

# 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 τον εκπαιδευτικό κ. Αναστάσιο Νέζη, στη Σαλαμίνα. Από σταθερό σημείο φωτογράφησε τη δύση του Ήλιου για έναν ολόκληρο χρόνο. Προέκυψε έτσι ένα μωσαϊκό 27 φωτογραφιών που δείχνουν τη θέση του Ήλιου να διαγράφει μία ημιτονοειδή τροχιά. Ποια ή ποιες φωτογραφίες μπορεί να έχουν τραβηχτεί στις 23 Σεπτεμβρίου; Ποιες στις 23 Μαρτίου; Πού είναι η (γεωγραφική) Δύση και σε ποιες από τις 27 φωτογραφίες ο Ήλιος δύει εκεί; Μπορείτε να προτείνετε έναν τρόπο διδακτικής αξιοποίησης των φωτογραφιών μέσα στην τάξη; 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 την ερμηνεία για τη φωτογραφία του 7<sup>ου</sup> τεύχους στις σελίδες 77-78.

<b>Editorial</b>	4
<b>Για το περιοδικό</b>	5-6
<b>Συνέδριο 2016</b>	7-9
<b>Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό</b>	
Η διδασκαλία της δύναμης τριβής με τη χρήση μηχανισμού εκτίναξης αντικειμένων <i>Φ. Ευαγγέλου, Κ. Κώτσης</i>	11-22
<b>Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο</b>	
Τι σχήμα έχει μία φλέβα νερού; Διδάσκοντας ρευστομηχανική με μία βρύση και μία φωτογραφία, <i>Π. Λάζος</i>	23-31
Έλεγχος κατανόησης και εμπέδωση της έννοιας των κλιματικών ζωνών της Γης με ερωτήσεις κρίσεως, <i>Σ. Οικονομίδης, Σ. Αυγολούπης</i>	33-39
<b>Μέσα στην τάξη</b>	
Αποστολή Rosetta: εκτοξεύοντας τη διδασκαλία της ελεύθερης πτώσης στο Λύκειο <i>Μ. Ελευθερίου</i>	41-46
Εργαστηριακή άσκηση για τη διδασκαλία του ισοηλεκτρικού σημείου και τη μετουσίωση των πρωτεϊνών, <i>Μ. Ξαπλαντέρη</i>	47-55
Μοντελοποίηση του ομοιοπολικού δεσμού μέσα από αναπαραστάσεις τριών διαστάσεων σε μαθητές της Α' Λυκείου, <i>Ι. Πολίτης, Μ. Χατζηγεωργίου, Σ. Αβραμιώτης</i>	57-64
<b>Σκουπιδομαζέματα-επιστημοσκοπίσματα</b>	
Κατασκευή συσκευής Hoffman με καθημερινά υλικά, <i>Π. Μουρούζης</i>	65-73
<b>Πρόκειται να συμβούν</b>	75-76
<b>Γράψατε για το εξώφυλλο</b>	77-78

## 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**, Αν. καθηγητής 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**, Αν. καθηγητής 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  
**Καρούνας Διονύσιος**, π. Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Μεσσηνίας  
**Κασσέτας Ανδρέας**, Εκπ/κός Δ/βάθμιας Εκπ/σης  
**Κουμαράς Παναγιώτης**, Καθηγητής του Π.Τ.Δ.Ε. του Α.Π.Θ.  
**Λευκοπούλου Σουλτάνα**, Δρ. Χημείας, Σχ. Σύμβουλος ΠΕ04 Αν. Θεσ/νίκης  
**Μαυρόπουλος Αβραάμ**, Δρ. Επιστ. Αγωγής, Σχ. Σύμβουλος ΠΕ04 Στερεάς Ελλάδας  
**Μουρούζης Παναγιώτης**, Φυσικός Ρ/Η, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Κέρκυρας  
**Παπαδοπούλου Πηνελόπη**, Επίκουρη Καθηγήτρια του Π.Τ.Ν. του Παν. Δυτ. Μακεδονίας  
**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**, Αν. Καθηγητής του Τμήματος Φυσικής Α.Π.Θ.  
**Πράμας Χρήστος**, Δρ. Διδακτικής της Φυσικής, Σχ. Σύμβουλος Π/βάθμιας Εκπ/σης Σεργρών  
**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  
**Σκούρας Ζαχαρίας**, Καθηγητής του Τμήματος Βιολογίας του Α.Π.Θ.  
**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  
**Τσαπαρλής Γεώργιος**, Καθηγητής του Τμήματος Χημείας του Παν. Ιωαννίνων  
**Τσιτοπούλου-Χριστοδουλίδη Ευγενία**, Υπεύθυνη Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω  
**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.  
**Χαραλάμπος Μάριος**, Δρ. Διδακτικής της Φυσικής, Εκπ/κός Π/βάθμιας Εκπ/σης Κύπρου

## Editorial – Σεπτέμβριος 2015

Σας καλωσορίζουμε στο 8ο τεύχος του περιοδικού και σας ευχόμαστε καλή σχολική-ακαδημαϊκή χρονιά, μια χρονιά που από πολλές πλευρές φαίνεται δύσκολη. Ελπίζουμε ότι θα βρείτε ενδιαφέροντα τα άρθρα που φιλοξενούνται και σε αυτό το τεύχος και ότι θα σας δώσουν ιδέες για τη διδασκαλία σας, και γιατί όχι και το έναυσμα για μια δική σας εργασία με την οποία θα μοιραστείτε μαζί μας τις εμπειρίες σας από την τάξη σας. Εργασία την οποία με χαρά περιμένουμε να φιλοξενήσουμε σε επόμενο τεύχος.

Για άλλη μια φορά σημειώνω ότι το ενδιαφέρον των παιδιών, κυρίως για τη Φυσική (λιγότερο και για τα υπόλοιπα μαθήματα θετικών επιστημών) μειώνεται συνεχώς. Εδώ μπορούμε να αναζητήσουμε διάφορες ευθύνες, π.χ. στα προγράμματα σπουδών που δεν επιχειρούν να ερμηνεύσουν στα παιδιά τις εμπειρίες τους από τον κόσμο στον οποίο ζουν, στα μάλλον εξεζητημένα θέματα πανελλαδικών εξετάσεων, αλλά και σε εμάς που για διάφορους λόγους εστιάζουμε τη διδασκαλία μας στη λύση μαθηματικοποιημένων προβλημάτων τα οποία δεν αγγίζουν το μαθητή, πολλές φορές δεν γίνονται καν κατανοητά από αυτόν. Σίγουρα πάντως δεν αποτελούν πρόβλημα για αυτόν. Φθάσαμε στο σημείο τα μαθήματα Φυσικής γενικής παιδείας στη Γ' Λυκείου να μην επιλέγονται, παρά από ελάχιστα παιδιά, ή σε μικρότερες τάξεις να κάνουμε μάθημα με ελάχιστα ζευγάρια μάτια να λάμπουν.

Αντέχουμε άλλο αυτή την κατάσταση; Μας ενδιαφέρει τα παιδιά μας να μπορούν απλά να διαχειρίζονται τύπους και σύμβολα για να λύνουν ασκήσεις Φυσικής προσανατολισμένες στην εισαγωγή τους στην Τριτοβάθμια Εκπαίδευση; Και εκείνα που δεν θα δώσουν εξετάσεις; Κρίνουμε σκόπιμο να δώσουμε έμφαση σε μια λιγότερο ποσοτική και περισσότερο εννοιακή Φυσική που θα πραγματεύεται θέματα κοντά στα ενδιαφέροντα των παιδιών;

Ως μαθητής κλασικού Λυκείου τη δεκαετία του 1960, έζησα την εστίαση του μαθήματος των αρχαίων Ελληνικών στη Γραμματική και στο Συντακτικό με πλήρη παραμέληση της αξίας του κειμένου. Γενικότερα έζησα την εστίαση στη Γραμματική και όχι στη Λογοτεχνία. Μήπως σήμερα βιώνουμε στο μάθημα της Φυσικής την εστίαση στη «Γραμματική» και το «Συντακτικό» και όχι στη «Λογοτεχνία»; Υπάρχουν προτάσεις από όλους εμάς για αλλαγή αυτής της κατάστασης; Ποια θα ήταν η «Λογοτεχνία»; Θα μπορούσε η «Γραμματική» να έχει ενδιαφέρον;

Σας καλούμε να διατυπώσετε τους προβληματισμούς σας, για όλες τις βαθμίδες της Εκπαίδευσης, στο πλαίσιο του Πανελληνίου Συνεδρίου το οποίο προκηρύσσεται στις σελίδες που ακολουθούν και το οποίο οργανώνουμε τον Απρίλιο στη Θεσσαλονίκη. Σας περιμένουμε όλους και όλες σας.

Εκ μέρους της  
εκδοτικής ομάδας  
Παναγιώτης Κουμαράς

## **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 η 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).

### 2η Ανακοίνωση

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

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

#### **Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες**

Το συνέδριο εστιάζεται στην παρουσίαση και συζήτηση ερευνητικών δεδομένων αλλά και προτάσεων που απαντούν σε διάφορα ερωτήματα που προέρχονται από την εμπειρία που έχει αποκτηθεί διεθνώς τόσο στην Πρωτοβάθμια όσο και στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Ενδεικτικά ερωτήματα που θα μπορούσαν να απασχολήσουν τις εργασίες του Συνεδρίου είναι τα εξής:

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

Ειδικότερα:

- Ποιος ο ρόλος του πειράματος στο Δημοτικό Σχολείο, ποιος στο Γυμνάσιο και ποιος στο Λύκειο; Είναι κατ' ανάγκη ο ίδιος ή μπορεί/επιβάλλεται να διαχωρίζεται;
- Πείραμα σε οργανωμένο εργαστήριο ή πείραμα στην τάξη; Πείραμα αυστηρά με τη χρήση επιστημονικών οργάνων ή πείραμα με τη χρήση καθημερινών υλικών; Πείραμα που αναδεικνύει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά ενός φαινομένου ή πείραμα που ακολουθείται από αυστηρά οργανωμένες μετρήσεις; Ποια τα πλεονεκτήματα των μεν και ποια των άλλων; Σε ποιες περιπτώσεις προκρίνεται η χρήση των μεν και σε ποιες των άλλων;
- Είναι αποτελεσματικά τα πειράματα του τύπου «συνταγή μαγειρικής»; Προσελκύουν το ενδιαφέρον των μαθητών; Τι προσφέρουν διδακτικά; Θα μπορούσαν, και αν ναι με ποιον τρόπο, να αντικατασταθούν από πειράματα προσανατολισμένης ή ανοικτής διερεύνησης;

- Πώς λειτουργούν τα πειράματα σε ομάδες μέσα στην τάξη; Τι προβλήματα υπάρχουν; Οδηγούν σε βαθύτερη κατανόηση των εμπλεκόμενων εννοιών; Υπό ποιες συνθήκες; Εμπειρίες και συμπεράσματα από τη διετή εφαρμογή του εργαστηριακού μαθήματος Φυσικής στην Α' Γυμνασίου.
- Εικονικό ή πραγματικό πείραμα; Ποιος ο ρόλος των εξ αποστάσεως πειραμάτων στην εποχή των διαδραστικών πινάκων;
- Πώς θα μπορούσε να υποστηριχθεί πιο αποτελεσματικά η πειραματική διδασκαλία; Ποιος ο ρόλος του εκπαιδευτικού και του υπεύθυνου σχολικού εργαστηρίου;
- Πώς αποτιμάται ο ρόλος των Εργαστηριακών Κέντρων Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Φ.Ε.) στην προαγωγή της πειραματικής διδασκαλίας στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια εκπαίδευση στην Ελλάδα; Τι τροποποιήσεις και βελτιώσεις θα μπορούσαν να γίνουν;
- Τι χαρακτηριστικά θα έπρεπε να έχει ένα πρόγραμμα σπουδών Φυσικών Επιστημών ώστε να ενδυναμώνει την πειραματική διδασκαλία των συγκεκριμένων μαθημάτων; Καθιέρωση ξεχωριστής ώρας ως εργαστήριου ή ένταξη των εργαστηριακών οδηγιών στα σχολικά εγχειρίδια;

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

- A. A. Να βγουν συμπεράσματα που θα μπορούν να εφαρμοστούν και να αξιοποιηθούν στην καθημερινή διδακτική πράξη.
- B. B. να συνεχιστεί η συζήτηση γύρω από το ζήτημα της διαμόρφωσης ενός προγράμματος σπουδών, τη θέση και τους στόχους της πειραματικής διδασκαλίας μέσα σε αυτό, που να αφορά το σύνολο των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια και στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, προκειμένου να καταλήξει σε ολοκληρωμένη πρόταση προγράμματος σπουδών Φυσικών Επιστημών.

### Το συνέδριο απευθύνεται σε

- Εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης
- Εκπαιδευτικούς Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης που διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες
- Ερευνητές στο χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών
- Υπευθύνους Ε.Κ.Φ.Ε.
- Σχολικούς Συμβούλους Φυσικών Επιστημών
- Υποψήφιους διδάκτορες και μεταπτυχιακούς φοιτητές και φοιτήτριες στο χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών
- Φοιτητές και φοιτήτριες Παιδαγωγικών Τμημάτων και Σχολών Θετικών Επιστημών

### Σημαντικές ημερομηνίες

- 1<sup>η</sup> ανακοίνωση (προκήρυξη συνεδρίου): 21 Ιουνίου 2015
- 2<sup>η</sup> ανακοίνωση (αναλυτικές πληροφορίες για τη σύνταξη και κατάθεση εργασιών): 11 Σεπτεμβρίου 2015
- Άνοιγμα πλατφόρμας υποβολής εργασιών: 30 Νοεμβρίου 2015
- Υποβολή εργασιών μέχρι: 10 Ιανουαρίου 2016
- Ενημέρωση αποδοχής εργασιών μέχρι: 10 Φεβρουαρίου 16
- Ανακοίνωση προγράμματος του συνεδρίου: 28 Μαρτίου 2016
- Ανάρτηση ηλεκτρονικών πρακτικών συνεδρίου: 15 Απριλίου 2016
- Ημερομηνία διεξαγωγής του συνεδρίου: 16 – 17 Απριλίου 2016



### **Χώρος διεξαγωγής του Συνεδρίου**

Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πύργος Παιδαγωγικής Α.Π.Θ.

### **Συγγραφή εργασιών**

Αναλυτικές οδηγίες για τη συγγραφή εργασιών που θα υποβληθούν προς κρίση είναι διαθέσιμες στο δικτυακό τόπο του συνεδρίου: <http://physcool.web.auth.gr/synedrio2016>. Παρακαλούμε ακολουθήστε πιστά τις οδηγίες αυτές. Για οποιαδήποτε απορία επικοινωνήστε ηλεκτρονικά με τη γραμματεία του συνεδρίου στη διεύθυνση [dppd2016@gmail.com](mailto:dppd2016@gmail.com) γράφοντας στο θέμα του μηνύματος «μορφοποίηση». Μη συμμόρφωση με τις οδηγίες συγγραφής μπορεί να αποτελέσει λόγο απόρριψης υποβληθείσας εργασίας.

