο κοίλου και κυρτού κατόπτρου

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.

### **Βιβλιογραφία**

- 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. Α. (1993). Πειράματα Φυσικής ΤΟΜΟΣ Β΄. Αθήνα: ΟΕΔΒ, Έκδοση Γ



Ο Γιάννης Στυλιανανάκης είναι δάσκαλος στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, αποσπασμένος στο Εργαστηριακό Κέντρο Φυσικών Επιστημών (ΕΚΦΕ) Χανίων. Ασχολείται με την παρουσίαση πειραματικών δραστηριοτήτων με απλά υλικά καθημερινής χρήσης, σε εκπαιδευτικούς και μαθητές. Στην ιστοσελίδα του ΕΚΦΕ Χανίων παρουσιάζει προτάσεις διδασκαλίας στο Δημοτικό Σχολείο, για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών.



Ο Νίκος Αναστασάκης είναι Φυσικός (πτυχιούχος ΕΚΠΑ), στο ΓΕΛ Βάμου Χανίων. Είναι μερικά αποσπασμένος στο ΕΚΦΕ Χανίων (υπεύθυνος για την εργαστηριακή διδασκαλία της Φυσικής, τις σχετικές επιμορφώσεις συναδέλφων και την ιστοσελίδα του ΕΚΦΕ). Έχει επιμορφωθεί στις ΤΠΕ (Β' Επίπεδο, Moodle), καθώς και σε σύγχρονες διδακτικές μεθόδους (Pathway Summerschool, Eden OpenClassroom, Project Α' Λυκείου) και έχει συμμετάσχει με εισηγήσεις σε συνέδρια (Κέρκυρα 2007, Πάτρα 2010, Σύρος 2011, Χανιά 2012, Πάφος 2015).

## **Λανθασμένες εφαρμογές του νόμου του Bernoulli**

**Παναγιώτης Κουμαράς και Γιώργος Πριμεράκης**

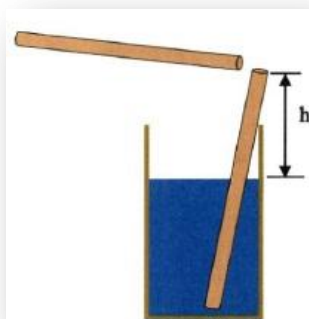
*Η εργασία αυτή παρουσιάστηκε στο Πανελλήνιο Συνέδριο «Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες» που πραγματοποιήθηκε στη Θεσσαλονίκη 16-17 Απριλίου 2016 και δημοσιεύτηκε στα πρακτικά του Συνεδρίου. Αναδημοσιεύεται εδώ μετά από έγκριση των επιμελητών των πρακτικών του Συνεδρίου.*

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 φουσήξτε 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

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

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  $\frac{1}{2}d_{\text{αέρα}}v^2 = d_{\text{νερού}}gh$ , 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 αεροσρήαγγα, 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**

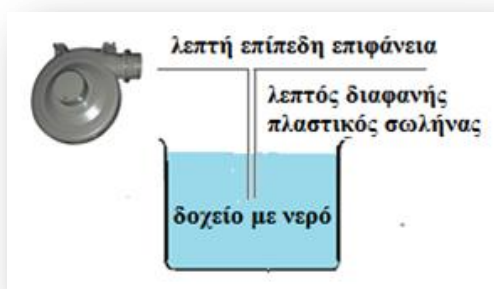
*Πειραματικός έλεγχος της ερμηνείας που δίνεται στη δραστηριότητα 4 μέσω της εξίσωσης του Bernoulli*

Η εξίσωση  $\frac{1}{2}d_{\text{αέρα}}v^2 = d_{\text{νερού}}gh$ , 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 φυσά 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 1η: Ο λεπτός σωλήνας βυθίζεται σε δοχείο με νερό, Εικόνα 2.



Εικόνα 2. Σταθερό ρεύμα αέρα πάνω από το άνοιγμα του σωλήνα

Περίπτωση 2η: 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 φυσά, 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 μπάλας, 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 εξέχει καθόλου πάνω από την οριζόντια επιφάνεια.



Εικόνα 3. Σταθερό ρεύμα αέρα πάνω από το άνοιγμα τουμανομέτρου

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

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.

Για τη δημιουργία της καμπύλης επιφάνειας χρησιμοποιήθηκε το μισό από ένα μπαλάκι φελιζόλ διαμέτρου 5 cm το οποίο κολλήθηκε πάνω στην οριζόντια επιφάνεια της μπάλας. 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 cm.



Εικόνα 6. Παρατηρείται ψεκασμός



Εικόνα 7. Παρατηρείται ανύψωση νερού

### **Σημασία των πειραματικών αποτελεσμάτων**

Η ερώτηση που γεννάται είναι: Γιατί στις δυο παραπάνω περιπτώσεις, επίπεδη ή καμπύλη επιφάνεια, παρατηρείται διαφορετική συμπεριφορά του νερού παρά το γεγονός ότι και στις δυο περιπτώσεις η ταχύτητα του αέρα (ο μοναδικός παράγοντας που μπαίνει στην εξίσωση του Bernoulli) είναι η ίδια; Στο 1ο 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

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

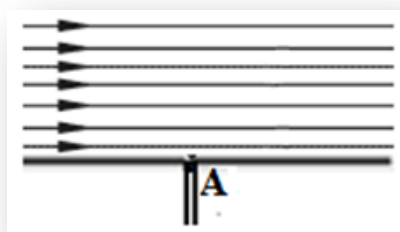
ένα σημείο, κάπου στο δωμάτιο όπου ο αέρας θα ακινητοποιηθεί, και από εκεί τραβήξει μια ρευματική γραμμή που να καταλήγει στην επιφάνεια του νερού του ποτηριού δεν μπορεί να εφαρμόσει την εξίσωση του Bernoulli μεταξύ αυτών των σημείων. Σε αυτή την περίπτωση η ροή επηρεάζεται σαφώς από την τριβή - αυτή είναι που φέρνει την ροή σε ισορροπία - και η εξίσωση του Bernoulli περιγράφει μόνο ροές χωρίς τριβή (Babinsy, 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*

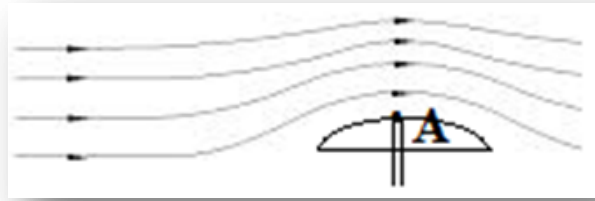
Στην παράγραφο αυτή επιχειρούμε να εξηγήσουμε τα αποτελέσματα των δυο πειραμάτων, και να αιτιολογήσουμε γιατί σε πείσμα της εξήγησης των βιβλίων ότι η ταχύτητα του αέρα είναι υπεύθυνη για την άνοδο της στάθμης του νερού και τον ψεκασμό αυτό δεν συμβαίνει στο πρώτο πείραμα ενώ συμβαίνει στο δεύτερο παρόλο 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 (ρ<sub>εξωτερική</sub>) πλευρική έδρα σε σχέση με την πίεση στην εσωτερική (ρ<sub>εσωτερική</sub>) πλευρική έδρα, άρα

$$p_{\text{εξωτερική}} > p_{\text{εσωτερική}}$$

και

$$p_{\text{εξωτερική}} = p_{\text{εσωτερική}} + \Delta p$$

όπου

$$\Delta p = \Delta z \left( \frac{dp}{dz} \right) \quad (1)$$

(με  $\frac{dp}{dz}$  συμβολίζεται η βαθμίδα πίεσης σε άξονα κάθετο στη ρευματική γραμμή σε αυτό το σημείο).

Η κεντρομόλος αυτή δύναμη:

- προκύπτει από τη διαφορά πίεσης  $\Delta p$  μεταξύ της εσωτερικής και εξωτερικής πλευράς του στοιχειώδους όγκου και είναι

$$F = -A \Delta p$$

και επειδή, σύμφωνα με σχέση (1),

$$\Delta p = \Delta z \left( \frac{dp}{dz} \right)$$

προκύπτει

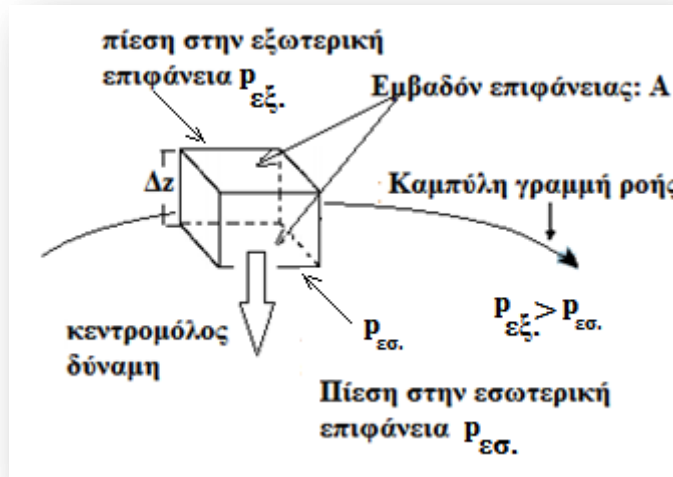
$$F = -A \Delta z \left( \frac{dp}{dz} \right) \quad (2)$$

Το αρνητικό πρόσημο προκύπτει και εδώ διότι η δύναμη είναι προς την κατεύθυνση του  $-z$ .

- δίνεται από τη σχέση

$$F = -\Delta m \frac{v^2}{R} \quad (3),$$

όπου  $\Delta m$  η μάζα στοιχειώδους όγκου του αέρα η οποία, αν  $\rho$  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

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

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*

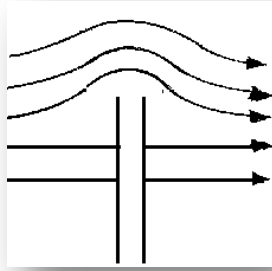
Τα παραπάνω μπορούν να δώσουν μια εξήγηση του γεγονότος ότι φυσώντας με το οριζόντιο καλαμάκι στην άκρη από το κατακόρυφο καλαμάκι που είναι βυθισμένο στο νερό, το νερό ανυψώνεται, Εικόνα 11 (Ιωάννου κ.ά. 2011, σελίδα 101).



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 12 (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.

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 12. Οι ρευματικές γραμμές στο πάνω μέρος από το κατακόρυφο καλαμάκι



Εικόνα 13. Όταν η άκρη του λεπτού διαφανούς σωλήνα περνά πάνω από την οριζόντια επιφάνεια παρατηρείται ψεκάσμος



Εικόνα 14. Όταν η άκρη του λεπτού διαφανούς σωλήνα περνά πάνω από την οριζόντια επιφάνεια παρατηρείται μετακίνηση του νερού στο μανόμετρο

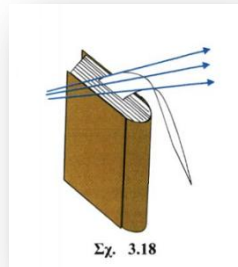
#### *Μια σύντομη επέκταση*

Ας δούμε σύντομα μια ακόμη από της δραστηριότητες του βιβλίου της Γ' Λυκείου (Ιωάννου κ.ά. 2010, σελ.101 (Εικόνα 15)).

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

### 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 ίση με την ατμοσφαιρική. 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.

### Βιβλιογραφία

- 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](http://physcool.web.auth.gr/images/teyxos_9/Waltner%207-22.pdf)

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

- 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 Χριστοδουλίδης.



Ο Παναγιώτης Κουμαράς είναι Φυσικός. Έχει εργαστεί τέσσερα χρόνια στο Τμήμα Φυσικής, του ΑΠΘ, δέκα χρόνια στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση και από το 1990 εργάζεται στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Α.Π.Θ.. Τα ερευνητικά του ενδιαφέροντα αφορούν τα προγράμματα σπουδών Φυσικών Επιστημών, πειράματα με υλικά καθημερινής χρήσης, την Ιστορία της Φυσικής και τις εναλλακτικές απόψεις μαθητών.



Ο Γιώργος Πριμεράκης είναι δάσκαλος με σπουδές στη Φυσική και υποψήφιος διδάκτορας στο ΠΤΔΕ του ΑΠΘ. Ασχολείται με την διδακτική των Φυσικών Επιστημών τα τελευταία 30 χρόνια. Υπηρετεί στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, έχει συμμετάσχει σε επιμορφώσεις εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και έχει εργαστεί σαν εργαστηριακός βοηθός στο ΠΤΔΕ του ΑΠΘ και στο Διδασκαλείο Θεσσαλονίκης. Τα τελευταία χρόνια ασχολείται με την εκλαΐκευση και την δημόσια κατανόηση των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας.

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή

Στη στήλη “Μέσα στην τάξη” παρουσιάζονται ιδέες, πρακτικές και σχέδια μαθήματος που έχουν εφαρμοστεί στην τάξη και προτείνουν μια πρωτότυπη, διαφορετική, καινοτόμα διδακτική προσέγγιση που προκαλεί το ενδιαφέρον στα παιδιά.

### **Αλλάζοντας... τη βαρύτητα με ένα παιχνίδι. Η επίδραση της βαρύτητας στην περίοδο ενός εκκρεμούς**

**Παναγιώτης Λάζος**

Το απλό εκκρεμές αποτελεί παγκοσμίως ένα από τα πιο αγαπημένα θέματα διδασκαλίας της φυσικής τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πειραματικό επίπεδο. Αν και πρόσφατα έχει εξαιρεθεί από τη διδακτέα ύλη των τάξεων του λυκείου, διδάσκεται στο γυμνάσιο (Αντωνίου κ.α., 2011) και αποτελεί ένα ενδιαφέρον θέμα που παρουσιάζει απλότητα και έχει πολλές εφαρμογές.

Η περίοδος  $T$  του απλού εκκρεμούς δίνεται από τη σχέση:

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

όπου  $l$  είναι το μήκος του νήματος του εκκρεμούς και  $g$  η επιτάχυνση της βαρύτητας. Στο απλό εκκρεμές οι διαστάσεις του σώματος θεωρούνται αμελητέες. Αν το σώμα έχει μη αμελητέες διαστάσεις τότε έχουμε ένα φυσικό εκκρεμές. Η περίοδος του φυσικού εκκρεμούς δίνεται από σχέση ίδια με τη σχέση (1) με το μήκος  $l$  να είναι τώρα η απόσταση ανάμεσα στο σταθερό άκρο του νήματος και το κέντρο μάζας του σώματος.

Η πειραματική μελέτη του εκκρεμούς περιλαμβάνει συνήθως είτε τον έλεγχο της σχέσης (1) για διάφορες τιμές του μήκους  $l$  και γνωστή τιμή της επιτάχυνσης  $g$  της βαρύτητας, είτε υπολογισμό της επιτάχυνσης  $g$  της βαρύτητας. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον αλλά και τεχνικά προβλήματα παρουσιάζει ο πειραματικός έλεγχος της σχέσης (1) για διάφορες τιμές της επιτάχυνσης  $g$  της βαρύτητας.

Μία κλασική προσέγγιση αποτελεί η χρήση σιδερένιου εκκρεμούς και η τοποθέτηση ηλεκτρομαγνήτη σε κατάλληλη απόσταση κάτω από τη θέση ισορροπίας του (Sutton, 1938). Η συγκεκριμένη ιδέα υλοποιείται αρκετά εύκολα προσφέροντας ταυτόχρονα τη δυνατότητα για επίτευξη διαφορετικών τιμών της «επιτάχυνσης» της βαρύτητας. Ωστόσο, τα αποτελέσματα είναι μόνο ποιοτικά αφού ο ηλεκτρομαγνήτης δεν δημιουργεί ένα ομογενές μαγνητικό πεδίο στην περιοχή κίνησης του εκκρεμούς. Επίσης, οι τιμές της επιτάχυνσης είναι πάντα μεγαλύτερες της επιτάχυνσης  $g$ .

Άλλες προτάσεις περιλαμβάνουν την κίνηση του εκκρεμούς σε κεκλιμένο επίπεδο. Είναι εύκολο να δειχθεί πως η περίοδος του εκκρεμούς σε αυτή την περίπτωση είναι ίση με:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g \cdot \eta\mu\theta}} \quad (2)$$

όπου  $\theta$  η γωνία που σχηματίζει το κεκλιμένο επίπεδο με το οριζόντιο επίπεδο. Η κίνηση του εκκρεμούς είναι αντίστοιχη εκείνης ενός εκκρεμούς που θα ταλαντωνόταν σε κατακόρυφο επίπεδο εντός πεδίου βαρύτητας με επιτάχυνση  $g' = g \cdot \eta\mu\theta$ . Είναι προφανές πως κάθε διάταξη που χρησιμοποιεί κεκλιμένο επίπεδο προσφέρεται μόνο για μελέτη σχετικά με τιμές επιτάχυνσης της βαρύτητας μικρότερες εκείνης της αντίστοιχης στην επιφάνεια της Γης.

Το πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί στην κίνηση του εκκρεμούς στο κεκλιμένο επίπεδο είναι η γρήγορη απόσβεση της ταλάντωσης που οφείλεται στην τριβή ολίσθησης. Έχει προταθεί, λοιπόν, η χρήση ξηρού πάγου στο εκκρεμές και κίνησή του πάνω σε κεκλιμένο επίπεδο από γυαλί (Kultiroff, 1975). Η εξάχνωση του ξηρού πάγου δημιουργεί ένα στρώμα αερίου διοξειδίου του άνθρακα ανάμεσα στον ξηρό πάγο και το γυαλί με αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση της τριβής ολίσθησης. Η διάταξη προσφέρεται θεωρητικά για ποσοτική μελέτη του φαινομένου παρουσιάζοντας, όμως, αρκετά τεχνικά προβλήματα που σχετίζονται με την προμήθεια, το χειρισμό και τους χρονικούς περιορισμούς του ξηρού πάγου. Ο Kultiroff, άλλωστε, το προτείνει σαν πείραμα επίδειξης.

Εναλλακτικά, το κεκλιμένο επίπεδο μπορεί να είναι μία αεροτράπεζα πάνω στην οποία κινείται το εκκρεμές (Feliciano, 1998). Πρόκειται για μία αποτελεσματική και εύχρηστη διάταξη, κατάλληλη για ποσοτικές μετρήσεις. Πράγματι, στο σχετικό άρθρο έχουν γίνει μετρήσεις και παρουσιάζεται η γραφική παράσταση της εξάρτησης της περιόδου  $T$  της ταλάντωσης από τη γωνία  $\varphi$  του κεκλιμένου επιπέδου. Είναι, όμως, μάλλον λίγα τα σχολικά εργαστήρια που διαθέτουν μια αεροτράπεζα και το κόστος αγοράς της δεν είναι αμελητέο.

Μία διάταξη που κινείται σε εντελώς διαφορετική λογική παρουσιάστηκε και βραβεύθηκε στον ελληνικό διαγωνισμό Science on Stage (Κολίτση & Σκουλίδης, 2015) (δες επίσης και Σκουλίδης, 2016). Προσφέρεται για προσομοίωση κίνησης εκκρεμούς τόσο σε ισχυρότερα πεδία βαρύτητας από το γήινο όσο και σε ασθενέστερα και αυτό αποτελεί ένα σαφές πλεονέκτημα. Η κεντρική ιδέα της κατασκευής είναι η χρήση ενός βοηθητικού νήματος που συνδέεται με το εκκρεμές. Το άλλο άκρο του στερεώνεται σε σημείο που βρίσκεται στην ίδια κατακόρυφη με το σημείο στήριξης του νήματος του εκκρεμούς και ασκεί στο εκκρεμές μια δύναμη σχεδόν κατακόρυφη. Ανάλογα με το αν το άκρο του βοηθητικού νήματος στερεώνεται ψηλότερα ή χαμηλότερα από το σημείο στήριξης του νήματος του εκκρεμούς η διάταξη προσομοιώνει αντίστοιχα συνθήκες μικρότερης ή μεγαλύτερης βαρύτητας από εκείνη στην επιφάνεια της Γης. Η ιδέα είναι κατασκευαστικά απλή και οικονομική ενώ δίνει πολύ καλά πειραματικά αποτελέσματα.

Η πρότασή μας κινείται στη λογική της πρότασης του Feliciano αντικαθιστώντας, όμως, την αεροτράπεζα με ένα παιχνίδι. Πρόκειται για το Air Power Soccer Disc, όπως είναι το εμπορικό του όνομα (Εικόνα 1). Είναι ένας πλαστικός δίσκος διαμέτρου 9 cm με αφρώδες περιφερειακό κάλυμμα, ο οποίος διαθέτει στο εσωτερικό του έναν ανεμιστήρα που τροφοδοτείται από δύο μπαταρίες τύπου AAA. Ο ανεμιστήρας ωθεί αέρα στην κάτω επιφάνεια του δίσκου με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα στρώμα αέρα ανάμεσα στο δίσκο και την επιφάνεια και να μειώνεται σημαντικά η τριβή ολίσθησης. Αν δοθεί μια αρχική ταχύτητα στο δίσκο τότε κινείται για εντυπωσιακά μεγάλες αποστάσεις πάνω σε ομαλές επιφάνειες. Εκτός της παρούσας πρότασης, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως έναυσμα για τη διδασκαλία του 1ου νόμου του Νεύτωνα αλλά και των κρούσεων. Το κόστος αγοράς του είναι περίπου 15 ευρώ.



Εικόνα 1: Air Power Soccer Disc.

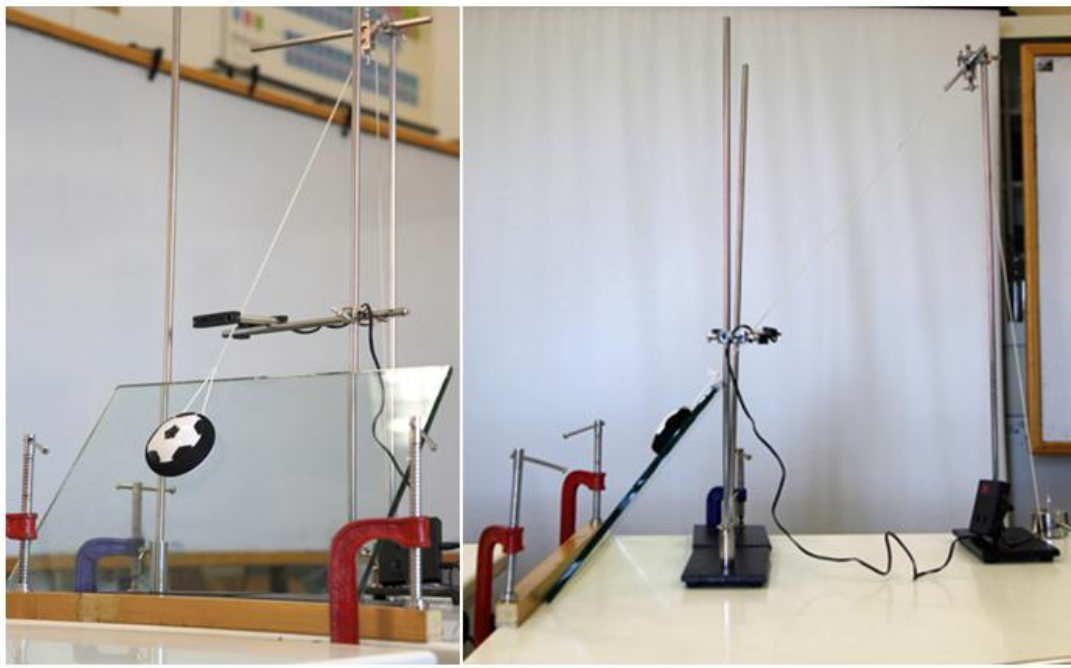
### Πειραματική διάταξη – Μετρήσεις και υπολογισμοί

Ο δίσκος αναρτάται από νήμα το άλλο άκρο του οποίου στερεώνεται σε ορθοστάτη (Εικόνες 2α, β). Η κίνηση του δίσκου γίνεται πάνω σε επιφάνεια από γυαλί πάχους 6 mm και διαστάσεων 60x35 cm. Επιλέχθηκε γυαλί αρκετά μεγάλου πάχους για να μην παρουσιάζεται καμπύλωση της επιφάνειάς του όταν τοποθετείται υπό κλίση.

Επειδή ο δίσκος δεν έχει αμελητέες διαστάσεις σε σχέση με το μήκος του νήματος σαν μήκος  $l$  μετρήθηκε κάθε φορά η απόσταση από το ακίνητο άκρο του νήματος ως το κέντρο του δίσκου, το οποίο θεωρείται με καλή ακρίβεια το κέντρο μάζας του.

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για 2 διαφορετικά μήκη  $l$  (0,60 m και 0,80 m) για 9 και 8 διαφορετικές τιμές της γωνίας  $\theta$  του κεκλιμένου επιπέδου αντίστοιχα. Το  $\eta_{\text{μθ}}$  υπολογίστηκε από το λόγο της απέναντι κάθετης (απόσταση του άκρου του γυαλιού από τον πάγκο) προς την υποτείνουσα (πλάτος του γυαλιού). Για τη μέτρηση της περιόδου  $T$  της ταλάντωσης χρησιμοποιήθηκε ψηφιακό χρονόμετρο από το σετ μηχανικής. Το χρονόμετρο τέθηκε στη λειτουργία F3 και πραγματοποιήθηκαν

8 μετρήσεις της περιόδου  $T$  για κάθε συνδυασμό μήκους νήματος και κλίσης. Στη συνέχεια βγήκε ο μέσος όρος ο οποίος στρογγυλοποιήθηκε στο δεύτερο δεκαδικό ψηφίο.