Κάθε συγγραφέας μπορεί να συμμετέχει στη συγγραφική ομάδα τριών το πολύ εργασιών.

Οι εργασίες θα πρέπει να υποβληθούν ηλεκτρονικά μέχρι τις 10 Ιανουαρίου 2016 στη διεύθυνση [dppd2016@gmail.com](mailto:dppd2016@gmail.com) γράφοντας στο θέμα του μηνύματος «αποστολή εργασίας».

Οι εργασίες του συνεδρίου θα εκδοθούν σε ηλεκτρονικά πρακτικά τα οποία θα είναι ελεύθερα διαθέσιμα στο διαδίκτυο.

### **Εγγραφές συνέδρων - κόστος συμμετοχής**

Η συμμετοχή στο συνέδριο είναι ελεύθερη χωρίς κόστος για τους συμμετέχοντες. Ωστόσο, για την καλύτερη δυνατή οργάνωση του συνεδρίου απαιτείται η ηλεκτρονική προεγγραφή των συνέδρων ακολουθώντας τις οδηγίες που είναι διαθέσιμες στο δικτυακό τόπο του συνεδρίου, από τις 30 Νοεμβρίου 2015 μέχρι και τις 14 Απριλίου 2016.

### **Δικτυακός τόπος του συνεδρίου**

<http://physcool.web.auth.gr/synedrio2016>

<http://panekfe.gr/synedrio2016>

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή

## **Η διδασκαλία της δύναμης τριβής με τη χρήση μηχανισμού εκτίναξης αντικειμένων**

**Φίλιππος Β. Ευαγγέλου και Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης**

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μία πρόταση διδασκαλίας της δύναμης τριβής. Μολονότι η προτεινόμενη διδασκαλία έχει εφαρμοστεί σε μαθητές της Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (55 μαθητές της Ε΄ τάξης και 56 μαθητές της Στ΄ τάξης τριών Δημοτικών Σχολείων των Ιωαννίνων), με μικρές τροποποιήσεις μπορεί να εφαρμοστεί και στο Γυμνάσιο.

Για το πρόβλημα της κατανόησης της τριβής ολίσθησης έχει πραγματοποιηθεί ένας μικρός αριθμός ερευνών (Πατρινόπουλος κ.ά., 2003; Ραβάνης, 2002; Ravanis et al., 2004). Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε με μαθητές 9-13 ετών στην Αγγλία διαπιστώθηκε ότι τα παιδιά των ηλικιών αυτών αναγνωρίζουν το βάρος ως μεταβλητή από την οποία εξαρτάται η τριβή (Κανάρη & Millar, 2000). Σε άλλη έρευνα επιδιώχθηκε η επίτευξη γνωστικών μετασχηματισμών μαθητών 10-11 για τις μεταβολές από τις οποίες εξαρτάται η τριβή στα πλαίσια μιας ειδικής διδακτικής παρέμβασης (Τσαγλιώτης, 1998). Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής, που ήταν συμβατά με αυτά των Stead και Osborne (1981), έδειξαν ότι οι μαθητές οδηγήθηκαν από μια διαισθητική προσέγγιση του βάρους και της φύσης των επιφανειών, που είχαν πριν από τη διδακτική παρέμβαση, σε μια προσέγγιση, μετά από τη διδακτική παρέμβαση, που αναγνωρίζει τις δύο αυτές παραμέτρους ως αποφασιστικής σημασίας μεταβλητές για την εμφάνιση της δύναμης τριβής. Στην έρευνα των Stead και Osborne (1981) σε μια ομάδα μαθητών ηλικίας 12 έως 13 ετών, το 50% των μαθητών ηλικίας 13 ετών που άνηκε σε αυτή την ομάδα, βρέθηκε ότι συνέδεε την τριβή με το τρίψιμο (rubbing).

### **Η διδακτική πρόταση**

Το σενάριο διδασκαλίας (Ευαγγέλου, 2012; Ευαγγέλου & Κώτσης, 2012) αποτελείται από δύο διακριτά μέρη: τον οδηγό οργάνωσης διδασκαλίας, ο οποίος απευθύνεται στον εκπαιδευτικό, και τα φύλλα εργασίας που είναι προσαρμοσμένα στις ανάγκες των μαθητών (Κουμαράς, 2002). Τα φύλλα εργασίας είναι διαθέσιμα στο παράρτημα αυτής της εργασίας.

Η πρωτοτυπία της προσέγγισής μας έγκειται στην εκτέλεση των πειραμάτων με βάση τις αρχές της εποικοδομητικής προσέγγισης (Κουμαράς κ.ά., 1992; Ψύλλος κ.ά., 1993; Καριώτογλου, 2006) και τη χρήση της αυτοσχέδιας κατασκευής (ιδιοκατασκευή) της συσκευής (μηχανισμός) εκτίναξης των αντικειμένων (Εικόνα 1). Οδηγίες κατασκευής της συσκευής είναι διαθέσιμες ως υποστηρικτικό υλικό στο δικτυακό τόπο του περιοδικού.

Το συγκεκριμένο σενάριο αφορά μαθητές Ε' και Στ' τάξεων δημοτικού σχολείου (11 – 12 ετών) και καλύπτει τους στόχους του μαθήματος όπως αυτοί περιγράφονται στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (Α.Π.Σ.). Πιο συγκεκριμένα, στο Α.Π.Σ. της Πέμπτης αναφέρεται η έννοια της δύναμης τριβής και ειδικότερα στην Ενότητα 2: Κίνηση και δύναμη (Δ.Ε.Π.Π.Σ. & Α.Π.Σ., 2003:510). Η συνολική διάρκεια εκτιμάται στις (2) διδακτικές ώρες (90 λεπτά).

### *Διδακτικοί στόχοι*

Οι μαθητές επιδιώκεται:

- Να διαπιστώσουν πειραματικά και να παρατηρήσουν ότι η δύναμη τριβής που ασκείται σε ένα κινούμενο σώμα (αντικείμενο) εξαρτάται από το είδος (φύση) της επιφάνειας πάνω στην οποία κινείται το σώμα (αντικείμενο)
- Να διαπιστώσουν πειραματικά και να παρατηρήσουν ότι η δύναμη τριβής εξαρτάται από το βάρος του σώματος που κινείται πάνω σε ένα σταθερό οριζόντιο επίπεδο
- Να διαπιστώσουν πειραματικά και να παρατηρήσουν ότι η δύναμη τριβής δεν εξαρτάται από το εμβαδόν (μέγεθος) της επιφάνειας με την οποία ακουμπά το σώμα πάνω στο σταθερό οριζόντιο επίπεδο (ή είναι ανεξάρτητη από το μέγεθος του εμβαδού των επιφανειών που βρίσκονται σε επαφή)
- Να τροποποιήσουν και να αλλάξουν τις εναλλακτικές ιδέες τους προς τις επιστημονικά ορθές για την έννοια της δύναμης τριβής (εννοιολογική αλλαγή).
- Να μπορούν να διακρίνουν και να εξηγήσουν τα αποτελέσματα της δύναμης τριβής σε διάφορες περιπτώσεις από την καθημερινή ζωή.

### *Απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή*

Το μάθημα απευθύνεται σε μαθητές που έχουν μικρή εμπειρία στην εκτέλεση πειραμάτων. Ωστόσο, για σκοπούς επιτυχούς υλοποίησης της έρευνας, οι μαθητές πριν από τη διεξαγωγή της έρευνας εξοικειώθηκαν με τα αντικείμενα. Τα πειράματα πραγματοποιούνται πάνω στα θρανία όπου οι μαθητές εργάζονται σε δυάδες.

Τα αντικείμενα που απαιτούνται για την εκτέλεση των πειραμάτων είναι τα παρακάτω:



Εικόνα 1. Συσκευή (μηχανισμός) εκτίναξης αντικειμένων. (Φωτογραφία Φ. Ευαγγέλου).

Η συσκευή (Εικόνα 1) αποτελείται από δύο μέρη:

A) Από ένα μηχανικό σύστημα ενός μεταλλικού άξονα με ελατήριο. Στο άκρο του άξονα έχει τοποθετηθεί ένα ελαστικό πώμα με το οποίο φέρουμε σε επαφή το ξύλινο παραλληλεπίπεδο σπρώχνοντας το προς μέσα. Με αυτόν τον τρόπο συσπειρώνουμε αρχικά το ελατήριο και στη συνέχεια το απελευθερώνουμε, πατώντας προς τα κάτω το μπλε κουμπί που βρίσκεται πάνω στη συσκευή.

B) Από ένα λείο διάδρομο (από μελαμίνη), στον οποίο είναι στερεωμένη η συσκευή εκτίναξης. Το διάδρομο μπορούμε να τον καλύψουμε με διαφορετικά υλικά – επιφάνειες, που είναι πιο τραχιές (όπως το γυαλόχαρτο), έτσι ώστε να διαπιστώσουμε τις διαφορετικές θέσεις που σταματούν τα αντικείμενα.

2. Δύο ίδια ξύλινα παραλληλεπίπεδα

3. Γυαλόχαρτο (τραχιά επιφάνεια)

4. Μια άσπρη και μια χρωματιστή κμωλία

*Προτεινόμενη πορεία διδασκαλίας – Φάσεις διδασκαλίας:*

Με βάση τις αρχές της εποικοδομητικής προσέγγισης και ειδικότερα τις (5) φάσεις του «μοντέλου εποικοδομητικής διδακτικής στρατηγικής» (Ψύλλος κ.ά., 1993; Καριώτογλου, 2006) προτείνεται η εφαρμογή των εξής βημάτων:

*1<sup>η</sup> Φάση: Έναυσμα ενδιαφέροντος - Ανάδειξη των ιδεών των μαθητών:* Ο δάσκαλος δίνει το έναυσμα στους μαθητές, μέσω γενικών ερωτήσεων αλλά και ερωτήσεων που περιέχονται στο αρχικό φύλλο εργασίας (1), ώστε να τους προσανατολίσει και να προκαλέσει το ενδιαφέρον για την έννοια της δύναμης τριβής.

*2<sup>η</sup> Φάση: Προβλέψεις - Υποθέσεις - Ανάδειξη των ιδεών:* Ο δάσκαλος, μέσα από συζήτηση και με τα φύλλα εργασίας (2) – Προβλέψεις – Υποθέσεις που δίνει στους μαθητές, ζητά από τους μαθητές μέσα από υποθετικά πειράματα να προβλέψουν και να διατυπώσουν υποθέσεις για τις αιτίες, τη λειτουργία, την εξέλιξη και τα αποτελέσματα των συγκεκριμένων φαινομένων και πειραμάτων σχετικά με την έννοια της δύναμης τριβής (Κόκκοτας κ.ά., 2002).

3<sup>η</sup> Φάση: Δοκιμασία των ιδεών και εισαγωγή του επιστημονικού προτύπου –Εξαγωγή Συμπερασμάτων: Ο δάσκαλος, μετά από τη διατύπωση των προβλέψεων και υποθέσεων των μαθητών για την έννοια της δύναμης τριβής, ενεργοποιεί τους μαθητές να εκτελέσουν (επιβεβαιωτικά ή απορριπτικά) πειράματα χρησιμοποιώντας τα φύλλα εργασίας (3), ώστε στη συνέχεια να διατυπώσουν και να αξιολογήσουν τις παρατηρήσεις τους.

4<sup>η</sup> Φάση: Εφαρμογή του επιστημονικού προτύπου – Γενίκευση: Ο δάσκαλος καλεί τους μαθητές να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας (4) – Εφαρμογές.

5<sup>η</sup> Φάση: Ανασκόπηση και σύγκριση των ιδεών των μαθητών με τις ιδέες του επιστημονικού προτύπου – Μεταγνωστική φάση - Εμπέδωση: Ο δάσκαλος ζητά από τους μαθητές να του περιγράψουν την παλιά και τη νέα τους γνώση και να αντιληφθούν τις διαφορές της (Ψύλλος κ.ά., 1993; Καριώτογλου, 2006:36).

Τα πειράματα που εκτελούνται από τους μαθητές σχετικά με την έννοια της δύναμης τριβής είναι τρία (3). Σχετίζονται με τους τρεις πρώτους διδακτικούς στόχους που αναφέρθηκαν παραπάνω και αναλύονται στο Παράρτημα.

### **Αξιολόγηση των απαντήσεων**

Η αξιολόγηση των απαντήσεων των μαθητών τόσο πριν όσο και μετά τα πειράματα έγινε σύμφωνα με τη μέθοδο - ταξινομία SOLO (Structure of the Observed Learning Outcomes) των Biggs και Collis (1982). Η ταξινομία SOLO στηρίζεται στη θεωρία βάσει της οποίας η γνώση δομείται σε επίπεδα. Αποτελεί ένα δυναμικό εργαλείο προσδιορισμού του τρέχοντος νοητικού επιπέδου λειτουργίας ενός ατόμου μέσω γραπτών ή προφορικών απαντήσεων του, μπορεί να εφαρμοστεί ανεξαρτήτως γνωστικού αντικειμένου και παρέχει τη δυνατότητα να αξιολογήσουμε και να κατηγοριοποιήσουμε τις επιδόσεις των μαθητών (Μπέλλου, 2003).

Με βάση τα παραπάνω, κατατάχθηκαν οι απαντήσεις των μαθητών σε τέσσερα ιεραρχικά επίπεδα, με βάση το βαθμό πολυπλοκότητας της απάντησης, πριν και μετά από τα πειράματα και διαπιστώθηκε η μετατόπιση των μαθητών από επίπεδο σε επίπεδο. Τα επίπεδα της ταξινομίας είναι τα εξής: 1) Προδομικό, 2) Μονοδομικό, 3) Πολυδομικό, 4) Συσχετιστικό.

### **Αποτελέσματα**

Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το Γενικό Γραμμικό Μοντέλο (GLM) και το στατιστικό πακέτο STATISTICA 8.0. Στην παρούσα εργασία αναλύονται ενδεικτικά τα αποτελέσματα για την ερώτηση (1) του φύλλου εργασίας (1), (4).

Πιο συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Ε΄ τάξης τα μαθησιακά αποτελέσματα κωδικοποιούνται, πριν και μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων, στον παρακάτω Πίνακα 1:

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό

Επίπεδο	ΠΡΙΝ		ΜΕΤΑ	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	5	9,1	0	0
Μονοδομικό	47	85,5	11	20,0
Πολυδομικό	2	3,6	1	1,8
Συσχετιστικό	1	1,8	43	78,2

Πίνακας 1. Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Ε΄ τάξης στην ερώτηση (1)

Από τον Πίνακα 1 προκύπτει ότι πριν από τη πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 3 μαθητές της Πέμπτης (5,4%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό έως και το Συσχετιστικό επίπεδο όπου σε αυτό το τελευταίο επίπεδο εντάσσονται οι απολύτως ορθές απαντήσεις. Αντίθετα, μετά από την παρέμβαση, οι απαντήσεις από 44 μαθητές κατατάχθηκαν στα δύο αυτά ανώτερα επίπεδα, δηλαδή σε ποσοστό 80%. Κατά παρόμοιο τρόπο και για τους μαθητές της Έκτης προκύπτει σημαντική βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων προς τα δύο ανώτερα επίπεδα μετά από την παρέμβαση. Καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, σε μεγάλο βαθμό, εννοιολογική αλλαγή μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Στην ερώτηση (2) διαπιστώθηκε πάλι σημαντική βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων. Οι μαθητές και των δυο τάξεων κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα σε ποσοστό πάνω από 90%.

Στην ερώτηση (3) οι μαθητές και των δυο τάξεων κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα σε ποσοστό περίπου 75%.

Στην ερώτηση (4) οι μαθητές της Ε΄ κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα σε ποσοστό 83,6% και της Στ΄ σε ποσοστό 89,3%.

Στην ερώτηση (5) οι μαθητές της Ε΄ κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα σε ποσοστό 70,9% και της Στ΄ σε ποσοστό 87,5%.

Στην ερώτηση (6) οι μαθητές της Ε΄ κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα σε ποσοστό 87,3% και της Στ΄ σε ποσοστό 84%.

### **Συμπεράσματα - Προοπτικές**

Με βάση τα μαθησιακά αποτελέσματα παρατηρήθηκε μετά από τις πειραματικές παρεμβάσεις σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών (σε όλες τις ερωτήσεις) προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα που προσεγγίζουν το επιστημονικό πρότυπο, το οποίο με βάση την ταξινόμια SOLO προσεγγίζεται, μερικές φορές, από το Πολυδομικό επίπεδο και ταυτίζεται απόλυτα με το Συσχετιστικό. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, σε κάποιο βαθμό, εννοιολογική

αλλαγή μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων. Αυτό σημαίνει ότι ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών πλησιάζουν και γίνονται περισσότερο συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Τέλος, το σενάριο αυτό μπορεί να επεκταθεί και σε άλλους διδακτικούς στόχους, όπως οι μαθητές να μπορούν να διακρίνουν και να εξηγούν περιπτώσεις από την καθημερινή ζωή στις οποίες η τριβή είναι επιθυμητή και περιπτώσεις στις οποίες είναι ανεπιθύμητη. Αυτό μπορεί να γίνει υλοποιώντας πειραματικές δραστηριότητες βάζοντας λάδι (ή νερό) ανάμεσα στις επιφάνειες που τρίβονται.

### **Βιβλιογραφία**

Biggs, J. B., & Collis, K. F. (1982). *Evaluating the quality of learning. The SOLO taxonomy*, NY:Academic Press.

Δ.Ε.Π.Π.Σ., & Α.Π.Σ. (2003). *Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών για το μάθημα «Ερευνώ το Φυσικό Κόσμο»*. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, ΥΠΕΠΘ, Αθήνα, Ανακτήθηκε στις 3/9/2007.

Ευαγγέλου, Β. Φ. (2012). Η επίδραση πραγματικών και εικονικών πειραμάτων Φυσικής στη μάθηση. *Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή*. Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Ευαγγέλου, Β. Φ. & Κώτσης, Θ. Κ. (2012). Σύγκριση μαθησιακών αποτελεσμάτων μαθητών Ε' και ΣΤ' Δημοτικού Σχολείου, μετά από πραγματικά ή εικονικά πειράματα για τη δύναμη της τριβής. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 5(1-2), 27-43.

Κανάρη, Ζ., & Millar, R. (2000). Προσεγγίζοντας επιστημονικές διερευνήσεις στις ηλικίες 9-13 χρόνων: ο ρόλος της δομής του προβλήματος στη διαδικασία επίλυσης. Στο Ν. Βαλανίδης (Επ.), *Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και εφαρμογής των Νέων Τεχνολογιών στην εκπαίδευση* (τ.2, 203-211), Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου, Λευκωσία.

Καριώτογλου, Π. (2006). *Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών*. Εκδόσεις: Γράφημα, Θεσσαλονίκη.

Κόκκοτας, Β. Π., Ριζάκη, Αν. Αικ., Χαβιάρης, Σ. Π., & Χατζή, Β. Μ. (2002). *Φυσικές Επιστήμες Ε' τάξης: Βιβλίο για το δάσκαλο*. Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα.

Κουμαράς, Π., Καριώτογλου, Π., Αντωνιάδου, Ν., & Ψύλλος, Δ. (1992). Η εποικοδομητική στρατηγική στην πειραματική προσέγγιση της διδασκαλίας της Φυσικής. *Επιθεώρηση Φυσικής*, 12, 12-20.

Κουμαράς, Π. (2002). Μια πρόταση για την επιμόρφωση εκπαιδευτικών της υποχρεωτικής εκπαίδευσης στην πειραματική διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Στο Α. Μαργετουσάκη, & Π.Γ. Μιχαηλίδης (Επ.), *Πρακτικά 3<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου: «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση»* (σελ. 480 - 485). Ρέθυμνο.

Κουμαράς, Π. (2003). *Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής*. Εκδόσεις Χριστοδουλίδη, Θεσσαλονίκη.

Μπέλλου, Ι. (2003). Ποιοτική αξιολόγηση μαθησιακών αποτελεσμάτων μαθητών μετά την αλληλεπίδρασή τους με εκπαιδευτικό λογισμικό. Στο Μ. Ιωσηφίδου, & Ν. Τζιμόπουλος (Επ.), *Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ «Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη»* (τ. Β, σελ. 85-95). Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Μικρόπουλος, Τ. Α., & Μπέλλου, Ι. (2010). *Σενάρια διδασκαλίας με υπολογιστή*. Εκδόσεις: Κλειδάριθμος, Αθήνα.



Πατρινόπουλος, Μ., Οβαδίας, Σ., Δημόπουλος, Β, & Καλκάνης, Γ.Θ. (2003). Εκπαιδευτική πρόταση για τη διδασκαλία/εργαστηριακή πρακτική της τριβής μεταξύ στερεών σωμάτων με προσομοίωση του μικρόκοσμου και διασύνδεσης της εργαστηριακής διάταξης με τον Η/Υ μέσω αισθητήρων, *Φυσικός Κόσμος*, 10 (169), 72 – 76.

Ravanis, K., Koliopoulos, D., & Hadzigersiou, Y.(2004). What factors does friction depend on? A sociocognitive teaching intervention with young children. *International Journal of Science Education*, 26(8),997-1007.

Ραβάνης, Κ. (2002). *Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση: Διδακτική και γνωστική προσέγγιση* (3<sup>η</sup> έκδ.). Εκδόσεις Τυπωθήτω, Γ. Δαρδανός, Αθήνα.

Stead, K., & Osborne, R. (1981). What is friction? Some children's ideas. *The Australian Science Teachers Journal*, 27(3), 310-329.

Τσαγλιώτης, Ν. (1998). Πτυχές της εννοιολογικής αλλαγής σε παιδιά πέμπτης Δημοτικού: η έννοια της δύναμης της τριβής. Στο Π. Κουμαράς, Π. Καριώτογλου, Β. Τσελφές, & Δ. Ψύλλος (Επ.), *Πρακτικά 1<sup>ου</sup> Πανελληνίου συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και εφαρμογής των Νέων Τεχνολογιών στην εκπαίδευση* (σελ. 370 – 376). ΠΤΔΕ - ΑΠΘ, Εκδόσεις: Χριστοδουλίδη, Θεσσαλονίκη.

Ψύλλος, Δ., Κουμαράς, Π., & Καριώτογλου, Π. (1993). Εποικοδόμηση της γνώσης στην τάξη με συνέρευνα δασκάλου και μαθητή. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 70, 34-42.

### Παράρτημα

#### Φύλλο εργασίας 1

1.1 Υπόθεσε ότι πρόκειται να κάνεις ορειβασία σε βουνά στα οποία έχει χιονίσει. Θα επέλεγες να φορέσεις παπούτσια των οποίων οι σόλες είναι λείες ή παπούτσια των οποίων οι σόλες έχουν τραχιά (ανώμαλη) επιφάνεια; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

1.2 Στην Εικόνα 2 ο μαθητής με το καπέλο λέει στον συμμαθητή του με τον οποίο προσπαθούν να σπρώξουν το ξύλινο κιβώτιο: «Αδύνατο να το κινήσουμε όσο κι αν το σπρώξουμε».



Εικόνα 2. Μαθητές που σπρώχνουν ξύλινο κιβώτιο

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό

Ο συμμαθητής του απαντά:

«Έχω μια ιδέα! Θα γυρίσουμε το κιβώτιο όρθιο. Έτσι, θα ακουμπά στο πάτωμα η μικρή επιφάνεια, με αποτέλεσμα η τριβή να είναι πιο μικρή από πριν που ακουμπούσε με την μεγάλη επιφάνεια. Αυτό, λοιπόν, θα μας βοηθήσει να σπρώξουμε το ξύλινο κιβώτιο».

Μπορείς να σχολιάσεις την ιδέα του συμμαθητή; Είναι ορθή ή λανθασμένη; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....  
1.3 Γιατί τα λάστιχα του αυτοκινήτου πρέπει να είναι καινούργια; Τι πρόβλημα δημιουργείται αν έχουμε παλιά λάστιχα με λεία επιφάνεια;

.....  
1.4 Για ποιο λόγο όταν οδηγούμε και χιονίζει σταματούμε για να τοποθετήσουμε αλυσίδες στα λάστιχα των αυτοκινήτων;

.....  
1.5 Πότε αναπτύσσεται μεγαλύτερη δύναμη τριβής;

α) Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε άσφαλτο.

β) Όταν κινείται σε δρόμο με πάγο.

γ) Δεν γνωρίζω.

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....  
1.6 Πότε ένα αυτοκίνητο κινείται με περισσότερη ασφάλεια σε παγωμένο οριζόντιο δρόμο;

α) Όταν είναι άδειο.

β) Όταν είναι φορτωμένο.

γ) Δεν γνωρίζω.

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

### **Φύλλο εργασίας 2- Προβλέψεις**

Περιέχει τις ίδιες δραστηριότητες με το φύλλο εργασίας 3 που παρουσιάζεται παρακάτω, με τη διαφορά ότι σε αυτό καλούνται οι μαθητές να κάνουν τις προβλέψεις των πειραμάτων.

### **Φύλλο εργασίας 3**

3Α. Πρώτο πείραμα

Έχεις στη διάθεση σου την παρακάτω συσκευή εκτίναξης αντικειμένων (Εικόνα 3):



Εικόνα 3. Συσκευή εκτίναξης αντικειμένων

Πραγματοποίησε τις παρακάτω περιπτώσεις:

3A1. Πρώτη περίπτωση

1<sup>ο</sup> Βήμα:

Στην πρώτη περίπτωση, *συσπείρωσε το μεταλλικό άξονα με το ελατήριο και τοποθέτησε πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου της συσκευής εκτίναξης ένα ξύλινο παραλληλεπίπεδο όπως φαίνεται στην Εικόνα 4:*



Εικόνα 4. Συσκευή εκτίναξης και ξύλινο παραλληλεπίπεδο

2ο Βήμα:

Πάτησε το μπλε κουμπί της συσκευής εκτίναξης, έτσι ώστε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο να εκτιναχθεί και να κινηθεί πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου.

3ο Βήμα:

Όταν σταματήσει, παρατήρησε και σημείωσε (με τη χρωματιστή κιμωλία) το σημείο που σταμάτησε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο.

3A2. Δεύτερη περίπτωση

Στη δεύτερη περίπτωση, κάλυψε όλο το διάδρομο (επιφάνεια) της παραπάνω συσκευής με γυαλόχαρτο (τραχιά - ανώμαλη επιφάνεια), *συσπείρωσε το μεταλλικό άξονα με το ελατήριο και τοποθέτησε πάλι πάνω σε αυτόν το ίδιο ξύλινο παραλληλεπίπεδο.*

Ακολούθησε το 2<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> βήμα της 1<sup>ης</sup> περίπτωσης (σημείωσε τώρα με άσπρη κιμωλία).

Σύγκρινε τις δύο περιπτώσεις παρατηρώντας και αναφέροντας σε ποια από τις δύο το ξύλινο παραλληλεπίπεδο διάνυσε τη μεγαλύτερη απόσταση.

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό

Στην πρώτη περίπτωση όπου το ξύλινο παραλληλεπίπεδο ακουμπά πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου ή στη δεύτερη περίπτωση όπου το ξύλινο παραλληλεπίπεδο ακουμπά πάνω στο γυαλόχαρτο (τραχιά επιφάνεια);

.....  
Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες, δηλαδή για ποιο λόγο σε κάποια από τις δύο περιπτώσεις το ξύλινο παραλληλεπίπεδο διάνυσε μεγαλύτερη απόσταση;

### 3B. Δεύτερο πείραμα

Πάλι έχεις στη διάθεση σου την παραπάνω συσκευή εκτίναξης αντικειμένων.

#### 3B1. Πρώτη περίπτωση

##### 1ο Βήμα:

Στη πρώτη περίπτωση, *συσπείρωσε τον μεταλλικό άξονα με το ελατήριο* και τοποθέτησε πάλι πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου της συσκευής εκτίναξης ένα ξύλινο παραλληλεπίπεδο.

Ακολούθησε το 2<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> βήμα του 1<sup>ου</sup> πειράματος (1<sup>η</sup> περίπτωση).

#### 3B2. Δεύτερη περίπτωση

Στη δεύτερη περίπτωση, *συσπείρωσε τον μεταλλικό άξονα με το ελατήριο* και αύξησε το βάρος τοποθετώντας πάνω στο πρώτο ξύλινο παραλληλεπίπεδο ένα ίδιο δεύτερο ξύλινο παραλληλεπίπεδο, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5:



Εικόνα 5. Συσκευή εκτίναξης και δυο ίδια ξύλινα παραλληλεπίπεδα

Ακολούθησε το 2<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> βήμα του 1<sup>ου</sup> πειράματος (σημείωσε με άσπρη κιμωλία).

Σύγκρινε τις δύο περιπτώσεις παρατηρώντας και αναφέροντας σε ποια από τις δύο διανύθηκε μεγαλύτερη απόσταση: .....

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες, δηλαδή για ποιο λόγο σε κάποια από τις δύο περιπτώσεις το ένα ή τα δύο ξύλινα παραλληλεπίπεδα διάνυσαν μεγαλύτερη απόσταση;

3Γ. Τρίτο πείραμα

Έχεις στη διάθεση σου την ίδια συσκευή εκτίναξης αντικειμένων.

3Γ1. Πρώτη περίπτωση

Στην πρώτη περίπτωση, *συσπείρωσε το μεταλλικό άξονα με το ελατήριο* και τοποθέτησε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο με τη μεγάλη πλευρά (επιφάνεια) του πάνω στη λεία επιφάνεια του διαδρόμου της συσκευής εκτίναξης.

Ακολούθησε το 2<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> βήμα του πρώτου πειράματος (1<sup>η</sup> περίπτωση).