Εικόνα 2α, β. Η πειραματική διάταξη

Η σχέση (2) μπορεί να γραφτεί και ως εξής:

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{l}{g} \frac{1}{\eta\mu\theta} \quad (3)$$

Είναι προφανές πως η γραφική παράσταση της συνάρτησης  $T^2=f(1/\eta\mu\theta)$  αναμένεται να είναι ευθεία με κλίση:

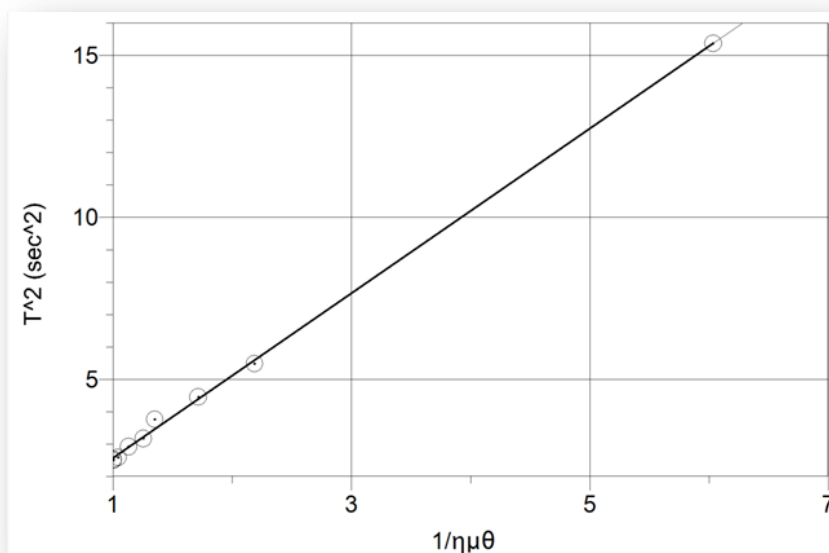
$$\alpha = 4\pi^2 \frac{l}{g} \quad (4)$$

Οι μετρήσεις και οι υπολογισμοί παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Οι γραφικές παραστάσεις της σχέσης  $T^2=f(1/\eta\mu\theta)$  για κάθε ένα από τα μήκη παρουσιάζονται στα διαγράμματα 1 και 2.

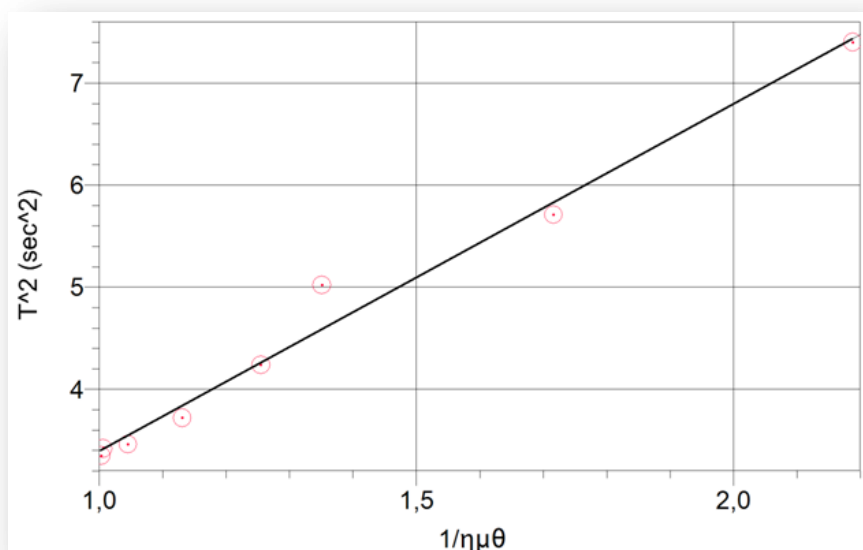
| $l(m)$          |                    | 0,60   | 0,80   | 0,60        | 0,80        |                   |
|-----------------|--------------------|--------|--------|-------------|-------------|-------------------|
| $\eta\mu\theta$ |                    |        |        |             |             |                   |
|                 | $\theta(^{\circ})$ | $T(s)$ | $T(s)$ | $T^2 (s^2)$ | $T^2 (s^2)$ | $1/\eta\mu\theta$ |
| 0,166           | 10                 | 3,92   |        | 15,37       |             | 6,034             |
| 0,457           | 27                 | 2,34   | 2,72   | 5,48        | 7,40        | 2,188             |
| 0,583           | 36                 | 2,11   | 2,39   | 4,45        | 5,71        | 1,716             |
| 0,740           | 42                 | 1,94   | 2,24   | 3,76        | 5,02        | 1,351             |
| 0,797           | 53                 | 1,78   | 2,06   | 3,17        | 4,24        | 1,255             |
| 0,884           | 62                 | 1,71   | 1,93   | 2,92        | 3,72        | 1,131             |
| 0,957           | 73                 | 1,61   | 1,86   | 2,59        | 3,46        | 1,045             |
| 0,994           | 83                 | 1,59   | 1,85   | 2,53        | 3,42        | 1,006             |
| 0,997           | 86                 | 1,58   | 1,83   | 2,50        | 3,35        | 1,003             |

Πίνακας 1. Μετρήσεις και υπολογισμοί



Διάγραμμα 1. Μήκος  $l=0,60$  m

Η κλίση της ευθείας είναι  $\alpha=2,54$ . Από τη σχέση (4) συνάγεται πως  $g=9,32$  m/s<sup>2</sup>. Η απόκλιση από τη θεωρητικά αποδεκτή τιμή ( $g=9,81$  m/s<sup>2</sup>) είναι 5,0%.



Διάγραμμα 2. Μήκος  $l=0,80$  m

Η κλίση της ευθείας είναι  $\alpha=3,40$ . Από τη σχέση (4) συνάγεται πως  $g=9,28$  m/s<sup>2</sup>. Η απόκλιση από τη θεωρητικά αποδεκτή τιμή ( $g=9,81$  m/s<sup>2</sup>) είναι 5,5%.

Η απόκλιση και στις δύο περιπτώσεις είναι αποδεκτή για ένα σχολικό πείραμα.

### Προτάσεις – Συμπεράσματα

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μέτρηση για γωνία  $\theta$  με  $\eta\mu\theta=0,166$ . Η κίνηση του εκκρεμούς προσομοιώνει την κίνηση εκκρεμούς στην επιφάνεια της Σελήνης, όπου η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι ίση περίπου με το 1/6 της επιτάχυνσης  $g$  στην επιφάνεια της Γης.

Επιπλέον, μπορεί να δοθεί στους μαθητές πίνακας με την τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας στην επιφάνεια μερικών από τα σώματα του Ηλιακού μας συστήματος (Πίνακας 2) και να συζητηθούν θέματα όπως:

1. Για ποια από αυτά τα σώματα μπορεί να γίνει προσομοίωση της κίνησης εκκρεμούς στην επιφάνειά τους με τη συγκεκριμένη πειραματική διάταξη;
2. Ποια πρέπει να είναι η γωνία  $\theta$  ώστε το εκκρεμές να κινείται όπως θα κινούταν σε κατακόρυφο επίπεδο στην επιφάνεια π.χ. του Άρη;

| Πλανήτης | $g$ (m/s <sup>2</sup> ) |
|----------|-------------------------|
| Ερμής    | 3.61                    |
| Αφροδίτη | 8.83                    |

|                  |                            |
|------------------|----------------------------|
| Άρης             | 3.75                       |
| Δίας             | 26.0                       |
| Κρόνος           | 11.2                       |
| Ουρανός          | 10.5                       |
| Ποσειδώνας       | 13.3                       |
| Πλούτωνας        | 0.61                       |
| <b>Δορυφόρος</b> | <b>g (m/s<sup>2</sup>)</b> |
| Σελήνη           | 1,62                       |
| Γανυμήδης        | 1,43                       |
| Ιώ               | 1,81                       |

Πίνακας 2. Η επιτάχυνση της βαρύτητας στην επιφάνεια σωμάτων του Ηλιακού μας συστήματος

Η ιδέα συζητήθηκε και πραγματοποιήθηκε με μαθητές της ομάδας πειραμάτων του λυκείου μας, εκτός σχολικού ωραρίου. Όπως ήταν αναμενόμενο να συμβεί σε μια πρώτη προσπάθεια, παρουσιάστηκαν αρκετά πρακτικά προβλήματα τα οποία αντιμετωπίστηκαν με τη συνδρομή όλων των μαθητών. Η λήψη των μετρήσεων φάνηκε αρχικά να είναι μια αρκετά χρονοβόρα διαδικασία αλλά με την πάροδο του χρόνου όλα έγιναν ευκολότερα. Οι μαθητές, τελικά, αισθάνθηκαν «δικαιωμένοι» με τα αποτελέσματα ενώ η σύγκριση των τιμών της περιόδου για διαφορετικές γωνίες τους έκανε εντύπωση. Κλείνοντας, πιστεύουμε πως πρόκειται για έναν εύκολο, αποτελεσματικό και οικονομικό τρόπο για να «αλλάξουμε» τη βαρύτητα στο εργαστήριο.

Ευχαριστούμε τους μαθητές Κίμωνα Κουνάλη, Αλέξανδρο Πατατούκα, Ιωάννα Πατατούκα, Ερρίκο Κουνάλη, Άγγελο Νικηταρά, Παναγιώτη Πούγγουρα, Κωνσταντίνα Τριανταφύλλου και Χριστίνα Φακιώλα για την ενεργή συμμετοχή τους στο σχεδιασμό και την εκτέλεση του πειράματος.

## Βιβλιογραφία

- Feliciano, J. (1998). The variable gravity pendulum. *The Physics Teacher*, Volume 36, Issue 1, σελ. 51-52.
- Kultiroff, D. (1975). *101 classroom demonstrations and experiments for teaching physics*, Parker Publishing Company, New York, σελ.91-92.
- Sutton, R. (1938). *Demonstration experiments in physics*. McGraw-Hill Book Company, New York and London. σελ. 58-59.
- Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ. & Παπασιμπα, Α. (2011). *Φυσική Γ Γυμνασίου*, ΟΕΔΒ, σελ 92-93.

Κολίτση, Φ. & Σκουλίδης, Ν. (2015). Υπερβαρύτητα και αντιβαρύτητα: Επίδραση της βαρύτητας στο απλό εκκρεμές. *Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο στην Ελλάδα και στην Ευρώπη: Πρακτικά 7ων Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών*, εκδ. Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω.

Σκουλίδης, Ν. (2016). Επίδραση της βαρύτητας στο απλό εκκρεμές. Δύο λάθη ένα σωστό! *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, τ. 10, σελ. 63-73.

Όλες οι φωτογραφίες είναι του συγγραφέα.



Ο Παναγιώτης (Τάκης) Λάζος έχει σπουδάσει Φυσική στο Πανεπιστήμιο Αθηνών, Φωτογραφία στο ΤΕΙ Αθήνας και έχει μεταπτυχιακό στην Ιστορία και Φιλοσοφία των Επιστημών και της Τεχνολογίας στο Πανεπιστήμιο Αθηνών. Είναι εκπαιδευτικός στο 26<sup>ο</sup> ΓΕΛ Αθήνας και υπ. Διδάκτορας στο Παιδαγωγικό Τμήμα του Ε.Κ.Π.Α.. Τα ερευνητικά του ενδιαφέροντα σχετίζονται με την ιστορία των επιστημονικών οργάνων στα ελληνικά εκπαιδευτικά ιδρύματα, με την πειραματική διδασκαλία της φυσικής και τις εφαρμογές της φωτογραφίας στη Φυσική.

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

**Γιώργος Τσαλακός και Μαρία Πολυκαρπούλου**

*Η εργασία αυτή παρουσιάστηκε στο Πανελλήνιο Συνέδριο «Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες» που πραγματοποιήθηκε στη Θεσσαλονίκη 16-17 Απριλίου 2016 και δημοσιεύτηκε στα πρακτικά του Συνεδρίου. Αναδημοσιεύεται εδώ μετά από έγκριση των επιμελητών των πρακτικών του Συνεδρίου.*

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 (Dufrence 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 ικανότητας 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 δεξιότητα "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 ό,τι 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 αντικειμένου, 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:

- Διατυπώσουν την τυχόν υπάρχουσα δική τους ερμηνεία
- Ελέγξουν αν ισχύει ή όχι η δική τους άποψη
- Εφαρμόσουν το επιστημονικό πρότυπο, για να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα πειράματος που δεν ερμηνεύονται με την άποψή τους
- 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:

- Μάθηση περιεχομένων φυσικών επιστημών και
- 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.

| ΣΧΟΛΙΚΗ ΧΡΟΝΙΑ 2015 – 2016                                                                                                                                                                                                                                                        |          | ΔΕΚΑΘΛΟ ΦΥΣΙΚΗΣ                            |                                             |                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------|
| ΤΜΗΜΑ:                                                                                                                                                                                                                                                                            |          | ΟΜΑΔΑ:                                     |                                             |                              |
| ΜΕΛΗ ΟΜΑΔΑΣ:                                                                                                                                                                                                                                                                      |          | 1.                                         |                                             |                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |          | 2.                                         |                                             |                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |          | 3.                                         |                                             |                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |          | 4.                                         |                                             |                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |          | 5.                                         |                                             |                              |
| A/A                                                                                                                                                                                                                                                                               | ΑΓΩΝΙΣΜΑ | ΒΑΘΜΟΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑΣ <sup>(1)</sup> | ΒΑΘΜΟΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑΣ <sup>(2)</sup> | ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΓΩΝΙΣΜΑΤΟΣ |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                 |          |                                            |                                             |                              |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                 |          |                                            |                                             |                              |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                 |          |                                            |                                             |                              |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                 |          |                                            |                                             |                              |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                 |          |                                            |                                             |                              |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                 |          |                                            |                                             |                              |
| 7                                                                                                                                                                                                                                                                                 |          |                                            |                                             |                              |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                 |          |                                            |                                             |                              |
| 9                                                                                                                                                                                                                                                                                 |          |                                            |                                             |                              |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |                                            |                                             |                              |
| ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ:                                                                                                                                                                                                                                                              |          |                                            |                                             |                              |
| <sup>(1)</sup> – Σε κάθε αγώνισμα η 1 <sup>η</sup> ομάδα παίρνει 4 βαθμούς, η 2 <sup>η</sup> 3 βαθμούς, η 3 <sup>η</sup> 2 βαθμούς και η 4 <sup>η</sup> 1 βαθμό.<br><sup>(2)</sup> – Σε κάθε αγώνισμα υπάρχουν 2 ερωτήσεις και για κάθε σωστή απάντηση η ομάδα παίρνει 2 βαθμούς. |          |                                            |                                             |                              |

Εικόνα 1. 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.