3Γ2. Δεύτερη περίπτωση

Στη δεύτερη περίπτωση, *συσπείρωσε το μεταλλικό άξονα με το ελατήριο* και τοποθέτησε το ξύλινο παραλληλεπίπεδο πάνω στο διάδρομο με τη μικρή του πλευρά (επιφάνεια), όπως φαίνεται στην Εικόνα 6:



Εικόνα 6. Συσκευή εκτίναξης και ξύλινο παραλληλεπίπεδο που ακουμπά με μικρή επιφάνεια

Ακολούθησε το 2<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> βήμα της πρώτης περίπτωσης (σημείωσε με άσπρη κιμωλία).

Σύγκρινε τις δύο περιπτώσεις παρατηρώντας και αναφέροντας σε ποια από τις δύο διανύθηκε μεγαλύτερη απόσταση.....

Πως εξηγείς αυτό που παρατήρησες, δηλαδή για ποιο λόγο σε κάποια από τις δύο περιπτώσεις το ξύλινο παραλληλεπίπεδο διάνυσε μεγαλύτερη απόσταση;

.....

### **Φύλλο εργασίας 4**

Πανομοιότυπο με το φύλλο εργασίας 1.

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό



Ο Ευαγγέλου Φίλιππος είναι εκπαιδευτικός στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, κάτοχος Μεταπτυχιακού Διπλώματος στις Φυσικές και Περιβαλλοντικές Επιστήμες και Διδάκτορας του Παιδαγωγικού Τμήματος Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Κύρια ενδιαφέροντα του είναι η Διδακτική Φυσικής και η χρήση Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, καθώς επίσης η πειραματική διδασκαλία εννοιών και φαινομένων των Φυσικών Επιστημών με τη χρήση απλών υλικών.



Ο Κωνσταντίνος Κώτσης είναι Φυσικός. Υπήρξε μέλος ΔΕΠ για 13 χρόνια στο Τμήμα Φυσικής, και από το 2000 είναι μέλος ΔΕΠ, σήμερα Καθηγητής στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Τα ερευνητικά του ενδιαφέροντα αφορούν, η Διδασκαλία της Φυσικής με πειράματα υλικών καθημερινής χρήσης, την Ιστορία της Φυσικής και τις εναλλακτικές απόψεις μαθητών.

**Τι σχήμα έχει μία φλέβα νερού; Διδάσκοντας ρευστομηχανική με μία βρύση και μία φωτογραφία**

**Παναγιώτης Λάζος**

Η εισαγωγή της διδασκαλίας στοιχείων ρευστομηχανικής στη Φυσική κατεύθυνσης της Γ' τάξης του Λυκείου αποτελεί την πρώτη εκτεταμένη αλλαγή στη διδακτέα ύλη του μαθήματος για πάνω από 15 χρόνια. Χωρίς να παραβλέπουμε τα γνωστά σε όλους προβλήματα που παρουσιάζει η Γ' τάξη, θεωρούμε πως η πραγματοποίηση σχετικών πειραμάτων προκαλεί το ενδιαφέρον των μαθητών και οδηγεί στην καλύτερη κατανόηση των εννοιών και των φαινομένων.

Το ερώτημα το οποίο αποτελεί την αφετηρία για το προτεινόμενο πείραμα έχει να κάνει με το σχήμα που έχει μία φλέβα νερού που τρέχει από μία βρύση, πριν αρχίσουν να δημιουργούνται σταγόνες και να καταστρέφεται η συνέχειά της. Είναι, μάλλον, κοινή παρατήρηση πως η φλέβα λεπταίνει (μείωση της διαμέτρου με αύξηση της απόστασης από τη βρύση). Το σχήμα αυτό ακολουθεί, άραγε, κάποια κανονικότητα; Υπάρχει, δηλαδή, κάποια θεωρητική σχέση ανάμεσα στα μεγέθη διάμετρος φλέβας και απόσταση από το άκρο της βρύσης και αν ναι μπορεί να ελεγχθεί πειραματικά;

**Θεωρητική ανάλυση**

Θεωρούμε πως η διατομή της φλέβας είναι παντού κυκλική με διάμετρο  $d$  και εμβαδόν  $A$ :

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \quad (1)$$

Θεωρούμε, επίσης, δύο απειροστές διατομές της φλέβας μάζας  $dm$  σε τυχαία σημεία  $A$  και  $B$ , με το  $A$  να βρίσκεται σε ύψος  $h'$  πάνω από το  $B$  (Σχήμα 1). Οι δύο τομές έχουν αντίστοιχα διάμετρο  $d_A$  και  $d_B$ , ίσους όγκους  $dV$  η καθεμία και μάζες  $dm = \rho \cdot dV$ , όπου  $\rho$  είναι η πυκνότητα του νερού.

Στη θέση  $B$  η στοιχειώδης μάζα έχει κινητική ενέργεια (θεωρώντας το νερό ιδανικό ρευστό χωρίς εσωτερικές τριβές):

$$K_B = \frac{1}{2}(\rho \cdot dV)u_B^2$$

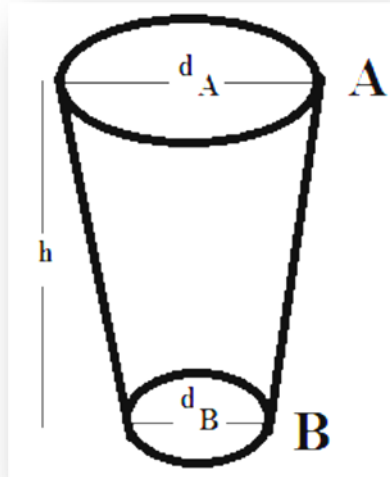
## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

ενώ στο σημείο A έχει κινητική ενέργεια:

$$K_A = \frac{1}{2}(\rho \cdot dV)u_A^2$$

και δυναμική ενέργεια (με επίπεδο αναφοράς το διερχόμενο από το B)

$$U_A = \rho \cdot dV \cdot g \cdot h'$$



Σχήμα 1.

Από την αρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας έπεται πως:

$$K_B = K_A + U_A \Rightarrow$$

$$\frac{1}{2}(\rho \cdot dV)u_B^2 = \frac{1}{2}(\rho \cdot dV)u_A^2 + \rho \cdot dV \cdot g \cdot h' \Rightarrow$$

$$u_B^2 - u_A^2 = 2g h' \Rightarrow$$

$$h' = \frac{u_B^2}{2g} - \frac{u_A^2}{2g} \quad (2)$$

Η παροχή  $\Pi$  της φλέβας σύμφωνα με την εξίσωση συνέχειας είναι σταθερή σε κάθε σημείο (Ιωάννου κ.ά., 2013). Άρα για τις διατομές στα σημεία A και B της φλέβας ισχύει:

$$\Pi = A_A \cdot u_A = A_B \cdot u_B = \frac{\pi d_A^2}{4} \cdot u_A = \frac{\pi d_B^2}{4} \cdot u_B$$

ή αντίστοιχα:

$$u_A^2 = \frac{\Pi^2}{A_A^2} = \frac{16 \cdot \Pi^2}{\pi^2 \cdot d_A^2} \quad (3\alpha)$$

και

$$u_B^2 = \frac{\Pi^2}{A_B^2} = \frac{16 \cdot \Pi^2}{\pi^2 \cdot d_B^2} \quad (3\beta)$$



## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Αντικαθιστώντας στην (2) από τις (3α) και (3β) καταλήγουμε πως:

$$h' = \frac{8 \cdot \Pi^2}{\pi^2 \cdot g \cdot d_A^2} - \frac{8 \cdot \Pi^2}{\pi^2 \cdot g \cdot d_B^2} \quad (4)$$

Επειδή κατά την πραγματοποίηση των μετρήσεων το σημείο Α μένει σταθερό και χρησιμοποιείται ως αρχή των μετρήσεων, θέτουμε  $h = -h'$  και καταλήγουμε στη σχέση:

$$h = \frac{8 \cdot \Pi^2}{\pi^2 \cdot g \cdot d_B^2} - \frac{8 \cdot \Pi^2}{\pi^2 \cdot g \cdot d_A^2} \quad (5)$$

Η εξίσωση (5) είναι της μορφής  $y = ax + b$ , με

$$y = h,$$

$$a = \frac{8 \cdot \Pi^2}{\pi^2 \cdot g}$$

$$x = \frac{1}{d_B^4}$$

$$b = -\frac{8 \cdot \Pi^2}{\pi^2 \cdot g \cdot d_A^2}.$$

Αν πραγματοποιηθούν μετρήσεις για την παροχή  $\Pi$ , την απόσταση  $h$  και τη διάμετρο  $d_B$  για μια σειρά από σημεία της φλέβας θα ήταν εφικτό να γίνει η γραφική παράσταση και να συγκριθεί με την αντίστοιχη της σχέσης (5). Ένα σημαντικό πρόβλημα είναι η ανάγκη για μεγάλη ακρίβεια στη μέτρηση της διαμέτρου  $d$ , μια ανάγκη που καθορίζεται από τον εκθέτη 4 με τον οποίον αυτή συμμετέχει στη σχέση (5).

### Εκτέλεση πειράματος

Για τη σωστή εκτέλεση του πειράματος πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια βρύση που να δημιουργεί μια πολύ ομαλή φλέβα νερού χωρίς στροβιλισμούς. Αυτό δεν είναι τόσο εύκολο όσο ακούγεται! Οι περισσότερες βρύσες που δοκιμάσαμε δημιουργούν φλέβες με στροβιλισμό ανεξαρτήτως του μέτρου της παροχής.

Επίσης, πρέπει η φλέβα να είναι διάφανη και όχι «λευκή». Το άσπρο χρώμα σε μία φλέβα νερού οφείλεται στη σκέδαση του φωτός σε φυσαλίδες αέρα (Lynch & Livingston, 2001) και σε αυτή την περίπτωση δεν ισχύει η ανάλυση που έχει προηγηθεί καθώς το ρευστό δεν είναι ασυμπίεστο. Γενικά, μεγάλη παροχή οδηγεί σε ανάμειξη του αέρα με το νερό.

Μόλις δημιουργηθεί η φλέβα με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά είναι εφικτός ο πειραματικός υπολογισμός της παροχής. Τοποθετείται ένα δοχείο γνωστού όγκου  $V$  κάτω από τη βρύση και με ένα χρονόμετρο καταγράφεται ο χρόνος  $t$  στον οποίον θα γεμίσει το δοχείο με νερό όγκου  $V$ . Η μέτρηση του όγκου  $V$  πραγματοποιείται με έναν ογκομετρικό κύλινδρο. Προφανώς ισχύει:  $\Pi = \frac{V}{t}$ . Για

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

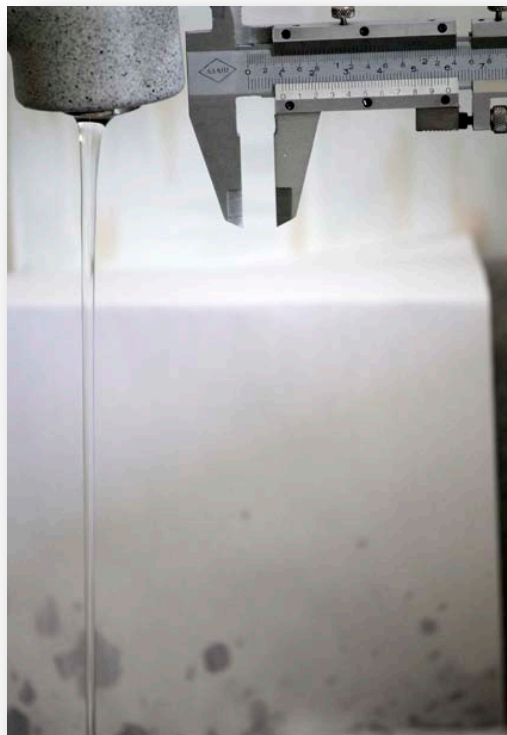
μεγαλύτερη ακρίβεια προτείνεται ο όγκος του δοχείου να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερος. Οι μετρήσεις και οι υπολογισμοί για την παροχή φαίνονται στον Πίνακα 1.

t (s)	V ( $10^{-6}\cdot\text{m}^3$ )	Π ( $10^{-6}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ )
60,2	630	10,47

Πίνακας 1: Μετρήσεις και υπολογισμοί για την παροχή της φλέβας.

Έχει προταθεί (Hildreth, 2015) η χρήση διαστημόμετρου για τη μέτρηση της διαμέτρου της φλέβας στα διάφορα σημεία αλλά είναι εξαιρετικά δύσκολο να τοποθετηθεί το διαστημόμετρο με την κατάλληλη κλίση στη σωστή θέση ώστε να επιτευχθεί ακριβής μέτρηση, πόσο μάλλον αν αυτό πρέπει να γίνει για αρκετά σημεία.

Προτείνεται, λοιπόν, η λήψη μιας φωτογραφίας της φλέβας του νερού με το παχύμετρο δίπλα της. Για καλύτερα αποτελέσματα η λήψη της φωτογραφίας προτείνεται να γίνει στα χαμηλότερα ISO που επιτρέπει ο φωτισμός και στην υψηλότερη δυνατή ανάλυση. Το διαστημόμετρο τοποθετείται σε τέτοια θέση ώστε να βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με τη φλέβα του νερού. Στην διάταξη μας χρησιμοποιήσαμε διαστημόμετρο από τη σειρά γενικών εργαστηριακών οργάνων του ΣΕΦΕ με ελάχιστη υποδιαίρεση 0,02 mm. Το άνοιγμα των σιαγώνων του τέθηκε στα 10,00 mm.



Εικόνα 1. Φλέβα νερού και διαστημόμετρο. Φωτογραφία Π.Λάζος.

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Η λήψη της φωτογραφίας της Εικόνας 1 έχει πραγματοποιηθεί με DSLR φωτογραφική μηχανή EOS 5D mark II, με ανάλυση 21 MP, φακό Canon EF 70-210L και ρυθμίσεις ISO 800, διάφραγμα φακού f/4 και ταχύτητα κλείστρου 1/125 s. Προφανώς, η μέτρηση της παροχής της βρύσης και η λήψη της φωτογραφίας πρέπει να γίνουν χωρίς να παρεμβάλλεται χρονικά μεταξύ τους κάποιο άνοιγμα ή κλείσιμο της βρύσης.

Στη συνέχεια γίνονται μετρήσεις των απαραίτητων αποστάσεων πάνω στη φωτογραφία με τη βοήθεια λογισμικού επεξεργασίας εικόνας. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε το Adobe CS5 (Photoshop) αλλά επειδή δεν είναι ένα δωρεάν λογισμικό παραθέτουμε στη συνέχεια οδηγίες για πραγματοποίηση των μετρήσεων με το δωρεάν λογισμικό GIMP. Η διαδικασία, πάντως, είναι παρόμοια και στα δύο λογισμικά.

Αφού εγκατασταθεί το GIMP, ανοίγουμε τη φωτογραφία και μεγεθύνουμε την εικόνα τόσο ώστε το άνοιγμα του διαστημόμετρου να έχει γεμίσει την οθόνη μας. Στη συνέχεια χρησιμοποιούμε το εργαλείο μέτρησης ως εξής: Κάνουμε κλικ στο ένα άκρο του διαστημόμετρου και με πατημένο το πλήκτρο του ποντικιού σέρνουμε τον δείκτη μέχρι το άλλο άκρο. Τότε ο αριθμός των εικονοστοιχείων (pixels) ανάμεσα στα δύο άκρα εμφανίζεται στη γραμμή κατάστασης. Γνωρίζοντας την απόσταση ανάμεσα στα δύο άκρα σε mm μπορούμε να βρούμε τον λόγο pixels/mm στην εικόνα μας. Μπορούμε, λοιπόν, αντίστοιχα να πραγματοποιήσουμε σειρά μετρήσεων (σε εικονοστοιχεία) για τις άλλες αποστάσεις που μας ενδιαφέρουν και να τις μετατρέψουμε σε χιλιοστά και τελικά σε μέτρα. Η μέθοδος είναι εύκολη και ακριβής.

Η διαδικασία αυτή έδωσε λόγο 567 pixels ανά 10,00 mm για την Εικόνα 1. Οι μετρήσεις που έγιναν στην εικόνα 1 σύμφωνα με τα παραπάνω παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Αριθμός Pixels στο ύψος h	Ύψος h (10 <sup>-3</sup> ·m)	Αριθμός Pixels στη διάμετρο d	Διάμετρος d (10 <sup>-3</sup> ·m)	1/d <sup>4</sup> (10 <sup>-12</sup> ·m <sup>-4</sup> )
0	0	543	9,58	0,00012
90	1,59	458	8,08	0,00023
144	2,54	430	7,58	0,00030
191	3,37	402	7,09	0,00040
241	4,25	385	6,79	0,00047
293	5,17	373	6,58	0,00053
342	6,03	362	6,38	0,00060
395	6,97	350	6,17	0,00069

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

---

494	8,71	339	5,98	0,00078
542	9,56	332	5,86	0,00085
593	10,46	326	5,75	0,00091
647	11,41	318	5,61	0,00101
694	12,24	312	5,50	0,00109
745	13,14	307	5,41	0,00117
794	14,00	303	5,34	0,00123
941	17,00	285	5,03	0,00156
1045	18,43	278	4,90	0,00173
1147	20,23	270	4,76	0,00195
1344	23,70	263	4,64	0,00216
1545	27,25	261	4,60	0,00223
1844	32,52	245	4,32	0,00287
2258	39,82	229	4,04	0,00375
2763	48,73	223	3,93	0,00419
3222	56,83	215	3,79	0,00485
3655	64,46	201	3,60	0,00595
4192	73,93	197	3,47	0,00690
4558	80,39	194	3,42	0,00731
4964	87,55	184	3,25	0,00896
5279	93,1	180	3,17	0,00990
5800	102,3	178	3,14	0,01029
6252	110,26	170	3,00	0,01235
6598	116,37	167	2,95	0,01320
6978	123,07	162	2,86	0,01495

---

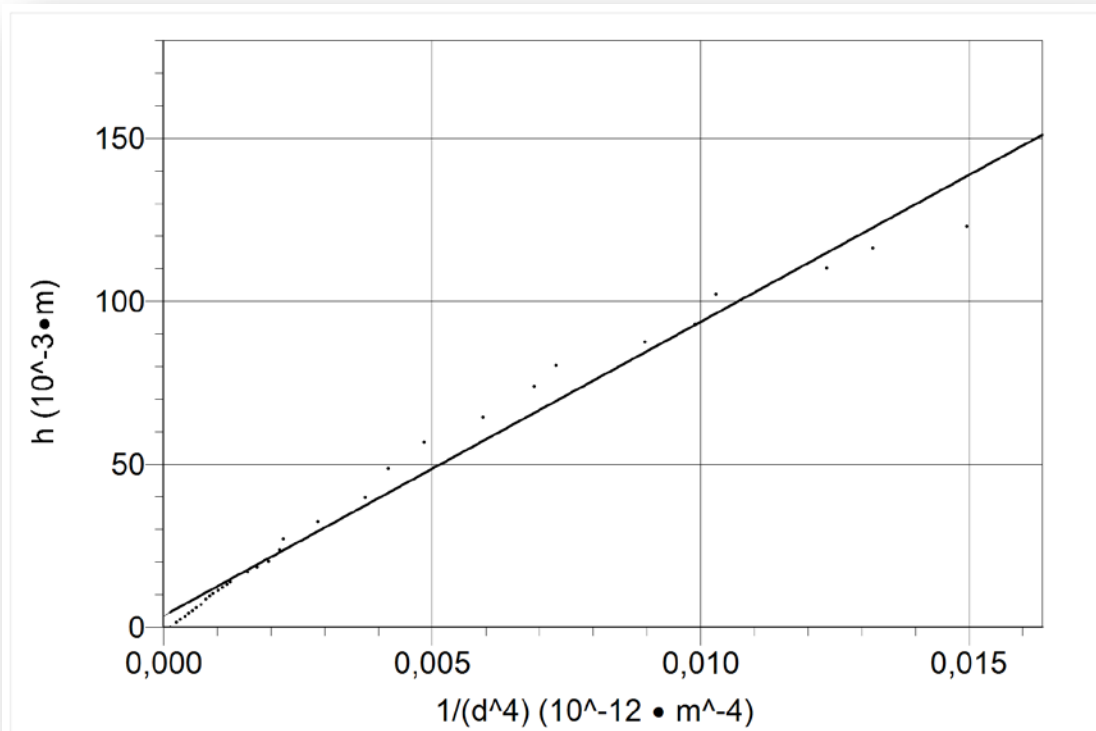
Πίνακας 2. Μετρήσεις και υπολογισμοί διαστάσεων της φλέβας.

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Στο Σχήμα 1 φαίνεται η γραφική παράσταση της σχέσης  $h=f(1/d^4)$  σύμφωνα με τα πειραματικά σημεία. Η κλίση  $\alpha$  της ευθείας είναι  $\alpha=9,0 \cdot 10^{12} \text{ m}^5$ .

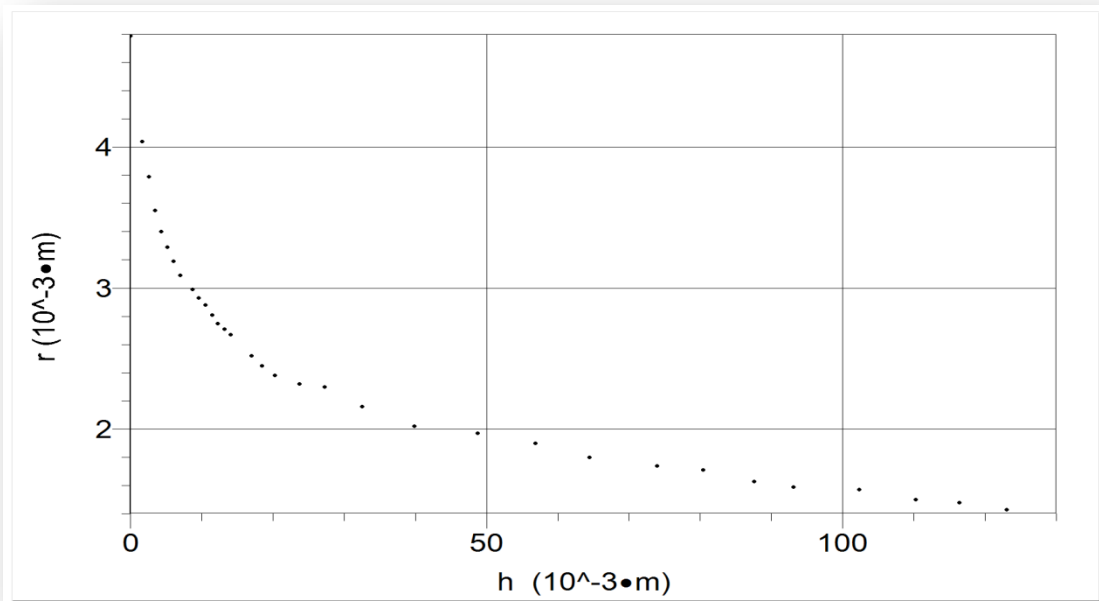
Από τη σχέση  $\alpha = \frac{8 \cdot \Pi^2}{\pi^2 \cdot g}$  εξάγεται πως η θεωρητική τιμή είναι  $\alpha=9,1 \cdot 10^{12} \text{ m}^5$ .

Η απόκλιση ανάμεσα στην πειραματική και τη θεωρητική τιμή είναι της τάξης του 1%. Αξίζει να σημειωθεί πως αν χρησιμοποιήσουμε την πειραματική τιμή της κλίσης  $\alpha$  για να υπολογίσουμε την επιτάχυνση της βαρύτητας βρίσκουμε την τιμή:  $g=9,87 \text{ m/s}^2$  η οποία παρουσιάζει απόκλιση από την θεωρητικά αποδεκτή τιμή 0,6%.



Σχήμα 1. Γραφική παράσταση  $h=f(1/d^4)$

Στο Σχήμα 2 αποτυπώνονται οι πειραματικές μετρήσεις σε γραφική παράσταση της σχέσης  $r=d/2=f(h)$  δημιουργώντας -οριζόντια- το σχήμα της φλέβας.



Σχήμα 2. Γραφική παράσταση  $r=d/2=f(h)$

### Συμπεράσματα

Η χρήση της ψηφιακής φωτογραφία, τόσο διαδεδομένης σήμερα, αποδεικνύεται εξαιρετικά αποτελεσματική στη συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία. Η συμφωνία θεωρίας και πειράματος είναι πολύ καλή ενώ αναδεικνύεται μια μαθηματική ομορφιά εφαρμόζοντας τους νόμους της φυσικής σε κάτι τόσο απλό όσο μια φλέβα νερού.

Είναι προφανές πως στα πλαίσια της φυσικής κατεύθυνσης δεν υπάρχει χρόνος για τη λήψη των σχετικών φωτογραφιών, ίσως ούτε για την λήψη μετρήσεων από αυτές. Όμως, θεωρούμε εφικτό για τον διδάσκοντα και χρήσιμο για τους μαθητές να τους παρουσιαστεί το πρόβλημα και στη συνέχεια να γίνει λήψη κάποιων ενδεικτικών μετρήσεων από μία «έτοιμη» φωτογραφία.

### Σχόλια

1. <http://docs.gimp.org/el/>
2. <http://www.gimp.org/downloads/>
3. <http://docs.gimp.org/el/gimp-tool-measure.html>

### Βιβλιογραφία

Hildreth, S. (2015). *Bernoulli's Falling Water Lab*. Ανακτήθηκε στις 1/8/2015 από <http://www.chabotcollege.edu/faculty/shildreth/physics/BernoulliLab.htm>

Lynch, D. & Livingston, W. C. (2001). *Color and Light in Nature*. Cambridge University Press.

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Ιωάννου Α., Ντάνος Γ., Πήττας Α., Ράπτης Σ. (2013). *Φυσική Θετικής και Τεχνολογικής Κατεύθυνσης*, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος».



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 φαινόμενα οπτικής και τις εφαρμογές τους στη φωτογραφία, με την ιστορία των επιστημονικών οργάνων και με την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής.

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή



## **Έλεγχος κατανόησης και εμπέδωση της έννοιας των κλιματικών ζωνών της Γης με ερωτήσεις κρίσεως**

**Σίμος Οικονομίδης και Σταύρος Αυγολούπης**

Προκειμένου να ελεγχθεί ο βαθμός κατανόησης εννοιών και να αναδειχθεί η προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών (Diakidou & Kendeou, 2001), ώστε να αμφισβητηθούν εναλλακτικές ιδέες και πρωταρχικά μοντέλα τους (Kikas, 1997) και να διευκολυνθεί η εννοιολογική αλλαγή (Vosniadou, 2007) και η εμπέδωση των επιστημονικών εννοιών και μοντέλων, μια διδακτική προσέγγιση που μπορεί να ακολουθηθεί είναι οι ερωτήσεις κρίσεως.

Οι απαντήσεις σε αυτές δεν είναι πάντα προφανείς. Απαιτούν εννοιολογική κατανόηση και εφαρμογή των συνθηκών του ισχύοντος μοντέλου. Οι ερωτήσεις κρίσεως ενεργοποιούν τις τρεις ανώτερες νοητικές λειτουργίες της κατά Bloom ταξινόμησης, που είναι η *ανάλυση*, η *σύνθεση* και η *αξιολόγηση* (Bloom et al., 1956) ή, αν δεχτούμε την αναθεωρημένη ταξινόμηση (Krathwohl 2002), η *ανάλυση*, η *αξιολόγηση* και η *δημιουργία*.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται ερωτήσεις κρίσεως που αφορούν τον έλεγχο κατανόησης της έννοιας των κλιματικών ζωνών τη Γης, καθώς και οι προτεινόμενες απαντήσεις τους.

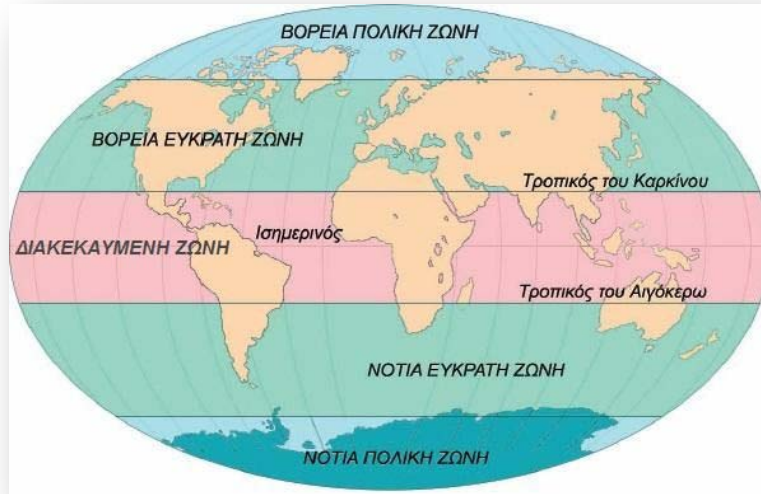
### **Οι κλιματικές ζώνες της Γης**

Εφόσον ο Ήλιος μας είναι ο αστέρας που θερμαίνει τη Γη, είναι φυσικό ότι οι παράγοντες που καθορίζουν τη διαίρεση της Γης σε κλιματικές ζώνες εξαρτώνται από τον Ήλιο. Έτσι, λοιπόν, οι κλιματικές ζώνες της Γης ορίζονται ως εξής (Εικόνα 1):

1) Η πρώτη ζώνη της Γης είναι η **διακεκαυμένη ζώνη**, που εκτείνεται βόρεια και νότια του ισημερινού και οριοθετείται στον Βορρά από τον τροπικό του Καρκίνου και στον Νότο από τον τροπικό του Αιγόκερω. Οι δύο αυτοί τροπικοί κύκλοι (παράλληλοι προς τον ισημερινό) βρίσκονται σε γεωγραφικό πλάτος  $\varphi=+23,5^\circ$  και  $\varphi=-23,5^\circ$ , αντίστοιχα. Αξίζει να σημειώσουμε ότι το επίπεδο της φαινόμενης ετήσιας τροχιάς του Ήλιου (εκλειπτική) και το επίπεδο του ουράνιου ισημερινού (προέκταση του γήινου ισημερινού) σχηματίζουν τη σταθερή γωνία  $\omega=23,5^\circ$  (λόξωση της

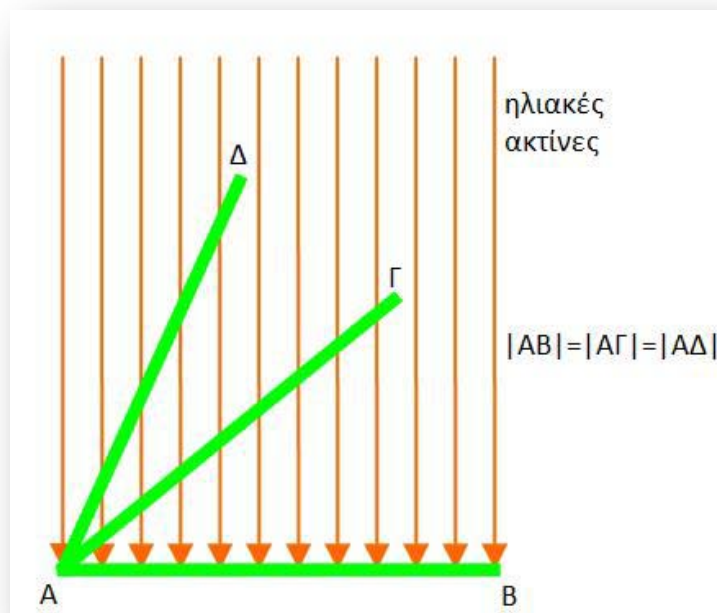
## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

εκλειπτικής), που είναι υπεύθυνη για την εναλλαγή των εποχών του έτους (Αυγολούπης & Σειραδάκης, 2009), καθώς εξαιτίας της μεταβάλλεται η γωνία πρόσπτωσης των ακτίνων του Ήλιου στην επιφάνεια της Γης (Εικόνα 2).