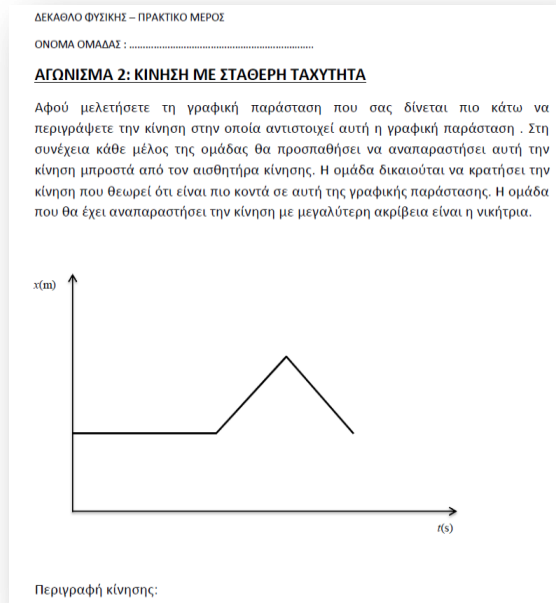
Στον Πίνακα 1 παρατίθενται τα δέκα αγωνίσματα του ΔΦ για την Α΄ Λυκείου, με αναφορά στην ενότητα του Αναλυτικού Προγράμματος και σύντομη περιγραφή του αγωνίσματος.

| A/A | ΑΓΩΝΙΣΜΑ                                      | ΕΝΟΤΗΤΑ<br>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΥ<br>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 | 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                                                                               |

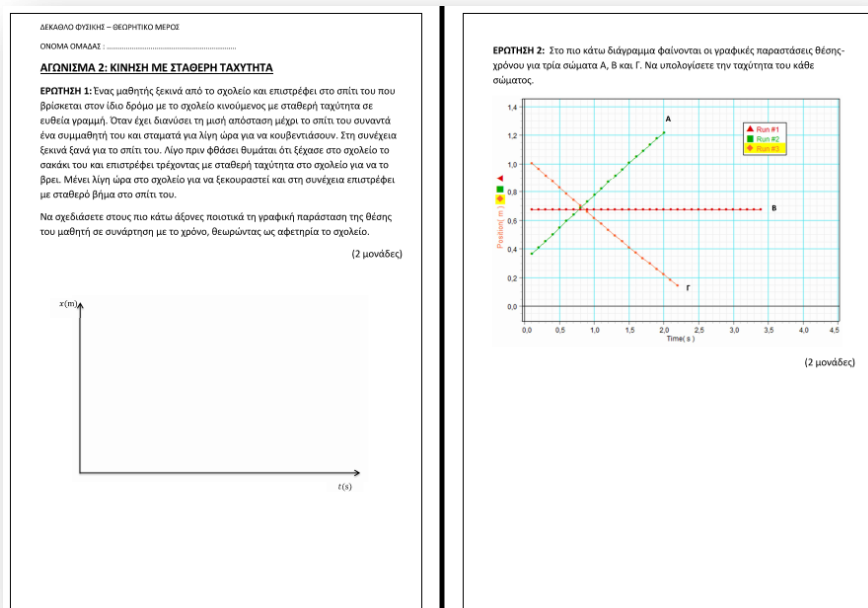
|    | κίνησης                             |                                  | τμήματα ευθύγραμμων κινήσεων με σταθερή επιτάχυνση. Η ομάδα επιλέγει την καλύτερη αναπαράσταση.                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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.                                                                                                                                                               |

Πίνακας 1. Τα αγωνίσματα του ΔΦ για την Α' Λυκείου (τμήμα προσανατολισμού)

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



Εικόνα 3. Το φύλλο δραστηριότητας για το θεωρητικό μέρος του αγωνίσματος 2.

### Το ΔΦ στην Β' Λυκείου

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

| A/A | ΑΓΩΝΙΣΜΑ                             | ΕΝΟΤΗΤΑ ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ                        | ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΓΩΝΙΣΜΑΤΟΣ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----|--------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | Καλαθοσφαίριση με οριζόντια βολή     | Καμπυλόγραμμες κινήσεις:<br>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:<br>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:<br>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   | Μπαλόνι πύραυλος                     | Διατήρηση της ορμής:<br>Εφαρμογές διατήρησης της ορμής | Οι ομάδες προσπαθούν να κάνουν το μπαλόνι να διανύσει τη μεγαλύτερη απόσταση κατά μήκος νήματος και να ερμηνεύσουν την κίνηση.                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 5   | Αμαξίδια και Α.Δ.Ο.                  | Διατήρηση της ορμής:<br>Αρχή Διατήρησης της Ορμής      | Σκοπός του αγωνίσματος είναι με τη χρήση των εργαστηριακών αμαξιδίων και των φωτοπυλών-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:<br>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:<br>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:<br>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:<br>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 των κατασκευαστικών στοιχείων της συσκευής SE252 | Ηλεκτρικό πεδίο: Κινήσεις φορτισμένων σωματιδίων σε ΗΣΠ | Οι ομάδες με τη χρήση της ειδικής συσκευής μετρούν την απόκλιση της δέσμης των ηλεκτρονίων και προσδιορίζουν την σταθερά που αποτελείται από τα κατασκευαστικά στοιχεία της συσκευής |
|----|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Πίνακας 2. Τα αγωνίσματα του ΔΦ για την Β' Λυκείου

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.

ΔΕΚΑΒΛΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ Β' ΛΥΚΕΙΟΥ ΘΕΤΙΚΟΥ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ  
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 – συσκευές – υλικά που έχετε στη διάθεσή σας είναι:

- Καλαμάκι ή γυάλινο λεπτό σωλήνα
- Ποτήρι γεμάτο με νερό
- Διαστημόμετρο (βερνιέρο)
- Μετροταινία ή χάρακα
- Πλαστελίνη

Για τους υπολογισμούς των ζητούμενων μεγεθών θεωρούνται δεδομένα τα παρακάτω μεγέθη:

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

Πρακτικό μέρος και Θεωρητικό μέρος

1. Βυθίστε τον γυάλινο σωλήνα μέσα σε ένα ποτήρι με νερό. Κλείστε το πάνω μέρος καλά με λίγη πλαστελίνη για να μην μπαίνει αέρας. Βγάλτε τον σωλήνα από το ποτήρι. Θα διαπιστώσετε ότι έχετε πάρει μαζί σας και μια ποσότητα νερού. Πώς το εξηγείτε αυτό;

(α) (β) (γ)

Σχηματική αναπαράσταση της περσωνιακής διάταξης.

2. Υπολογίστε την πίεση που ασκεί η στήλη του νερού που περιέχει ο σωλήνα. Γράψτε το σκεπτικό σας και τους υπολογισμούς σας.

.....

$P_{\text{νερού}} = \dots\dots\dots$

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

.....

$P_{\text{αέρα}} = \dots\dots\dots$

4. Αναποδογυρίστε 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.

.....

$P_{\text{αέρα}} = \dots\dots\dots$

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

.....

7. Γιατί νομίζετε ότι η παραπάνω διαδικασία οδήγησε 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.

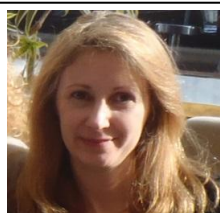
### Βιβλιογραφία

- 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/ceri/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 4ου 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 Χριστοδουλίδης.
- 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](https://www.dfe.gov.cy/dfefiles/dfefiles/DFE_Athmia_EKPAIDEYSH_SHMEIWSEIS_2012_2013.pdf) . Ημερομηνία προσπέλασης: 10 Ιανουαρίου 2016).



Ο Γιώργος Τσαλακός σπούδασε Φυσική στο Ρωσικό Πανεπιστήμιο Φιλίας των Λαών στη Μόσχα. Από το ίδιο Πανεπιστήμιο το 1994 πήρε το διδακτορικό του στη Θεωρητική Φυσική. Από το 2002 εργάζεται ως καθηγητής Φυσικής στη Μέση Εκπαίδευση. Τα τελευταία χρόνια εργάζεται με μερική απόσπαση στο Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου. Ασχολείται με θέματα αξιολόγησης του μαθητή, τους τρόπους ένταξης των ΤΠΕ στο μάθημα και την αποτελεσματική αξιοποίηση του πειράματος στο μάθημα της Φυσικής.



Η Πολυκαρπούλου Μαρία είναι απόφοιτος της σχολής Θετικών Επιστημών – Τμήμα Φυσικής του Πανεπιστημίου Πατρών. Για πολλά χρόνια εργάστηκε ως καθηγήτρια φυσικής Μέσης Εκπαίδευσης σε φροντιστήρια. Από το 2009 εργάζεται σε δημόσιο σχολείο (3<sup>ο</sup> Γ.Ε.Λ. Σερρών). Της αρέσει να εφαρμόζει πρωτότυπες μεθόδους διδασκαλίας που συνδυάζουν εργαστηριακή ενασχόληση και ΤΠΕ.

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή

## **Μια επίδειξη της αναδίπλωσης των πρωτεϊνών**

**Στέφανος Γιαγτζόγλου**

Η κατανόηση των βασικών αρχών που διέπουν την αναδίπλωση των πρωτεϊνών αποτελεί σημαντικό μέρος των περισσότερων μαθημάτων Βιολογίας και Βιοχημείας εισαγωγικού επιπέδου, κατά την διάρκεια των προπτυχιακών σπουδών. Πιο συγκεκριμένα, οι σπουδαστές πρέπει να κατανοήσουν τρεις βασικές έννοιες: (1) Μια πρωτεΐνη συντίθεται ως γραμμική αλυσίδα αμινοξέων, που στη συνέχεια αναδιπλώνεται σχηματίζοντας μια τρισδιάστατη δομή. (2) Η διεργασία αναδίπλωσης κατευθύνεται τόσο από μη ομοιοπολικές αλληλεπιδράσεις (δεσμοί υδρογόνου, ηλεκτροστατικές αλληλεπιδράσεις, δυνάμεις Van der Waals, και υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις), όσο και από ομοιοπολικές αλληλεπιδράσεις (π.χ. δισουλφιδικοί δεσμοί), που πραγματοποιούνται μεταξύ διαφορετικών τμημάτων της πολυπεπτιδικής αλυσίδας. (3) Το τελικό σχήμα αναδίπλωσης του πρωτεϊνικού μορίου καθορίζεται από την αμινοξική αλληλουχία (White, 2006). Δεδομένου ότι οι παραπάνω έννοιες εμπλέκουν περίπλοκες τρισδιάστατες δομές μορίων, η δισδιάστατη παρουσίασή τους με την χρήση του πίνακα και του σχολικού εγχειριδίου (Καψάλης κ.ά., 2012) δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική. Στην παρούσα εργασία θα παρουσιαστεί μια απλή hands-on δραστηριότητα διάρκειας μίας διδακτικής ώρας, στην οποία μαθητές της Β' Λυκείου χρησιμοποιούν ένα κομμάτι σύρματος για την προσομοίωση μιας ολιγοπεπτιδικής αλυσίδας και την διερεύνηση των βασικών αρχών που διέπουν την αναδίπλωσή της.