Εικόνα 1. Οι κλιματικές ζώνες της Γης.

(Πηγή: <http://blogs.sch.gr/6dimgian/archives/828#prettyPhoto>)



Εικόνα 2. Το ίδιο μήκος εδάφους αποκόπτει τη μέγιστη ροή ηλιακής ενέργειας, όταν η γωνία που σχηματίζει η διεύθυνση των ηλιακών ακτίνων με το έδαφος είναι  $90^\circ$ , και τόσο μικρότερη όσο η γωνία αυτή φθίνει. Στην πραγματικότητα, βέβαια, δεν έχουμε μήκος εδάφους, αλλά επιφάνεια εδάφους, και ισχύουν ακριβώς τα ίδια.

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Σε όλους τους τόπους που περιέχονται ανάμεσα σε αυτούς τους δύο κύκλους ο Ήλιος μεσουρανεύει δυο φορές τον χρόνο στο Ζενίθ, δηλαδή ακριβώς πάνω από τα κεφάλια των ανθρώπων. Για τους κατοίκους, όμως, των τόπων που βρίσκονται ακριβώς πάνω στους δύο τροπικούς ο Ήλιος μεσουρανεύει στο Ζενίθ μόνο το μεσημέρι της 21ης Ιουνίου για τον τροπικό του Καρκίνου (γεωγραφικό πλάτος  $\varphi=+23,5^\circ$ ) και το μεσημέρι της 22ης Δεκεμβρίου για τον τροπικό του Αιγόκερω ( $\varphi=-23,5^\circ$ ).

2) Στη συνέχεια έχουμε τους δύο πολικούς κύκλους (παράλληλους προς τον ισημερινό), σε γεωγραφικό πλάτος  $\varphi=90-23,5=66,5^\circ$  για το βόρειο ημισφαίριο και  $\varphi=66,5^\circ$  για το νότιο ημισφαίριο. Μεταξύ αυτών των πολικών κύκλων και των αντίστοιχων πόλων της Γης ορίζονται η **βόρεια πολική ζώνη** και η **νότια πολική ζώνη**.

Για τους τόπους που βρίσκονται ακριβώς πάνω στον βόρειο πολικό κύκλο ο Ήλιος στις 21 Ιουνίου (θερινό ηλιοστάσιο) δεν θα δύσει για ένα ολόκληρο 24ωρο, για τους βορειότερους τόπους δεν θα δύσει για περισσότερα 24ωρα και ακριβώς στον Βόρειο Πόλο ο Ήλιος θα φαίνεται συνεχώς για ένα ολόκληρο εξάμηνο, από τις 21 Μαρτίου (εαρινή ισημερία) έως τις 22 Σεπτεμβρίου (φθινοπωρινή ισημερία).

Αντίστοιχα, στις 22 Δεκεμβρίου (χειμερινό ηλιοστάσιο), για τους τόπους που βρίσκονται ακριβώς πάνω στον βόρειο πολικό κύκλο ο Ήλιος δεν θα ανατείλει για ένα ολόκληρο 24ωρο, ενώ για τους βορειότερους τόπους δεν θα ανατείλει για περισσότερα 24ωρα και ακριβώς στον Βόρειο Πόλο ο Ήλιος δεν θα φανεί για ένα ολόκληρο εξάμηνο, από 22 Σεπτεμβρίου έως 21 Μαρτίου.

Ακριβώς το αντίστροφο συμβαίνει στη νότια πολική ζώνη.

3) Τέλος, ανάμεσα στον τροπικό του Καρκίνου και στον βόρειο πολικό κύκλο περιλαμβάνεται η **βόρεια εύκρατη ζώνη**, ενώ ανάμεσα στον τροπικό του Αιγόκερω και στον νότιο πολικό κύκλο περιλαμβάνεται η **νότια εύκρατη ζώνη**.

Στις δύο αυτές εύκρατες ζώνες ανήκουν οι τόποι της Γης στους οποίους ο Ήλιος:

- α) δεν παραλείπει ποτέ να ανατέλλει και να δύει μέσα σε ένα 24ωρο
- β) δεν περνάει ποτέ από το Ζενίθ των τόπων αυτών, που σημαίνει ότι ποτέ δεν εξαφανίζεται η σκιά μιας κατακόρυφης ράβδου, δηλαδή ποτέ οι ακτίνες του Ήλιου δεν πέφτουν κάθετα, και
- γ) μεσουρανεύει πάντα νοτιότερα του Ζενίθ για τους τόπους της βόρειας εύκρατης ζώνης και πάντα βορειότερα του Ζενίθ για τους τόπους της νότιας εύκρατης ζώνης, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους

Αξίζει να σημειώσουμε ότι, αφού η Γη βρίσκεται στην ελάχιστη απόσταση από τον Ήλιο στις 5 Ιανουαρίου και στη μέγιστη απόσταση στις 5 Ιουλίου, οι τόποι του νότιου ημισφαιρίου έχουν, σε σχέση με τους τόπους του βόρειου ημισφαιρίου με το ίδιο γεωγραφικό πλάτος, ελαφρώς ψυχρότερους χειμώνες και θερμότερα καλοκαίρια.

### Ερωτήσεις κρίσεως

1. Υπάρχει κάποιο μέρος της χώρας μας όπου η σκιά μιας κατακόρυφης ράβδου, τη στιγμή της μεσουράνησης του Ήλιου, μηδενίζεται κάποια ημέρα του έτους;

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

2. Τι γωνία πρέπει να σχηματίζει με το οριζόντιο επίπεδο ένας ηλιακός συλλέκτης στην οροφή ενός σπιτιού που βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος  $\varphi=+36,5^\circ$ , ώστε να έχει τη μέγιστη απόδοση κατά το χειμερινό ηλιοστάσιο;
3. α) Γιατί προτιμάμε οι προσόψεις των σπιτιών στη χώρα μας να είναι στραμμένες προς τον Νότο; β) Συμβαίνει το ίδιο σε χώρες του Νότιου ημισφαιρίου που έχουν παραπλήσιο με το δικό μας γεωγραφικό πλάτος; γ) Για τους κατοίκους του Ισημερινού υπάρχει μια τέτοια προτίμηση;
4. Σε ποιους τόπους της χώρας μας και σε ποια εποχή του έτους πέφτει η σκιά μας προς τον Νότο κατά τη μεσουράνηση του Ήλιου;

### Συζήτηση

#### Ερώτηση 1.

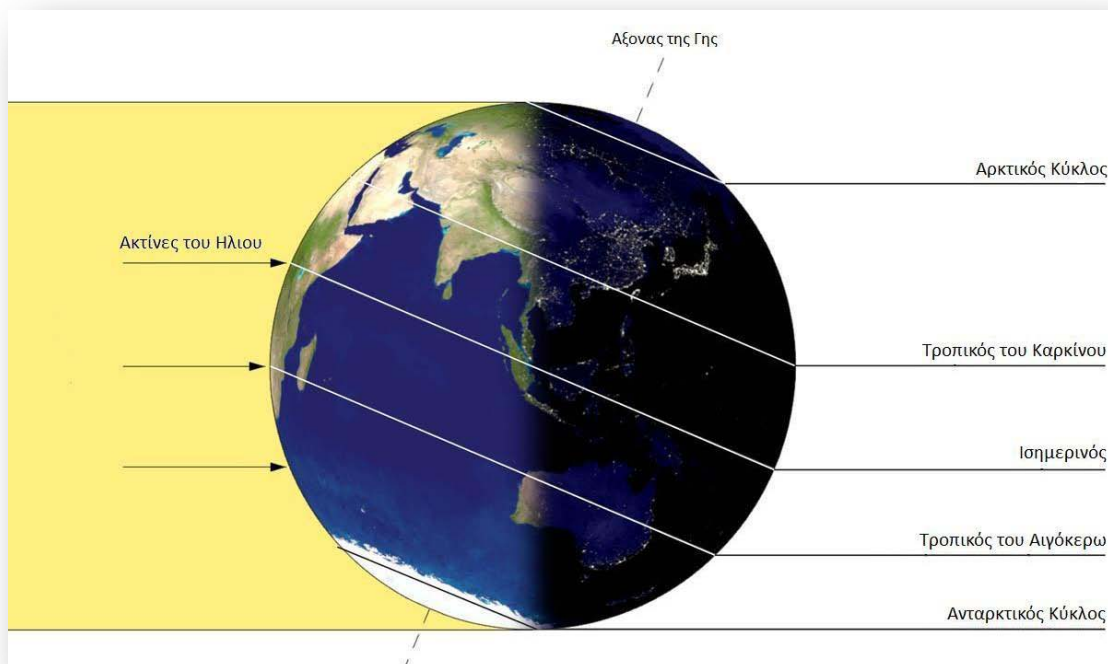
Αρκεί να ανατρέξουν οι μαθητές στον ορισμό των τροπικών κύκλων, για να αντιληφθούν ότι το μέγιστο βόρειο γεωγραφικό πλάτος στο οποίο μπορεί να παρατηρηθεί ο Ήλιος στο Ζενίθ είναι  $\varphi=+23,5^\circ$  (τροπικός του Καρκίνου). Αυτό σημαίνει ότι σε βορειότερα γεωγραφικά πλάτη ο Ήλιος δεν περνάει ποτέ από το Ζενίθ (όπως αναφέρθηκε και στην Εισαγωγή). Το επόμενο βήμα είναι να αναζητήσουν και να βρουν (πολύ εύκολα στο διαδίκτυο) ότι η Ελλάδα εκτείνεται από γεωγραφικό πλάτος  $+34^\circ 49'$  (νοτιότερο σημείο, Γαύδος) έως  $+41^\circ 44'$  (βορειότερο σημείο, Ορμένιο Έβρου). Συνεπώς, κανένα σημείο της δεν έχει γεωγραφικό πλάτος ίσο ή μικρότερο από  $\varphi=+23,5^\circ$ , δηλαδή κανένα σημείο της δεν βρίσκεται στη διακεκαυμένη ζώνη, εκεί όπου ο Ήλιος περνάει από το Ζενίθ δύο φορές κάθε έτος (με εξαίρεση τα σημεία των τροπικών κύκλων, όπου ο Ήλιος περνάει από το Ζενίθ μια φορά κάθε έτος). Με αυτά τα δεδομένα, που προσπόρισαν η ανάλυση και η αναζήτηση, δεν μένει παρά το βήμα της σύνθεσης: εφόσον στη χώρα μας ποτέ ο Ήλιος δεν μεσουραναί στο Ζενίθ, η σκιά μιας κατακόρυφης ράβδου ποτέ δεν μηδενίζεται.

#### Ερώτηση 2.

Το πρώτο βήμα είναι να αξιολογήσουν οι μαθητές ότι η μέγιστη απόδοση ενός ηλιακού συλλέκτη επιτυγχάνεται όταν η επιφάνειά του κατά τη μεσουράνηση του Ήλιου (οπότε η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα της Γης είναι η ελάχιστη μέσα στη μέρα) είναι στραμμένη ακριβώς προς τον Ήλιο, δηλαδή οι ακτίνες του Ήλιου πέφτουν κάθετα στην επιφάνειά του. Το δεύτερο βήμα είναι να υπολογιστεί η γωνία που σχηματίζουν με το οριζόντιο επίπεδο οι ακτίνες του Ήλιου τη στιγμή της μεσουράνησής του κατά το χειμερινό ηλιοστάσιο (ή, αλλιώς, το ύψος του Ήλιου τη στιγμή εκείνη). Αλλά κατά το χειμερινό ηλιοστάσιο του βόρειου ημισφαιρίου ο Ήλιος μεσουραναί στο Ζενίθ στον τροπικό του Αιγόκερω, κι αυτό σημαίνει ότι οι ακτίνες του σχηματίζουν με το επίπεδο του Ισημερινού της Γης γωνία  $-23,5^\circ$ , όπου το μείον σημαίνει ότι η γωνία είναι νότια του Ισημερινού (Εικόνα 3). Με τη βοήθεια της Εικόνας 3 γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η κατακόρυφος του τόπου με

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

γεωγραφικό πλάτος  $\varphi=+36,5^\circ$  σχηματίζει με τις ακτίνες του Ήλιου, όταν αυτός μεσουρανή κατά το χειμερινό ηλιοστάσιο, γωνία ίση με  $36,5^\circ+23,5^\circ$ , δηλαδή  $60^\circ$ . Επομένως, με το *οριζόντιο επίπεδο του τόπου* οι ηλιακές ακτίνες σχηματίζουν γωνία  $90^\circ-60^\circ=30^\circ$ . Συνδυάζοντας τα δεδομένα, εφόσον η κάθετος στην επιφάνεια του συλλέκτη είναι παράλληλη με τις ηλιακές ακτίνες, σχηματίζει κι αυτή με το οριζόντιο επίπεδο γωνία  $30^\circ$ , άρα η επιφάνεια του συλλέκτη σχηματίζει με το οριζόντιο επίπεδο γωνία  $60^\circ$ . Στη γενική περίπτωση η ζητούμενη γωνία είναι  $\varphi-\delta$ , όπου  $\varphi$  το γεωγραφικό πλάτος του τόπου και  $\delta$  η απόκλιση του Ήλιου (δηλαδή, η γωνιώδης απόσταση της τροχιάς του Ήλιου από τον ισημερινό) τη δοσμένη ημέρα. Η απόκλιση,  $\delta$ , κυμαίνεται μεταξύ  $-23,5^\circ$  και  $+23,5^\circ$ . Στην προκειμένη περίπτωση (χειμερινό ηλιοστάσιο) είναι  $\delta=-23,5^\circ$ .