### **Ο ρόλος των hands-on δραστηριοτήτων στη διδασκαλία των πρωτεϊνών**

Η έρευνα σχετικά με την αποτελεσματικότητα της hands-on μοντελοποίησης των χημικών και βιολογικών δομών έχει δείξει ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Σε αρκετές μελέτες (Howe & Durr, 1982; Copolo & Hounshell, 1995; Barnea & Dori, 1999), η χρησιμοποίηση φυσικών μοντέλων απλών χημικών δομών σε συνδυασμό με άλλες καινοτόμες διδακτικές προσεγγίσεις ενίσχυσε την μαθησιακή διαδικασία, σε σύγκριση με τα συμβατικά αναλυτικά προγράμματα σπουδών. Οι Gabel & Sherwood (1980) έδειξαν ότι ένα αναλυτικό πρόγραμμα Χημείας βασισμένο στην χρησιμοποίηση μοντέλων, διάρκειας ενός έτους, παρουσίασε βελτιωμένα μαθησιακά αποτελέσματα, συγκρινόμενο με την

παραδοσιακή διδασκαλία. Οι Roberts και συν. (2005) έδειξαν πως, όταν φυσικά μοντέλα συνδυαστούν με κάποιο λογισμικό μοριακής οπτικοποίησης, οι σπουδαστές λαμβάνουν σημαντική βοήθεια στην προσπάθειά τους να μάθουν για την δομή των πρωτεϊνών. Στη συγκεκριμένη μελέτη, οι σπουδαστές ανέφεραν ότι η hands-on μοντελοποίηση πλήρως αναδιπλωμένων πρωτεϊνών αποτέλεσε το πιο υποβοηθητικό μέσο για την διδασκαλία αυτών των εννοιών. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι η χρησιμοποίηση hands-on δραστηριοτήτων κατά την διδασκαλία των πρωτεϊνών θα μπορούσε να είναι ιδιαίτερα εποικοδομητική (White, 2006).

Σύμφωνα με τους Herman και συν. (2006), η διδασκαλία της δομής των πρωτεϊνών καθίσταται πιο αποτελεσματική, όταν αρχικά οι πρωτεΐνες εισάγονται με την χρησιμοποίηση φυσικών μοντέλων, και ακολουθεί επεξεργασία και γενίκευση της εμπειρίας αυτής με την συνεργιστική χρήση διαδραστικών εικόνων στον υπολογιστή. Οι Goldstone & Son (2005) διερεύνησαν την τεχνική αυτή σε 84 φοιτητές του Πανεπιστημίου της Ιντιάνα. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε μια δισδιάστατη προσομοίωση με ρεαλιστικές εικόνες. Σε μεταγενέστερη προσομοίωση βασισμένη στις ίδιες αρχές λειτουργίας, οι ρεαλιστικές εικόνες αντικαταστάθηκαν με πιο αφηρημένα γεωμετρικά σχήματα. Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι η εισαγωγή της προσομοίωσης με τον παραπάνω τρόπο (πρώτα οι ρεαλιστικές εικόνες και έπειτα τα αφηρημένα σχήματα), θα μπορούσε να οδηγήσει σε καλύτερη μεταφορά της κατανόησης της διαδικασίας προσομοίωσης σε μια καινούρια κατάσταση. Αυτός ο τύπος μάθησης ξεπέρασε όλες τις άλλες πιθανές παραλλαγές: την συνεπή χρησιμοποίηση μιας ρεαλιστικής εικόνας, την αποκλειστική χρησιμοποίηση μιας αφηρημένης εικόνας, ή την αντίστροφη παρουσίαση των εικόνων (πρώτα την αφηρημένη και έπειτα την ρεαλιστική).

Οι Jiun-Liang Ke και συν. (2005) έγραψαν: «Για κάποιους μελετητές ... οι αισθητηριο-κινητικές εμπειρίες αποτελούν την καρδιά της σκέψης μας» [Αναφ. 6., σ. 1590]. Η δύναμη των αισθητηριο-κινητικών εμπειριών στην κινητοποίηση των σπουδαστών να θέτουν ερωτήματα, καταδείχθηκε από ένα πείραμα που πραγματοποίησαν οι Jones και συν. (2006). Οι σπουδαστές που είχαν την ευκαιρία να «αγγίξουν» ιούς χρησιμοποιώντας ένα ευαίσθητο στην πίεση χειριστήριο παιχνιδιών, ενδιαφέρονταν περισσότερο να βιώσουν την εμπειρία, συγκριτικά με εκείνους που χρησιμοποίησαν ένα συμβατικό ποντίκι για τον σκοπό αυτό. Η πιο αυθεντική εμπειρία αφής παρήγαγε σημαντικά πλουσιότερες περιγραφές των χαρακτηριστικών των ιών, περισσότερες ερωτήσεις σχετικά με τους ιούς, και την χρησιμοποίηση περισσότερων αναλογιών για την περιγραφή τους. Το παραπάνω εύρημα βρίσκεται σε συμφωνία με την διαπίστωση ότι, τα μοντέλα των πρωτεϊνών λειτουργούν ως «εργαλεία σκέψης» που ενθαρρύνουν την συζήτηση, γιατί αφενός το ίδιο το μοντέλο παρέχει ενόραση σε θέματα χώρου, κινητοποιώντας τους συμμετέχοντες να θέσουν ερωτήματα, αφετέρου οι συμμετέχοντες μπορούν να διατυπώσουν με σαφήνεια τις ερωτήσεις τους σε σχέση με το μοντέλο (Herman et al., 2006).

### **Η μοντελοποίηση στην επίδειξη της πρωτεϊνικής αναδίπλωσης**

Μέχρι τώρα έχουν αναπτυχθεί αρκετές hands-on δραστηριότητες αναδίπλωσης των πρωτεϊνών. Ο Eric Martz συνιστά την χρήση *Toobers* – σύρματα μεγάλου μήκους τυλιγμένα σε αφρολέξ – για την προσομοίωση της πρωτεϊνικής αναδίπλωσης (<http://www.umass.edu/molvis/toobers/>). Άλλοι ερευνητές έχουν αναπτύξει μια σειρά άκρως ρεαλιστικών δραστηριοτήτων χρησιμοποιώντας *Toobers*, που φέρουν μαγνητικές πλευρικές αλυσίδες (<http://www.3dmoleculardesigns.com/3DMD.htm>). Ωστόσο, το κόστος ενός τέτοιου kit είναι απαγορευτικό, όταν πρέπει να δοθεί σε κάθε μαθητή, προκειμένου να μπορέσει να εργαστεί αποτελεσματικά. Οι Nelson & Goetze (2004) ανέπτυξαν μια κομψή μέθοδο επίδειξης της πρωτεϊνικής αναδίπλωσης, που χρησιμοποιεί *σύρματα πίπας (pipe cleaners)* για την προσομοίωση της πολυπεπτιδικής αλυσίδας. Ωστόσο, η διανομή των υλικών που απαιτούνται για την δραστηριότητα αυτή (σύρματα πίπας, σελοτέιπ, κλιπ), καθώς επίσης και η συναρμολόγηση των συρμάτων πίπας, αποτελεί αρκετά χρονοβόρα διαδικασία. Δεδομένων των παραπάνω περιορισμών, στην παρούσα εργασία θα παρουσιαστεί μια απλή hands-on δραστηριότητα, στην οποία χρησιμοποιείται ένα κομμάτι σύρματος (μονόκλωνο) μήκους 1m και διαμέτρου 0,8mm για την προσομοίωση μιας μικρής πολυπεπτιδικής αλυσίδας. Το σύρμα διατίθεται σε καταστήματα πώλησης ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, σε χαμηλό κόστος (περίπου 0,10 ευρώ το μέτρο).

### **Ένταξη της hands-on δραστηριότητας στη διδασκαλία**

Σύμφωνα με τον White (2006), η δραστηριότητα αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί κατά την διάρκεια της πρώτης διάλεξης του εκπαιδευτικού πάνω στην αναδίπλωση των πρωτεϊνών. Πριν από την διάλεξη, ο εκπαιδευτικός έχει παρουσιάσει στοιχεία βασικής χημείας, που αφορούν στις πρωτεΐνες (ομοιοπολικοί και μη ομοιοπολικοί δεσμοί) και τα βιοπολυμερή. Η διάλεξη αρχίζει με την παρουσίαση της δομής των αμινοξέων – σταθερό τμήμα και πλευρική αλυσίδα – και προχωρά με την περιγραφή του πεπτιδικού δεσμού, που οδηγεί σταδιακά στον σχηματισμό της πολυπεπτιδικής αλυσίδας. Ακολουθεί συζήτηση, με παραδείγματα, των διαφορετικών ιδιοτήτων των πλευρικών αλυσίδων των αμινοξέων. Τελικά, ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει την τρισδιάστατη δομή της αιμογλοβίνης, χρησιμοποιώντας ένα πρόγραμμα μοριακής οπτικοποίησης (π.χ. Jmol), και εξηγεί ότι οι πρωτεΐνες αναδιπλώνονται αποκτώντας συμπαγή τρισδιάστατα σχήματα. Με τον τρόπο αυτό, έχει τεθεί η βάση για την υλοποίηση της hands-on δραστηριότητας.

Στην παρούσα εργασία, τα παραπάνω θα θεωρηθούν ως γνωστικά προαπαιτούμενα, που αντλήθηκαν μέσα από την εξέταση των υποενοτήτων «Γενικά στοιχεία» και «Πρωτεΐνες: Διαδεδομένες, πολύπλοκες και εύθραυστες» της ενότητας «1.2 Μακρομόρια» του σχολικού εγχειριδίου Βιολογίας της Β' τάξης Γενικού Λυκείου (Καψάλης κ.α., 2012), προκειμένου να υλοποιηθεί η δραστηριότητα. Με τον τρόπο αυτό, στο συγκεκριμένο εργαστηριακό μάθημα διάρκειας μίας διδακτικής ώρας, οι μαθητές πραγματοποιούν δραστηριότητες κιναισθητικού τύπου ώστε, αφενός να κατανοήσουν τις έννοιες που διδάχτηκαν στην πρώτη διάλεξη, αφετέρου να διορθώσουν τις όποιες εσφαλμένες αντιλήψεις είχαν

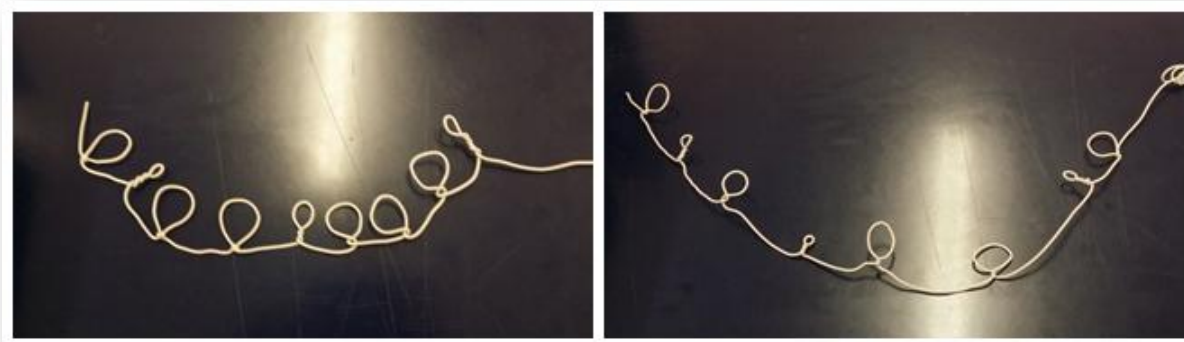
σχηματίζει είτε κατά την διάρκεια της διάλεξης είτε από προηγούμενη εμπειρία τους στην πορεία της μαθητικής τους διαδρομής.

Επίσης, κάθε ομάδα μαθητών λαμβάνει ένα φύλλο οδηγιών (<https://www.dropbox.com/s/rfe3i6s0sjhtxh4/Wire Project odigos ws.pdf?dl=0>, αλλά επίσης διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο του περιοδικού ως υποστηρικτικό υλικό), που εξηγεί πώς να χρησιμοποιήσει το σύρμα για να προσομοιώσει την πολυπεπτιδική αλυσίδα. Το φύλλο οδηγιών έχει δομηθεί πάνω στην θεωρία της καθοδηγούμενης ανακάλυψης (Hughes & Ellefson, 2013) σε ένα ενεργό, συμμετοχικό και συνεργατικό περιβάλλον μάθησης (Fernández-Santander, 2008). Οι γραπτές οδηγίες, σε συνδυασμό με την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού, αρκούν, ώστε να πραγματοποιήσουν οι μαθητές την δραστηριότητα.

### Αποτελέσματα

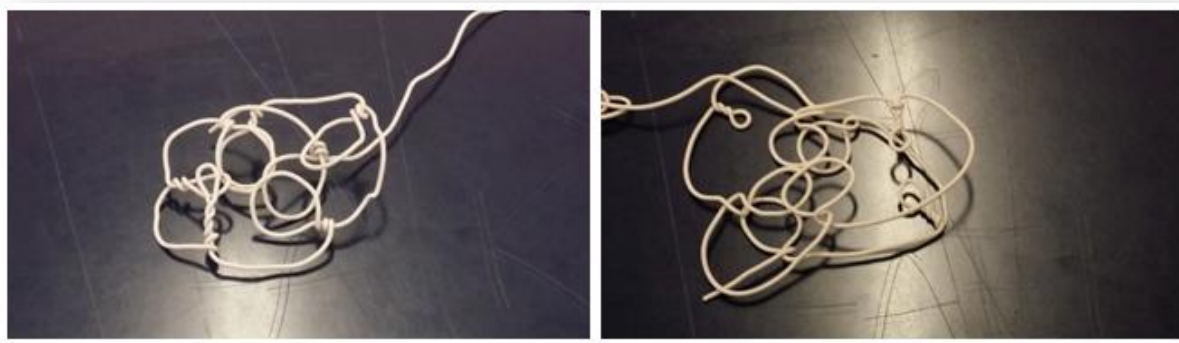
Η συγκεκριμένη εργαστηριακή δραστηριότητα διήρκεσε μία διδακτική ώρα και πραγματοποιήθηκε από τέσσερις ομάδες των τριών/τεσσάρων μαθητών. Οι άξονες στους οποίους βασίστηκε η αξιολόγηση των μαθητών αφορούσε σε τρία μέρη: (α) κατασκευή του ολιγοπεπτιδίου (25% συμμετοχή στην τελική βαθμολογία), (β) αναδίπλωση του ολιγοπεπτιδίου (25% συμμετοχή στην τελική βαθμολογία), και (γ) την ορθή και επαρκή συμπλήρωση του φύλλου δραστηριοτήτων (50% συμμετοχή στην τελική βαθμολογία).

Ως προς το κατασκευαστικό μέρος, όλες οι ομάδες απέδωσαν ικανοποιητικά. Ακολουθώντας τις γραπτές οδηγίες που τους δόθηκαν, κατασκεύασαν χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία ένα ολιγοπεπτίδιο αποτελούμενο από επτά έως εννέα αμινοξέα και των τριών τύπων (υδρόφοβα, θετικά φορτισμένα και αρνητικά φορτισμένα) (Εικόνα 1). Οι ομάδες χρησιμοποίησαν στην κατασκευή τους περισσότερα υδρόφοβα παρά ηλεκτρικά φορτισμένα αμινοξέα. Επιπλέον, με εξαίρεση μία ομάδα, οι υπόλοιπες φρόντισαν ώστε τα ηλεκτρικά φορτισμένα αμινοξέα να μην είναι γειτονικά μεταξύ τους, αλλά να διαχωρίζονται από μερικά υδρόφοβα.



Εικόνα 1. Παραδείγματα μη αναδιπλωμένων ολιγοπεπτιδίων που κατασκεύασαν διαφορετικές ομάδες.

Ως προς το μέρος της δραστηριότητας που αφορούσε στην αναδίπλωση του ολιγοπεπτιδίου, όλες οι ομάδες τα κατάφεραν επίσης αρκετά καλά (Εικόνα 2). Λαμβάνοντας υπόψη τις μη ομοιοπολικές αλληλεπιδράσεις (ιοντικές, υδρόφοβες), κάθε ομάδα δίπλωσε την συρμάτινη κατασκευή της, σχηματίζοντας με τον τρόπο αυτό μια συμπαγή τρισδιάστατη δομή σύρματος με τις υδρόφοβες πλευρικές αλυσίδες να καταλαμβάνουν το εσωτερικό της δομής αυτής και τις αντίθετα ηλεκτρικά φορτισμένες πλευρικές αλυσίδες να προσεγγίζουν η μια την άλλη.



Εικόνα 2: Παραδείγματα αναδιπλωμένων ολιγοπεπτιδίων που κατασκεύασαν διαφορετικές ομάδες.

Η εξέταση των απαντήσεων των ομάδων στα ερωτήματα του φύλλου δραστηριοτήτων οδήγησε σε ορισμένα ενδιαφέροντα ευρήματα. Στην *Ερώτηση 1*, όπου οι ομάδες καλούνταν να ερμηνεύσουν τη διατήρηση του συγκεκριμένου σχήματος του πεπτιδίου που κατασκεύασαν, όλες οι ομάδες αναφέρθηκαν στον ιοντικό δεσμό, αλλά μόνο οι μισές συμπεριέλαβαν στην απάντησή τους και τις υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις. Στην *Ερώτηση 2*, ζητήθηκε από τις ομάδες να αναφέρουν εκείνες τις αλληλεπιδράσεις που θεωρούν ότι δεν λήφθηκαν υπόψη κατά την εκτέλεση της συγκεκριμένης δραστηριότητας. Οι μισές ομάδες δήλωσαν ορθά ως τέτοιες αλληλεπιδράσεις τους δεσμούς υδρογόνου, ενώ οι άλλες μισές δήλωσαν εσφαλμένα τις υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις και τους πεπτιδικούς δεσμούς. Ωστόσο, όλες οι ομάδες παρέλειψαν να αναφέρουν τους δισουλφιδικούς δεσμούς. Στην *Ερώτηση 3*, κάθε ομάδα, έχοντας δει το σχήμα του ολιγοπεπτιδίου που κατασκεύασαν οι υπόλοιπες, έπρεπε να ερμηνεύσει την διαφορά του σχήματος της κατασκευής της σε σχέση με το αντίστοιχο των άλλων ομάδων. Τρεις από τις τέσσερις ομάδες αιτιολόγησαν σωστά την διαφορετικότητα της κατασκευής τους επικαλούμενες την διαφορετική πρωτοταγή δομή, ενώ μία ομάδα απάντησε ότι δεν γνώριζε τον λόγο. Στην *Ερώτηση 4*, κάθε ομάδα έπρεπε να επινοήσει και να καταθέσει έναν άλλο τρόπο παρουσίασης της πρωτοταγούς δομής των αμινοξέων. Οι μισές ομάδες χρησιμοποίησαν το διδακτικό ανάλογο του κομπολογιού με τις χάντρες, ενώ οι υπόλοιπες αναφέρθηκαν στην δυνατότητα χρησιμοποίησης κάποιας πολυμεσικής εφαρμογής στο Διαδίκτυο ή σχεδίασης της πρωτοταγούς δομής στο χαρτί.

Το τελευταίο μέρος της δραστηριότητας απαιτούσε από τις ομάδες να πραγματοποιήσουν μια προσομοίωση της θερμικής μετουσίωσης, κρατώντας ένα τμήμα του πεπτιδικού σκελετού της αρχικής τους κατασκευής, και κουνώντας το έντονα. Στην Ερώτηση 5, κάθε ομάδα έπρεπε να εξηγήσει το φαινόμενο που προσομοίωσε με τον παραπάνω τρόπο. Όλες οι ομάδες συσχέτισαν αφενός την έντονη κίνηση με την αύξηση της κινητικής ενέργειας, αφετέρου την αύξηση της κινητικής ενέργειας των μορίων του σύρματος με την αύξηση της θερμοκρασίας. Επισημάναν κατάλληλα ότι η υψηλή θερμοκρασία θα μπορούσε να λειτουργήσει ως παράγοντας μετουσίωσης, καθώς προκαλεί διάσπαση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των πλευρικών αλυσίδων των αμινοξέων, καταστρέφοντας με τον τρόπο αυτό την τρισδιάστατη δομή του πρωτεϊνικού μορίου.

### Συμπεράσματα

Τα παραπάνω αποτελέσματα, αν και προερχόμενα από ένα μικρό δείγμα μαθητών, δείχνουν ότι πρόκειται για μια σχετικά επιτυχημένη δραστηριότητα. Οι μαθητές, χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία, κατασκεύασαν το συρμάτινο πεπτίδιο τους και το δίπλωσαν κατάλληλα, ακολουθώντας πιστά τις οδηγίες που τους δόθηκαν. Αμέσως μετά την υλοποίηση της δραστηριότητας, η πλειονότητα των ομάδων ήταν σε θέση να αναφέρει μία ή και περισσότερες από τις βασικές αρχές που διέπουν την αναδίπλωση των πρωτεϊνών, γεγονός που αποτυπώνεται στις απαντήσεις που κατέγραψαν στο φύλλο δραστηριοτήτων.

Σε γενικές γραμμές, τα παραπάνω συμπεράσματα συμφωνούν με τα βιβλιογραφικά δεδομένα. Ο White (2006), καθηγητής στο Πανεπιστήμιο της Μασαχουσέτης, επινόησε την δραστηριότητα αυτή και την εφήρμοσε με μεγάλη επιτυχία σε ένα ακροατήριο 200 και πλέον φοιτητών. Περίπου 80% των συρμάτινων καλωδίων που συνέλεξε αποτελούνταν από έξι έως οκτώ αμινοξέα, ενώ τα μισά καλώδια περιείχαν μίγμα υδρόφοβων, θετικών και αρνητικών φορτισμένων αμινοξέων. Επιπλέον, το 80% των καλωδίων είχαν αποδεκτή αναδιπλωμένη μορφή. Στην αξιολόγηση που πραγματοποίησε με τη χρησιμοποίηση σύντομου ανώνυμου ερωτηματολογίου, επισημαίνει ότι το 75-80% των φοιτητών που συμμετείχαν, ανέφερε τουλάχιστον μία από τις βασικές αρχές της αναδίπλωσης των πρωτεϊνών που παρουσιάστηκαν μέσω της συγκεκριμένης δραστηριότητας. Τα αποτελέσματα που λάβαμε από την υλοποίηση της συγκεκριμένης δραστηριότητας αφορούν σε τέσσερις ομάδες των τριών/τεσσάρων μαθητών της Β' Λυκείου στα πλαίσια μίας διδακτικής ώρας. Δεδομένου, λοιπόν, του μικρού δείγματος που χρησιμοποιήθηκε, είναι σημαντικό να υλοποιηθεί η δραστηριότητα σε μεγαλύτερο δείγμα μαθητών, προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα που αφορούν στην ακριβή εκτίμηση του βαθμού χρησιμότητας της δραστηριότητας στην επίτευξη των μαθησιακών στόχων σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, στόχους τους οποίους ο White (2006) αξιώνει ότι η δραστηριότητα αυτή πραγματώνει.

Ωστόσο, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι και οι τέσσερις ομάδες προχώρησαν ένα βήμα παραπέρα ως προς την εξηγητική ερμηνεία της θερμικής μετουσίωσης. Οι μαθητές επηρεασμένοι από την

πρόσφατα αποκτηθείσα γνώση που αφορά στην κινητική θεωρία των αερίων από το μάθημα της Φυσικής (Βλάχος κ.α., 2014), συσχέτισαν την έντονη κίνηση με την αύξηση της κινητικής ενέργειας των μορίων του σύρματος, και την τελευταία με την αύξηση της θερμοκρασίας. Με τον τρόπο αυτό, το εξηγητικό σχήμα που παρείχαν προσέγγιζε το φαινόμενο της μετουσίωσης υπό το πρίσμα διαφορετικών γνωστικών αντικειμένων, αναδεικνύοντας με τον τρόπο αυτό την ανάγκη διεπιστημονικής προσέγγισης των φαινομένων που απασχολούν τις Φυσικές Επιστήμες για την ολοκληρωμένη ερμηνεία τους (Morillo, Bordons, & Gómez, 2003).

Ο White (2006) υποστηρίζει πως βασικό πλεονέκτημα της δραστηριότητας αποτελεί το γεγονός ότι μπορεί εύκολα να πραγματοποιηθεί από όλους τους σπουδαστές ενός μεγάλου ακροατηρίου. Με τον τρόπο αυτό, οι σπουδαστές είναι σε θέση να σχηματίσουν μια σαφή εικόνα της διεργασίας αναδίπλωσης του πρωτεϊνικού μορίου, και δεν μένουν στο τελικό προϊόν που παρουσιάζουν τα διαγράμματα του σχολικού εγχειριδίου και τα λογισμικά μοριακής οπτικοποίησης. Επιπλέον, η δραστηριότητα αυτή αποτελεί σημείο αναφοράς για μετέπειτα διαλέξεις. Στο εξής, ο εκπαιδευτικός μπορεί να επικαλείται την επίδειξη της διαδικασίας αναδίπλωσης με τη βοήθεια του σύρματος, κάθε φορά που προτίθεται να μιλήσει για ζητήματα που αφορούν στον πεπτιδικό σκελετό και τις πλευρικές αλυσίδες, για την αναδίπλωση άλλων πρωτεϊνικών μορίων, και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των πλευρικών αλυσίδων.