Εικόνα 3. Γωνίες πρόσπτωσης των ακτινών του Ήλιου κατά το χειμερινό ηλιοστάσιο του βόρειου ημισφαιρίου.

(Πηγή: <http://scijinks.jpl.nasa.gov/solstice/>)

### Ερώτηση 3.

α) Σε κάθε τόπο της χώρας μας, εφόσον αυτή βρίσκεται ολόκληρη στη βόρεια εύκρατη ζώνη, ο Ήλιος μεσουρανή νοτιότερα του Ζηνίθ. Για λόγους βιοκλιματικούς (εκμετάλλευση της ακτινοβολίας του Ήλιου), στη χώρα μας οι προσόψεις των σπιτιών (όπου πρόσοψη εννοείται η πλευρά του σπιτιού με τα περισσότερα ανοίγματα) προτιμάμε να είναι στραμμένες προς τον Νότο, αφού αυτός ο προσανατολισμός εξασφαλίζει το μέγιστο ημερήσιο χρονικό διάστημα έκθεσης στην *άμεση* ηλιακή ακτινοβολία. β) Στους τόπους της νότιας εύκρατης ζώνης ο Ήλιος μεσουρανή βορειότερα του Ζηνίθ. Συνεπώς, για τους ίδιους λόγους, οι κάτοικοι του νότιου ημισφαιρίου είναι λογικό να προτιμούν να χτίζουν τις προσόψεις των σπιτιών τους στραμμένες προς τον Βορρά. γ) Για τους τόπους που

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

βρίσκονται πάνω στον Ισημερινό ο Ήλιος μεσουρανεύ νοτιότερα του Ζενίθ κατά το μισό έτος και βορειότερα του Ζενίθ κατά το υπόλοιπο μισό. Επομένως, στους τόπους αυτούς δεν υπάρχει προτιμητέος προσανατολισμός για τις προσόψεις των σπιτιών.

Ερώτηση 4.

Η χώρα μας ανήκει εξ ολοκλήρου στη βόρεια εύκρατη ζώνη, άρα, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στην ενότητα *Οι κλιματικές ζώνες της Γης*, ο Ήλιος μεσουρανεύ, σε όλους τους τόπους της χώρας μας και καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, νοτιότερα του Ζενίθ. Επομένως, η σκιά μιας κατακόρυφης ράβδου ή ενός όρθιου ανθρώπου, κατά τη μεσουράνηση του Ήλιου, πέφτει πάντα προς τον Βορρά. Άρα, ποτέ προς τον Νότο.

### **Σχόλιο**

Η ερώτηση 2 δίνει την ευκαιρία να συζητηθεί και η αιτία των εποχών του έτους. Το γεγονός ότι οι ηλιακοί συλλέκτες προσανατολίζονται προς τον Ήλιο, ώστε να αποδίδουν καλύτερα, φανερώνει ότι η γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτίνων σε μια επιφάνεια καθορίζει την ποσότητα ενέργειας που αυτή η επιφάνεια δέχεται από τον Ήλιο. Αυτή η γωνία είναι ο κύριος παράγοντας διαμόρφωσης των εποχών του έτους και όχι η κύμανση της απόσταση Γης-Ήλιου, όπως ευρέως πιστεύεται. Μάλιστα αυτή η παρανόηση έχει συχνά διαπιστωθεί και από έρευνες σε Τμήματα Φυσικής και Τμήματα Παιδαγωγικής, όπως μαρτυρά η διεθνής και η εγχώρια βιβλιογραφία (Trumper, 2001· Κλωνάρη & Τσάμης, 2002· Frede, 2008· Aydeniz & Brown, 2010· Οικονομίδης κ.α., 2011· Οικονομίδης κ.α., 2015).

### **Βιβλιογραφία**

Aydeniz, M. & Brown, C.L. (2010). Enhancing Pre-service Elementary School Teacher's Understanding of Essential Science Concepts through a Reflective Conceptual Change Model. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 2 (2), 305-325.

Αυγολούπης Σ., Σειραδάκης Ι. (2009). Παρατηρησιακή Αστρονομία. Εκδόσεις ΠΛΑΝΗΤΑΡΙΟ Θεσσαλονίκης.

Bloom, B.S. (Ed.), Engelhart, M.D., Furst, E.J., Hill, W.H., & Krathwohl, D.R. (1956). Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook 1: Cognitive domain. New York: David McKay.

Diakidoy, I. N., & Kendeou, P. (2001). Facilitating conceptual change in astronomy: A comparison of the effectiveness of two instructional approaches. *Learning and Instruction*, 11, 1–20.

Frede, V. (2008). Teaching astronomy for pre-service elementary teachers: A comparison of methods. *Advances in Space Research*, 42, 1819–1830

Kikas, E. (1997). The impact of teaching on students' explanations of astronomical phenomena. *Psychology of Language and Communication*, Vol. 1, No.2, 45-52.

Krathwohl, D.R. (2002). A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory Into Practice*, 41:4, 212-218.

Κλωνάρη, Κ., Τσάμης, Ε. (2002). Μελέτη των αντιλήψεων μαθητών, φοιτητών και δασκάλων για τις βασικές έννοιες της Αστρονομίας. Στο Π. Κόκκοτας, Ι. Βλάχος, Π. Πήλιουρας, & Κ. Πλακίτση (επιμ.), *Η διδασκαλία*

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

των Φυσικών Επιστημών στην κοινωνία της πληροφορίας. Πρακτικά του 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου της ΕΔΙΦΕ, Γρηγόρης, Αθήνα.

Οικονομίδης, Σ., Καλαμπούκας, Η., Τσέτσιλας, Γ. & Αυγολούπης, Σ. (2015). Μελέτη της κατανόησης βασικών εννοιών και φαινομένων Αστρονομίας από φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του ΑΠΘ. Έρευνα και Πράξη (έγινε δεκτή για δημοσίευση).

Οικονομίδης, Σ., Καλαμπούκας, Η., Τσουμέτης, Α., Τσέτσιλας, Γ. & Αυγολούπης, Σ. (2011). Μελέτη της κατανόησης βασικών εννοιών και φαινομένων Αστρονομίας από δασκάλους. Έρευνα και Πράξη, τόμ. 2011, αρ. 36-37, σελ. 28-41.

Trumper, R. (2001). Assessing students' basic astronomy conceptions from junior highschool through university. Australian Science Teachers Journal, 41, 21-31.

Vosniadou, S. (2007). Conceptual Change and Education. Human Development, 2007, 50, 47-54.



Ο Σίμος Οικονομίδης γεννήθηκε το 1971 στη Θεσσαλονίκη. Σπούδασε Φυσική στο ΑΠΘ. Συνέχισε με μεταπτυχιακές σπουδές (M.Sc.) στη Φυσική Περιβάλλοντος, στο ίδιο Τμήμα. Είναι διδάκτορας του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του ΑΠΘ. Έχει πραγματοποιήσει μεταδιδακτορική έρευνα με αντικείμενο την αξιολόγηση του επιστημονικού γραμματισμού φοιτητών του ΠΤΔΕ. Εργασίες του έχουν δημοσιευτεί σε ελληνικά και ξένα επιστημονικά περιοδικά. Είναι, επίσης, συγγραφέας και μεταφραστής.



Ο Σταύρος Αυγολούπης είναι καθηγητής Αστρονομίας στο Π.Τ.Δ.Ε. του Α.Π.Θ. Έχει αναπτύξει πολλές ερευνητικές συνεργασίες στον τομέα της Παρατηρησιακής Αστρονομίας με διάφορα κέντρα δορυφορικών τηλεσκοπίων καθώς και με πανεπιστήμια και ερευνητικά κέντρα του εξωτερικού. Υπηρετεί με ζήλο τη διάδοση της αστρονομικής γνώσης, τόσο με διαλέξεις όσο και με βιβλία που απευθύνονται τόσο σε φοιτητές όσο και στο ευρύ κοινό. Μέλος του Δ.Σ. και του Ε.Σ. του Διεπιστημονικού Κέντρου Αριστοτελικών Μελετών του Α.Π.Θ.

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή



## **Αποστολή Rosetta: εκτοξεύοντας τη διδασκαλία της ελεύθερης πτώσης στο Λύκειο**

**Μαρία Ελευθερίου**

Η αποστολή της ESA (European Space Agency – Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Διαστήματος) στον κομήτη 67P ήταν ίσως το μεγαλύτερο επίτευγμα στην παγκόσμια επιστημονική κοινότητα για το 2014. Μετά από 10 χρόνια από την εκτόξευση της διαστημοσυσκευής Rosetta, ο Philae ένα ρομπότ σε μέγεθος πλυντηρίου προσεδάφιστηκε με περιπετειώδη τρόπο στην επιφάνεια του κομήτη. Πώς μπορούμε να εκμεταλλευτούμε το προβεβλημένο και επίκαιρο αυτό γεγονός και να το συνδέσουμε με τη Φυσική που διδάσκουμε στην τάξη μας; Απάντηση επιχειρείται να δοθεί με το εκπαιδευτικό σενάριο που ακολουθεί, το οποίο εφαρμόστηκε κατά το σχολικό έτος 2014-2015 στο μάθημα της Φυσικής της Α΄ Λυκείου του Γενικού Λυκείου Τζερμιάδων του νομού Λασιθίου. Εναλλακτικά το σενάριο μπορεί να υλοποιηθεί σε project των Α΄ ή Β΄ τάξεων Λυκείου.

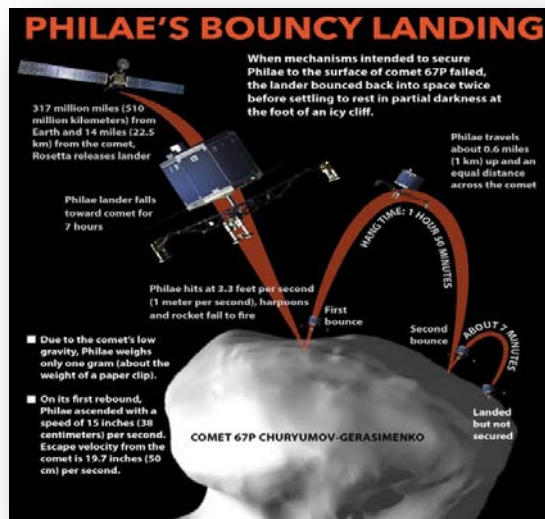
### **1η διδακτική ώρα: Αφόρμηση, προσδιορισμός του προβλήματος**

Με σκοπό να εισάγουμε τους μαθητές στο θέμα προβάλλουμε πληροφορίες σχετικά με την αποστολή Rosetta της ESA προς τον κομήτη 67P/Churyumov-Gerasimenko (Rosetta, 2015; ESA Education, 2015). Ζητάμε από τους μαθητές να βρουν πληροφορίες και δεδομένα που αφορούν τη προσεδάφιση του ρομπότ Philae στον κομήτη. Το ρομπότ αυτό αφέθηκε από το μητρικό διαστημόπλοιο κάνοντας ελεύθερη πτώση προς τον κομήτη και λόγω δυσλειτουργιών του συστήματος προσεδάφισης δεν κατάφερε, όπως ήταν προγραμματισμένο, να προσεδαφιστεί στο πρώτο σημείο επαφής με τον κομήτη.

Οι μαθητές, δουλεύοντας σε ομάδες στο εργαστήριο πληροφορικής του σχολείου, καθοδηγούνται να βρουν δεδομένα σχετικά με την πτώση του Philae όπως π.χ. η ταχύτητά του μόλις πριν την επαφή του με το έδαφος και η πορεία του μέχρι την τελική προσεδάφιση. Οι μαθητές μπορούν να βρουν όλες τις σχετικές πληροφορίες στο διαδίκτυο. Έτσι προκύπτει ότι το Philae έκανε δύο αναπηδήσεις μέχρι το τελικό σημείο προσγείωσης (Εικόνα 1). Συγκεκριμένα, το Philae αφέθηκε να πέσει ελεύθερα 22,5

km πάνω από τον κομήτη 67P, ενώ όταν η ταχύτητα με την οποία προσέγγισε την επιφάνεια του 67P την πρώτη φορά ήταν ίση με  $v=1$  m/s. Καθώς το Philae δεν κατάφερε να παραμείνει πάνω στον κομήτη αναπήδησε με αρχική ταχύτητα  $v=0.38$  m/s με αποτέλεσμα να φτάσει σε ύψος 1 km και να επιστρέψει στο έδαφος σε χρόνο 1 ώρα και 50 λεπτά. Η δεύτερη αναπήδηση διήρκεσε 7 λεπτά και έγινε με αρχική ταχύτητα  $v=0.03$  m/s. Στην Εικόνα 1 απεικονίζεται γραφικά η τροχιά του Philae από τη στιγμή της απελευθέρωσής του από τη Rosetta μέχρι το τελικό σημείο προσεδάφισης.

Έχοντας συλλέξει τις παραπάνω πληροφορίες μπορούν να τεθούν διάφορες ερωτήσεις στους μαθητές είτε από τους μαθητές που σχετίζονται με τους λόγους που προκάλεσαν τη συγκεκριμένη κίνηση του Philae. Ενδεικτικά: γιατί πέφτει το Philae, από ποιους παράγοντες εξαρτάται η ταχύτητα πτώσης του, σε ποια περίπτωση αυτή η ταχύτητα θα ήταν μεγαλύτερη ή μικρότερη, πώς σχετίζεται ο χρόνος κίνησης με το διάστημα κίνησης, πώς εξαρτάται ο συνολικός χρόνος κίνησης από το μέγιστο ύψος ή/και την αρχική ταχύτητα;



Εικόνα 1. Η προσπάθεια προσεδάφισης του Philae στον κομήτη 67P. (Εικόνα από το <http://www.space.com/27767-philae-comet-landing-nearly-failed-infographic.html>)

### 2η διδακτική ώρα: Εφαρμόζοντας τους νόμους της ελεύθερης πτώσης σε ένα πραγματικό πρόβλημα

Οι μαθητές έχουν αποκτήσει πρόσβαση σε πραγματικά δεδομένα στα οποία μπορούν να εφαρμόσουν τους νόμους της ελεύθερης πτώσης για να μελετήσουν την κίνηση του Philae. Ενδεικτικά μπορούν να ακολουθήσουν το φύλλο εργασίας Α που είναι διαθέσιμο ως υποστηρικτικό υλικό στο δικτυακό τόπο του παρόντος περιοδικού.