Εντούτοις, πρέπει να σημειωθεί ότι αυτό το εξαιρετικά απλοποιημένο μοντέλο της πρωτεϊνικής αναδίπλωσης, μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές παρανοήσεις, που θα πρέπει να συζητηθούν με τους μαθητές κατά την διάρκεια του μαθήματος. Οι παρανοήσεις αυτές προκύπτουν από πέντε χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης δραστηριότητας – απλουστεύσεις που συνδέονται με το μοντέλο του σύρματος για την πρωτεϊνική δομή, οι οποίες έχουν σημαντικές επιπτώσεις. *Πρώτον*, κατά την συστροφή του σύρματος, προκειμένου να σχηματιστούν οι πλευρικές αλυσίδες των αμινοξέων, οι μαθητές μπορεί λανθασμένα να θεωρήσουν ότι τα αμινοξέα σχηματίζονται από τον πεπτιδικό σκελετό, ενώ γνωρίζουμε ότι το πολυπεπτίδιο συντίθεται με βαθμιαίο πολυμερισμό αμινοξικών κατάλοιπων, μέσα από διαδοχικές αντιδράσεις συμπύκνωσης. Επιπλέον, από την ίδια την διαδικασία κατασκευής φαίνεται να υπονοείται ότι οι υδρόφοβες πλευρικές αλυσίδες είναι πάντοτε μεγαλύτερου μεγέθους από τις φορτισμένες. *Δεύτερον*, η δραστηριότητα αυτή δεν προσομοιώνει τους δεσμούς υδρογόνου. Ο White (2006) εξηγεί πως θα ήταν εξαιρετικά δύσκολο να επινοήσει πέντε διακριτούς τύπους θηλιών, και, με μόλις επτά αμινοξέα στο πεπτίδιο, θα ήταν δύσκολο να προσομοιώσει τρεις διαφορετικούς τύπους αλληλεπιδράσεων. Με όμοιο τρόπο, η δραστηριότητα αυτή δεν υπολογίζει την επίδραση του σχήματος της πλευρικής αλυσίδας ούτε τους ομοιοπολικούς δεσμούς μεταξύ των πλευρικών αλυσίδων. *Τρίτον*, η δραστηριότητα αυτή αφήνει να εννοηθεί ότι το πρώτο βήμα στην πρωτεϊνική αναδίπλωση είναι πάντοτε ο σχηματισμός του υδρόφοβου πυρήνα του μορίου. *Τέταρτον*, δεδομένου ότι ο πεπτιδικός σκελετός είναι σχετικά «αδρανής», και τα πεπτίδια είναι μικρού μήκους, δεν μπορούμε να δείξουμε την δευτεροταγή δομή. Επιπλέον, τα μικρού μήκους πεπτίδια δεν μπορούν

να χρησιμοποιηθούν για να δείξουν το εύρος των τρισδιάστατων δομών που σχηματίζουν οι πλήρως αναδιπλωμένες πρωτεΐνες. *Πέμπτον*, το σύρμα δεν αποδίδει την πολικότητα του πρωτεϊνικού μορίου, δηλαδή τα χημικώς διαφορετικά άκρα του (αμινοτελικό και καρβοξυτελικό άκρο). Ανάλογα με το επίπεδο κατανόησης που επιδιώκεται από κάθε εκπαιδευτικό, είναι σημαντικό να συζητηθούν είτε όλα είτε μερικά από τα παραπάνω θέματα στο πλαίσιο της περαιτέρω εξέτασης του μηχανισμού της αναδίπλωσης των πρωτεϊνών. Αξίζει να σημειωθεί ότι, μια τέτοια συζήτηση θα μπορούσε να οδηγήσει σε χρήσιμα συμπεράσματα αναφορικά με τον ρόλο της μοντελοποίησης στις Φυσικές Επιστήμες, καθώς και των χαρακτηριστικών του μοντέλου που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε παρανοήσεις. Έχοντας κατά νου, λοιπόν, ότι η συγκεκριμένη δραστηριότητα έχει σχεδιαστεί για να δώσει μια πρώτη εικόνα της πρωτεϊνικής αναδίπλωσης, και να αποτελέσει σημείο αναφοράς για περαιτέρω επεξεργασία, και ότι, σε καμία περίπτωση δεν αποτελεί ολοκληρωμένη παρουσίαση της αναδίπλωσης των πρωτεϊνών, μπορεί να αποτελέσει ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την εισαγωγή στην πρωτεϊνική δομή και αναδίπλωση.

## **Βιβλιογραφία**

- Barnea, N., & Dori, Y. (1999). High-school chemistry students' performance and gender differences in a computerized molecular modeling learning environment. *J Sci Educ Technol*, 8, 257-271.
- Copolo, C., & Hounshell, P. (1995). Using three-dimensional models to teach molecular structures in high school chemistry. *J Sci Educ Technol*, 4, 295-305.
- Fernández-Santander, A. (2008). Cooperative learning combined with short periods of lecturing: A good alternative in teaching biochemistry. *Biochem Mol Biol Educ*, 36 (1), 34-8.
- Gabel, D., & Sherwood, R. (1980). The effect of student manipulation of molecular models on chemistry achievement according to Piagetian level. *J Res Sci Teach*, 17, 75-81.
- Goldstone, R., & Son, J. (2005). The transfer of scientific principles using concrete and idealized simulations. *J Learn Sci*, 14, 69-110.
- Herman, T., Morris, J., Colton, S., Batiza, A., Patrick, M., Franzen, M., et al. (2006). Tactile teaching: Exploring protein structure/function using physical models. *Biochem Mol Biol Educ*, 34 (4), 247-54.
- Howe, A., & Durr, B. (1982). Using concrete materials and peer interaction to enhance learning in chemistry. *J Res Sci Teach*, 19, 225-232.
- Hughes, P., & Ellefson, M. (2013). Inquiry-based training improves teaching effectiveness of biology teaching assistants. *PLoS ONE*, 8 (10), e78540.
- Jones, M., Minogue, J., Tretter, T., Atsuko, N., & Taylor, R. (2006). Haptic augmentation of science instruction: Does touch matter? *Sci Educ*, 90, 111-123.
- Ke, J.-L., Monk, M., & Duschl, R. (2005). Learning introductory quantum physics: Sensori-motor experiences and mental models. *Int J Sci Educ*, 27, 1571-1594.
- Morillo, F., Bordons, M., & Gómez, I. (2003). Interdisciplinarity in science: A tentative typology of disciplines and research areas. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 54(13), 1237-1249.
- Nelson, A., & Goetze, J. (2004). Modeling protein folding and applying it to a relevant activity. *Am Biol Teach*, 66, 287-289.
- Roberts, J., Hagedorn, E., Dilenburg, P., Patrick, M., & Herman, T. (2005). Physical models enhance molecular three-dimensional literacy in an introductory biochemistry course. *Biochem Mol Biol Educ*, 33 (2), 105-10.
- White, B. (2006). A simple and effective protein folding activity suitable for large lectures. *CBE Life Sci Educ*, 5 (3), 264-9.

- Βλάχος, Ι., Γραμματικάκης, Ι., Καραπαναγιώτης, Β., Περιστερόπουλος, Π., Τιμοθέου, Γ. (2014). *Φυσική Ομάδας Προσανατολισμού Θετικών Σπουδών Β' Γενικού Λυκείου*. Αθήνα: ΙΤΥΕ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ».
- Καψάλης, Α., Μπουρμπουχάκης, Ι., Περάκη, Β., & Σαλαμαστράκης, Σ. (2012). *Βιολογία Β' τάξης Γενικού Λυκείου Γενικής Παιδείας*. Αθήνα: ΙΤΥΕ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ».



Ο Στέφανος Γιαγτζόγλου έχει σπουδάσει Βιολογία στο Πανεπιστήμιο Αθηνών και ολοκληρώνει φέτος τις σπουδές του στο πρόγραμμα «Μεταπτυχιακής Ειδίκευσης Καθηγητών των Φυσικών Επιστημών» του ΕΑΠ. Από το 2007 εργάζεται στη Μέση Εκπαίδευση και από το 2012 είναι εκπαιδευτικός στο ΓΕΛ Ν. Χαλκηδόνας. Τα ερευνητικά του ενδιαφέροντα σχετίζονται με την διεπιστημονική προσέγγιση φαινομένων των Φυσικών Επιστημών και την διδασκαλία εννοιών των βιοεπιστημών μέσα από την συνδυασμένη χρήση καινοτόμων παιδαγωγικών προσεγγίσεων και ψηφιακών εργαλείων.

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή

Στη στήλη “Σκουπιδομαζέματα – επιστημοσκορπίσματα” παρουσιάζονται απλά πειράματα και κατασκευές που μπορούν να πραγματοποιηθούν με καθημερινά υλικά και μπορούν να ενταχθούν, κατά την κρίση του διδάσκοντα, σε μια διδακτική ενότητα εμπλουτίζοντας έτσι τη διδακτική πρακτική.

### **Εργαστηριακές ασκήσεις Χημείας Λυκείου με καθημερινά υλικά**

#### **Αναστασία Γκιγκούδη**

Η εργασία αυτή παρουσιάστηκε στο Πανελλήνιο Συνέδριο «Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες» που πραγματοποιήθηκε στη Θεσσαλονίκη 16-17 Απριλίου 2016 και δημοσιεύτηκε στα πρακτικά του Συνεδρίου. Αναδημοσιεύεται εδώ μετά από έγκριση των επιμελητών των πρακτικών του Συνεδρίου.

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 2ου Πειραματικού Γ.Ε.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*

| Συσκευές, όργανα και σκεύη         | Υλικά, αντιδραστήρια            |
|------------------------------------|---------------------------------|
| Υδροβολέας                         | Σόδα πλύσης                     |
| Ποτήρι ζέσεως                      | Απιονισμένο νερό (σε υδροβολέα) |
| 3 δοκιμαστικοί σωλήνες Α, Β, Γ     | Διάλυμα φαινολοφθαλεΐνης (Α)    |
| με «άγνωστη» ουσία                 |                                 |
| Βάση στήριξης δοκιμαστικών σωλήνων | Διάλυμα νιτρικού βαρίου (Β)     |
| Πλαστικό κουτάλι                   | Διάλυμα θειικού οξέος (Γ)       |

Πίνακας 1. Όργανα και υλικά που απαιτούνται για την πρώτη εργαστηριακή άσκηση

#### *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 θειικού 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).

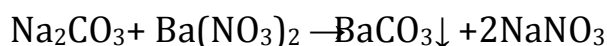
- Επιχειρείται η ερμηνεία των παρατηρήσεων.



Εικόνα 1. (α). τα υλικά του πειράματος, (β) τα τρία διαλύματα μετά την προσθήκη σόδας πλυσίματος.

### *Η ερμηνεία των παρατηρήσεων*

Η σόδα πλύσης περιέχει άλας του ανθρακικού νατρίου. Όταν προστεθεί στο διάλυμα της φαινολοφθαλείνης 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 θειικού 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.

## Σκουπιδομαζέματα - επιστημοσκορπίσματα

Υλικά και όργανα που απαιτούνται

| 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                           |                                 |

Πίνακας 2. Όργανα και υλικά που απαιτούνται για τη δεύτερη εργαστηριακή άσκηση

### Διαδικασίες

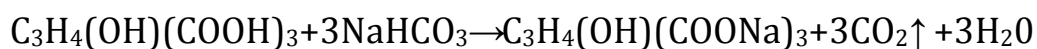
- Σε ποτήρι ζέσεως των 250 mL προστίθενται περίπου 4 έως 4,5 g ουσίας Α (ξινό).
- Στο ίδιο ποτήρι προστίθενται περίπου 6 έως 6,5 g ουσίας Β (μαγειρική σόδα).
- Στο ίδιο ποτήρι προστίθεται 10 mL απιονισμένου νερού του οποίου έχει μετρηθεί η μάζα (Εικόνα 2β).
- Μετά από 10 λεπτά ζυγίζεται το ποτήρι ζέσεως 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 ιδιότητές 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*

| 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 |

Πίνακας 3. Όργανα και υλικά που απαιτούνται για την τρίτη εργαστηριακή άσκηση

#### *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](http://www.chem.uoa.gr/quali/quali_C02_Cu.htm), Χαλκός. [http://www.chem.uoa.gr/quali/quali\\_C02\\_Cu.htm](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 Αναστασία Γκιγκούδη είναι απόφοιτος του Τμήματος Χημείας του Α.Π.Θ και κάτοχος Μεταπτυχιακού τίτλου στη Διδακτική της Χημείας και τις Νέες Τεχνολογίες. Διδάσκει Φυσικές Επιστήμες στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση από το 1992. Τα ενδιαφέροντά της είναι η ένταξη πειραματικών δραστηριοτήτων στη διδασκαλία και η χρήση διαδικτυακών εργαλείων. Από το 2013 είναι υπεύθυνη του Ε.Κ.Φ.Ε. Τούμπας. Διατηρεί ιστολόγιο με τίτλο «Διδάσκοντας χωρίς μολύβι και χαρτί».

Στη στήλη «Πρόκειται να συμβούν» θα πληροφορείστε για μελλοντικές εκδηλώσεις, συνέδρια, ημερίδες, διαγωνισμούς που αφορούν τις Φυσικές Επιστήμες και τη διδασκαλία τους, Ενημερώστε τη συντακτική επιτροπή για εκδηλώσεις που θέλατε να προβληθούν από τη στήλη αυτή στέλνοντας ηλεκτρονικό μήνυμα στη διεύθυνση [physcool@auth.gr](mailto:physcool@auth.gr)

**2ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή για το Εκπαιδευτικό Υλικό στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες με θέμα «Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις;»**

Το Εργαστήριο Μαθησιακής Τεχνολογίας και Διδακτικής Μηχανικής του Τ.Ε.Π.Α.Ε.Σ. του Πανεπιστημίου Αιγαίου και το Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αιγαίου, υπό την αιγίδα της Σχολής Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου, ανακοινώνουν τη διοργάνωση του 2ου Πανελλήνιου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή, με τίτλο: «Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις;», που θα πραγματοποιηθεί στις 14-16 Οκτωβρίου 2016 στις εγκαταστάσεις της Σχολής Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου στη Ρόδο.

Δικτυακός τόπος του Συνεδρίου: <http://ltee.org/sekpy2014/>.

**2ο Πανελλήνιο Συνέδριο για την Προώθηση της Εκπαιδευτικής Καινοτομίας, με διεθνή συμμετοχή**

Η Επιστημονική Ένωση για την Προώθηση της Εκπαιδευτικής Καινοτομίας (Ε.Ε.Π.Ε.Κ.) διοργανώνει σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Παιδαγωγικά

Τμήματα Δημοτικής εκπαίδευσης, Προσχολικής Εκπαίδευσης και Ειδικής Αγωγής) και το Τ.Ε.Ι. Θεσσαλίας (Σχολή Διοίκησης και Οικονομίας) το 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο για την Προώθηση της Εκπαιδευτικής Καινοτομίας, με διεθνή συμμετοχή, από 21-23 Οκτωβρίου 2016 στην Λάρισα (υπό την αιγίδα του Υπουργείου Παιδείας).

Δικτυακός τόπος του Συνεδρίου: [synedrio.eepek.gr](http://synedrio.eepek.gr).

**9ο συνέδριο Ιστορίας Φιλοσοφίας και Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών**

Το Τμήμα Μεθοδολογίας, Ιστορίας και Θεωρίας της Επιστήμης του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών το 9ο συνέδριο Ιστορίας Φιλοσοφίας και Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, 11 έως 13 Νοεμβρίου στις εγκαταστάσεις του Μαράσλειου Διδασκαλείου.

Δικτυακός τόπος του Συνεδρίου: <https://hpsst.wordpress.com>

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή



Στο εξώφυλλο του 10ου τεύχους δημοσιεύτηκε η φωτογραφία του Ηλία Καλογήρου από την παραλία του Αγίου Ηλία της Ηλείας. Στο βάθος φαίνεται η Ζάκυνθος. Τα σύννεφα από πάνω της έχουν την ίδια βάση (σχεδόν οριζόντια). Γιατί; Πώς δημιουργείται ένα νέφος;

Η κ. Μαρία Μπίρμπα, Δρ. Φυσικής της ατμόσφαιρας μας έστειλε την παρακάτω απάντηση.

*Πώς δημιουργείται ένα νέφος:*

Όταν αέρια μάζα ανέρχεται μέσα στην ατμόσφαιρα, η κίνησή της συνήθως είναι γρήγορη οπότε δεν προλαβαίνει να ανταλλάξει σημαντικά ποσά θερμότητας με τον περιβάλλοντα αέρα. Έτσι, η μεταβολή στις θερμοδυναμικές της μεταβλητές θεωρείται με πολύ καλή προσέγγιση αδιαβατική. Επειδή η ατμοσφαιρική πίεση ελαττώνεται με το ύψος, τα μόρια του ανερχόμενου αέρα, προερχόμενα από περιοχές υψηλότερης πίεσης, ωθούνται προς τα έξω προκαλώντας τη διαστολή της αέριας μάζας, άρα και την ψύξη της (νόμος Poisson για την αντιστρεπτή αδιαβατική μεταβολή) με έναν ρυθμό που ονομάζεται ξηρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα.

Όταν η θερμοκρασία  $T$  της αέριας μάζας ελαττωθεί τόσο ώστε να εξισωθεί με τη θερμοκρασία δρόσου  $T_d$  που αντιστοιχεί στην πραγματική τάση ατμών του ανερχόμενου αέρα, τότε επέρχεται κορεσμός και πραγματοποιείται συμπύκνωση δημιουργώντας νέφος. Κατά τη διαδικασία αυτή, η ατμοσφαιρική υγρασία συμπυκνώνεται επάνω σε υδρόφιλα σωματίδια (π.χ. σε σκόνη, καπνό, σωματίδια από ηφαιστειακές εκρήξεις κλπ) σχηματίζοντας νεφο-σταγόνες.

*Νέφος cumulus*

Πώς πραγματοποιείται όμως η αρχική κίνηση της αέριας μάζας προς τα επάνω;

Οι βασικότεροι μηχανισμοί είναι: α) η επιφανειακή θέρμανση του εδάφους ή της θάλασσας από τον ήλιο, η συνεπαγόμενη θέρμανση του εφραπτόμενου αέρα, η ελάττωση της πυκνότητάς του άρα η άνοδός του, β) ανοδική κίνηση λόγω τοπογραφικών εμποδίων (π.χ. όταν αέρας συναντά βουνό, εξαναγκάζεται από αυτό να ανυψωθεί), γ) η σύγκλιση του αέρα προς στο κέντρο ενός χαμηλού

βαρομετρικού συστήματος, και δ) η αναγκαστική ανύψωση αέρα μπροστά από τα μέτωπα (είτε θερμά είτε ψυχρά) που καταφτάνουν σε μία περιοχή.

Οι παραπάνω αιτίες προκαλούν ένα θερμό πακέτο αέρα να ανέλθει. Το κατά πόσο όμως αυτή η αέρια μάζα θα συνεχίσει να ανέρχεται, εξαρτάται από την ευστάθεια της ατμόσφαιρας. Συγκεκριμένα, μία αέρια μάζα θεωρείται ευσταθής όταν, έπειτα από την αρχική ανύψωσή της, τείνει να επιστρέψει στην αρχική της θέση. Αυτό συμβαίνει όταν η αέρια μάζα είναι ψυχρότερη από την περιβάλλουσα ατμόσφαιρα. Όταν, αντιθέτως, ο αέρας είναι ασταθής, έπειτα από μία έστω και μικρή αρχική ώθηση προς τα επάνω, ανέρχεται ακόμα περισσότερο και εντονότερα. Αυτό παρατηρείται όταν ο αέρας είναι θερμότερος του περιβάλλοντός του αέρα, άρα ελαφρύτερος κι έτσι ευνοούνται τα ανοδικά ρεύματα αέρα.

Όταν λοιπόν θερμή, ασταθής αέρια μάζα αναγκάζεται να ανυψωθεί, συνεχίζει την ανύψωσή της, διαστέλλεται, ψύχεται αδιαβατικά και, όταν φτάνει στον κορεσμό, συμπυκνώνεται και δημιουργεί νέφη που ονομάζονται cumuli (σωρείτες) λόγω του σχήματός τους.

### *Ίδια βάση των νεφών*

Πολύ συχνά κατά τη διάρκεια ενός θερμού, υγρού, καλοκαιρινού απογεύματος ο ουρανός είναι γεμάτος από νέφη cumulus. Οι βάσεις τους είναι όλες σχεδόν στο ίδιο ύψος επάνω από το έδαφος, ενώ οι κορυφές τους εκτείνονται μόλις λίγα km ψηλότερα. Η ανάπτυξη αυτών των νεφών εξαρτάται κυρίως από i) την ατμοσφαιρική ευστάθεια, και ii) το ποσόν υγρασίας που περιέχουν τα νέφη.

Για να κατανοήσουμε το φαινόμενο, ας παρακολουθήσουμε μία θερμή, ανερχόμενη μάζα αέρα η οποία στη συνέχεια θα δημιουργήσει ένα νέφος cumulus. Για να ανέλθει η αέρια μάζα, πρέπει το στρώμα της ατμόσφαιρας μέσα στο οποίο θα κινηθεί να είναι ασταθές. Έτσι, θα συνεχίσει να ανέρχεται όσο εξακολουθεί να είναι θερμότερη του αέρα που την περιβάλλει. Ας θυμηθούμε όμως ότι ταυτόχρονα ψύχεται αδιαβατικά, οπότε όταν η θερμοκρασία της γίνει ίση με την θερμοκρασία δρόσου (τότε η σχετική υγρασία θα γίνει 100%), ξεκινάει η συμπύκνωση και ο σχηματισμός του νέφους. Το ύψος που πραγματοποιείται αυτή η διαδικασία ονομάζεται επίπεδο συμπύκνωσης και αποτελεί τη βάση του σχηματιζόμενου νέφους. Επάνω από αυτό το επίπεδο ο αέρας είναι πλέον κορεσμένος, αλλά καθώς συνεχίζει να ανέρχεται ψύχεται με πιο αργό ρυθμό γιατί απελευθερώνεται λανθάνουσα θερμότητα μέσα στο νέφος λόγω της πραγματοποιούμενης συμπύκνωσης. Αυτός ο ρυθμός ονομάζεται υγρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα.

Όταν ο ανερχόμενος αέρας μέσα στο νέφος αποκτήσει θερμοκρασία ίση με του περιβάλλοντος, τότε γίνεται ευσταθής, και πολύ γρήγορα σταματάει η ανοδική του κίνηση και οριοθετεί την κορυφή του νέφους. Εάν η εξίσωση γίνει γρήγορα, τότε σχηματίζεται το νέφος cumulus humilis που έχει μικρή κατακόρυφη ανάπτυξη. Έτσι, όπως βλέπουμε και στις φωτογραφίες, σε έναν απογευματινό ουρανό γεμάτο από cumulus humilis, οι βάσεις τους - το προαναφερόμενο επίπεδο συμπύκνωσης - είναι

σχεδόν στο ίδιο ύψος. Η παρουσία αυτών των νεφών μαρτυρά καλοκαιρία για τη συγκεκριμένη περιοχή γιατί δηλώνουν περιορισμένη ατμοσφαιρική αστάθεια.

Συμπληρωματικά να αναφέρουμε ότι το νέφος cumulus congestus έχει μεγαλύτερη κατακόρυφη ανάπτυξη από το cumulus humilis φανερώνοντας μεγαλύτερο διάστημα ατμοσφαιρικής αστάθειας, ενώ το cumulonimbus (σωρειτομελανίας) που αναπτύσσεται αρκετά km επάνω από τη βάση του και πολλές φορές εισχωρεί ακόμα και μέσα στην στρατόσφαιρα, φανερώνει ακόμα ισχυρότερη αστάθεια – ακόμα και μεγαλύτερη των 4km – και συνοδεύεται με ραγδαία επιδείνωση του καιρού.

### *Βιβλιογραφία*

Ahrens, C. D. (2009). *An Introduction to Weather, Climate, and the Environment, 9th Edition*, Brooks/Cole, σελ. 92-105 και σελ. 145-165.

### **Ευρετήριο συγγραφέων (Τεύχος 8, Σεπτέμβριος 2015 – Τεύχος 11 Ιούνιος 2016)**

Στο τεύχος του Ιουνίου κάθε χρονιάς θα δημοσιεύεται ευρετήριο των συγγραφέων που φιλοξενήθηκαν στα 4 τελευταία τεύχη του περιοδικού (Σεπτεμβρίου, Δεκεμβρίου, Μαρτίου και Ιουνίου).

*Ingelman-Sundeberg, M.*, 9ο, 10-22

*Weltner, K.*, 9ο, 10-22

*Αβραμιώτης, Σ.*, 8ο, 57-64

*Αναστασάκης, Ν.*, 11ο, 17-28

*Αυγολούπης, Σ.*, 8ο, 33-39

*Γιαγτζόγλου, Σ.*, 10ο, 75-83 & 11ο, 65-73

*Γκιγκούδη, Α.*, 11ο, 75-80

*Ελευθερίου, Μ.*, 8ο, 41-46

*Ευαγγέλου, Φ.*, 8ο, 11-22

*Θεοδούλου, Γ.*, 9ο, 59-69

*Ιωάννου, Ν.*, 9ο, 99-102

*Καλογήρου, Η.*, 10ο, 53-62

*Κανδεράκης, Ν.* 10ο 7-15

*Κουμαράς, Π.*, 11ο, 29-41

*Κωσταρά, Κ.*, 9ο, 23-30

*Κώτσης, Κ.*, 8ο, 11-22 & 9ο, 23-30

*Λάζος, Π.*, 8ο, 23-31 & 11ο, 43-50

*Μουρούζης, Π.*, 8ο, 65-73

*Νέζης, Α.*, 9ο, 87-98 & 10ο, 53-62

*Νικολοπούλου, Κ.*, 10ο, 43-51

*Νούσης, Β.*, 9ο, 71-86

*Ξαπλαντέρη, Μ.*, 8ο, 47-55

*Ξενάκης, Χ.*, 9ο, 47-58

*Οικονομίδης, Σ.*, 8ο, 33-39

*Πολίτης, Ι.*, 8ο, 57-64

*Πολυκαρπούλου, Μ.*, 11ο, 51-63

*Πριμεράκης, Γ.*, 11ο, 29-41

*Σκουλίδης, Ν.*, 10ο, 63-73

*Σκουμιάς, Μ.*, 10ο, 17-32

*Σπανός, Σ.*, 9ο, 47-58

*Σπυρόπουλος, Τ.*, 11ο, 7-15

*Στυλιανακάκης, Γ.*, 11ο, 17-28

*Τσαλακός, Γ.*, 11ο, 51-63

*Χατζηγεωργίου, Μ.*, 8ο, 57-64

*Χατζηπαύλου, Γ.*, 10ο, 33-42

*Χόρτης, Σ.*, 9ο, 31-46