Ο Philae αναπηδά για πρώτη φορά από τον κομήτη με αρχική ταχύτητα  $v=0.38$  m/s, φτάνει σε ένα μέγιστο ύψος και ξαναπέφτει μετά από 1 ώρα και 50 λεπτά. Στο πρώτο μισό αυτής της κίνησης μπορούμε να θεωρήσουμε ότι πραγματοποιεί ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση και στο δεύτερο μισό

ομαλά επιταχυνόμενη (ελεύθερη πτώση), θεωρώντας το βαρυτικό πεδίο ομογενές. Από την εξίσωση  $v = v_0 - gt$  προκύπτει τότε ότι η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι περίπου ίση με  $g \approx 1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}^2$ . Ομοίως μπορούμε να δουλέψουμε και στη δεύτερη αναπήδηση του Philae βρίσκοντας την επιτάχυνση της βαρύτητας ίση περίπου με  $g \approx 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}^2$ . Παρατηρούμε ότι οι τιμές της επιτάχυνσης της βαρύτητας από τις δύο αναπηδήσεις δεν ταυτίζονται και αυτό γιατί έχουμε υποθέσει ότι το μέγεθος αυτό ( $g$ ) παραμένει σταθερό με το ύψος  $h$ , κάτι το οποίο δεν ισχύει επειδή το  $g$  μειώνεται με το ύψος και μάλιστα πολύ εντονότερα από ό,τι συμβαίνει στη Γη, και επειδή το σχήμα του κομήτη δεν είναι σφαιρικό (Sierks et al, 2015). Σε κάθε περίπτωση η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι της τάξης του  $10^{-4} \text{ m/s}^2$  τιμή η οποία συμφωνεί με αναφορές στο διαδίκτυο (spacenews, 2014) όπου αναφέρεται ότι ο Philae ζυγίζει στον κομήτη όσο θα ζύγιζε ένα αντικείμενο μάζας 1 γραμμάριο στη Γη (υπενθυμίζεται ότι ο Philae έχει μάζα 100 kg).

Ακολουθώντας το φύλλο εργασίας A οι μαθητές προτείνεται να εκτιμήσουν επίσης ποιος θα ήταν αντίστοιχα ο χρόνος κίνησης μεταξύ διαδοχικών αναπηδήσεων του Philae εάν έπεφτε στη Γη, εφόσον βέβαια συμπεριφερόταν με τον ίδιο τρόπο (υπήρχε παρόμοια σύσταση εδάφους, δεν βυθιζόταν στο έδαφος της Γης, η γωνία πρόσπτωσης ήταν η ίδια, κ.λπ.).

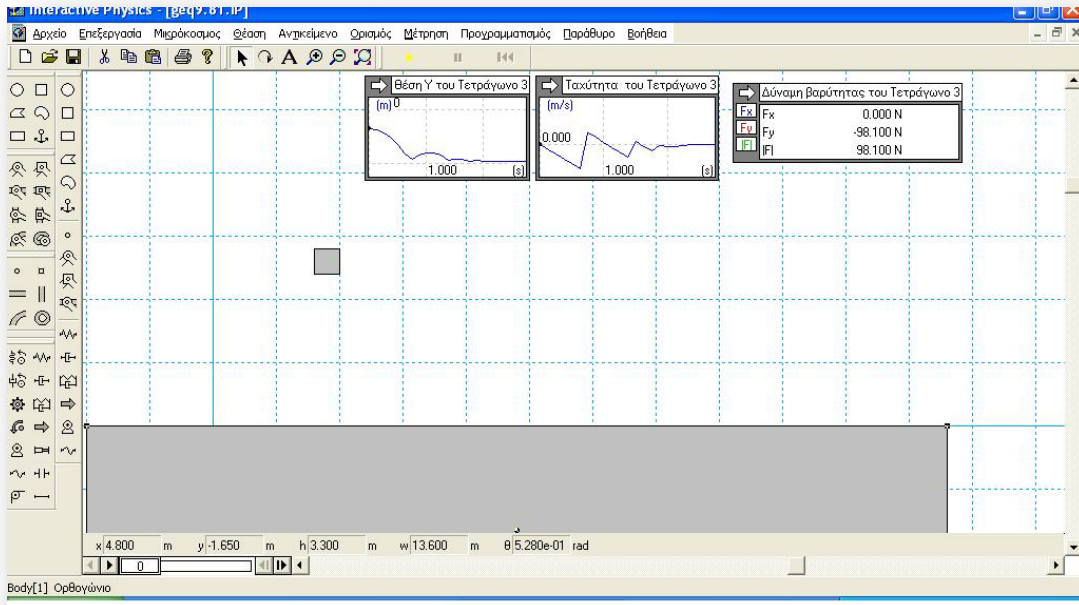
### 3η διδακτική ώρα: Προσομοιώνοντας την κίνηση του Philae

Στο τρίτο προτεινόμενο βήμα οι μαθητές, με σκοπό να προσομοιώσουν τις αναπηδήσεις του Philae στον κομήτη ώστε να επιβεβαιώσουν τους νόμους της ελεύθερης πτώσης που χρησιμοποίησαν, καθοδηγούνται να χρησιμοποιήσουν το λογισμικό Interactive Physics (χ.χ.).

Αρχικά οι μαθητές δημιουργούν προσομοιώσεις με πτώσεις σωμάτων στη Γη, ή σε άλλους πλανήτες. Έπειτα για να προσομοιώσουν την πτώση του Philae στον κομήτη τοποθετούν ένα σώμα κυβικού σχήματος και μάζας  $m=100 \text{ kg}$  (η οποία είναι η μάζα του Philae) σε κάποιο ύψος πάνω από ένα άλλο σώμα σφαιρικού σχήματος το οποίο θα παίξει τον ρόλο του κομήτη. Αν και θα μπορούσε να αποδοθεί στο τελευταίο σώμα η πραγματική μάζα του κομήτη ( $M=10^{13} \text{ kg}$ ) προτείνεται αρχικά οι μαθητές να μεταβάλλουν «με το χέρι» την τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας ξεκινώντας τις δοκιμές τους με την τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης και μειώνοντας σταδιακά την τιμή π.χ. σε  $1 \text{ m/s}^2$ ,  $0,1 \text{ m/s}^2$  και  $0,001 \text{ m/s}^2$  (ας σημειωθεί ότι στις συγκεκριμένες δοκιμές η προσομοίωση γίνεται σε ομογενές βαρυτικό πεδίο). Παρατηρούν τότε ότι η κίνηση του σώματος που αφήνεται να πέσει είναι όλο και πιο αργή λόγω της όλο και μικρότερης επιτάχυνσης της βαρύτητας, πραγματοποιώντας σε όλες τις περιπτώσεις αναπηδήσεις.

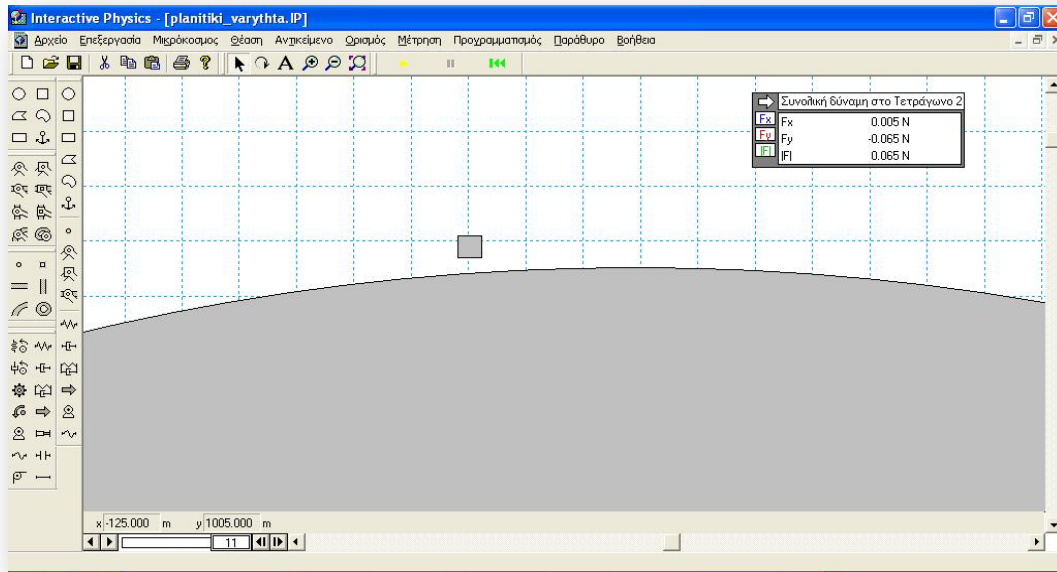
Για να αποκτήσουν μία εικόνα της τροχιάς που ακολουθεί το αντικείμενο που αντιστοιχεί στο Philae κατά τη διάρκεια των αναπηδήσεων, οι μαθητές μπορούν να ενεργοποιήσουν την απεικόνιση από το λογισμικό της θέσης (αλλά και την ταχύτητα) του σώματος που πέφτει. Στην Εικόνα 2 απεικονίζεται ένα στιγμιότυπο από τη προσομοίωση που οι μαθητές δημιούργησαν για ομογενές βαρυτικό πεδίο με  $g=9,81 \text{ m/s}^2$  ακολουθώντας το φύλλο εργασίας B (το οποίο είναι διαθέσιμο ως

υποστηρικτικό υλικό στο δικτυακό τόπο του παρόντος περιοδικού.) Λίγο-πολύ οι μαθητές έχουν καταφέρει να αναπαραγάγουν τη μορφή της τροχιάς που ακολούθησε το Philae κατά την προσεδάφισή του στον κομήτη 67P (Εικόνα 1).



Εικόνα 2. Το περιβάλλον του Interactive Physics, με επιτάχυνση της βαρύτητας  $9,81\text{m/s}^2$ .

Επιχειρώντας την εμβάθυνση στο θέμα θυμίζουμε στους μαθητές ότι το βαρυτικό του πεδίο του κομήτη 67P δεν μπορεί να είναι ομογενές, δηλαδή να παραμένει σταθερό όταν απομακρυνόμαστε από την επιφάνειά του, όπως εμείς έχουμε υποθέσει μέχρι στιγμής. Απενεργοποιώντας το ομογενές βαρυτικό πεδίο και ενεργοποιώντας την πλανητική αλληλεπίδραση στο λογισμικό Interactive Physics προσομοιώνουμε αυτήν την κατάσταση. Θεωρούμε τον κομήτη ως μια σφαίρα με ακτίνα 1 km (καθώς οι διαστάσεις του κομήτη είναι της τάξης του χιλιομέτρου) και μάζα  $M=10^{13}$  kg και το Philae ως ένα κυβικό κουτί με μάζα  $m=100$  kg. Στην Εικόνα 3 απεικονίζεται ένα στιγμιότυπο από τη προσομοίωση στην οποία υπολογίζεται η δύναμη που ασκείται στον Philae από τον κομήτη καθώς πέφτει. Αυτή δύναμη είναι μηδέν όταν ο Philae αφήνεται πολύ μακριά από τον κομήτη και τείνει σε μία σταθερή τιμή περίπου  $F=0.066$  N πλησιάζοντας στην επιφάνεια του κομήτη. Με δεδομένα τη μάζα του Philae και ότι ισχύει  $F=mg$  (βλέπε Εικόνα 3) προκύπτει ότι  $g=6,6 \cdot 10^{-4}$   $\text{m/s}^2$  στην επιφάνεια του κομήτη της ίδιας δηλαδή τάξης μεγέθους με τους υπολογισμούς της δεύτερης διδακτικής ώρας.



Εικόνα 3. Ενεργοποιημένη η αλληλεπίδραση σώματος και κομήτη.

### Συμπεράσματα

Ένας από τους λόγους που οι μαθητές δεν φαίνεται να αγαπούν το μάθημα της Φυσικής είναι η απόσταση που χωρίζει τη διδασκαλία μας από προβλήματα της καθημερινής ζωής ή από προβλήματα προβεβλημένα και ενδιαφέροντα, όπως είναι όσα σχετίζονται με το διάστημα (Πιερράτος & Κυριαζόπουλος, 2014).

Στην εργασία αυτή προτείνουμε την αξιοποίηση ενός σύγχρονου θέματος, ιδιαίτερα προβεβλημένου από τα μέσα ενημέρωσης, για την εφαρμογή γνώσεων που αποκτούνται στο μάθημα της Φυσικής της Α' Λυκείου. Το σενάριο έχει υποστηριχθεί στην τάξη με πολύ καλά αποτελέσματα ως προς το ενδιαφέρον και την ενεργοποίηση των μαθητών. Το κύριο πρόβλημά του είναι ο χρόνος που απαιτείται για την εφαρμογή του. Στο πλαίσιο αυτό θα μπορούσε ο χρόνος στον οποίο οι μαθητές ψάχνουν στο διαδίκτυο να παραληφθεί και να τους δοθούν τα δεδομένα έτοιμα, μειώνοντας σε δύο τις ώρες εφαρμογής.

Εναλλακτικά, το σενάριο θα μπορούσε να αποτελέσει τη βάση ενός πρότζεκτ στην Α' ή/και στη Β' Λυκείου και να εισαχθούν επιπλέον πολλά διαθεματικά στοιχεία που ενδεικτικά μπορεί να σχετίζονται με το ιστορικό της διαστημικής αποστολής, την επιλογή των ονομάτων Rosetta και Philae, ποιο επιστήμονες και πότε ονόμασαν τον κομήτη 67P.

### Αναφορές

ESA Education (2015). <http://www.esa.int/education>

Interactive Physics (χ.χ.) Διαθέσιμο στη διεύθυνση: <http://www.elyiko.gr/Lists/List40/DispForm.aspx?ID=4&Source=http%3A%2F%2Fwww.elyiko.gr%2Fresource%2Fsupportmaterial%2FEduAll.aspx>

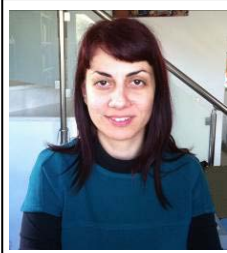
Rosetta (2015). <http://rosetta.esa.int>

Sierks *et al.* (2015). On the nucleus structure and activity of the comet 67P/ Churyumov-Gerasimenko. *Science* vol. 347, 62, 20.

Spacenews (2014). <http://spacenews.com/42527european-spacecraft-touches-down-on-comet/>

Βλάχος, Ι. Α., Γραμματικάκης, Ι. Γ., Καραπαναγιώτης, Β. Α., Περιστερόπουλος, Π. Ε., Τιμοθέου, Γ. Β. (2003). *Φυσική Γενικής Παιδείας Α' Λυκείου*. ΟΕΔΒ.

Πιερράτος, Θ. και Κυριαζόπουλος, Ν. (2014). "Ανακαλύπτοντας" ένα νόμο της φύσης από την ταράτσα σας. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, τ. 3, 37-48.



Η Μαρία Ελευθερίου έχει σπουδάσει Φυσική στο Πανεπιστήμιο Κρήτης και έχει αποκτήσει μεταπτυχιακό δίπλωμα με εξειδίκευση στη Φυσική Συμπυκνωμένης Ύλης και διδακτορικό στον τομέα της Φυσικής Στερεάς Κατάστασης και Υπολογιστικής Φυσικής του Φυσικού τμήματος του Πανεπιστημίου Κρήτης. Διδάσκει στο Γε.Λ. Τζερμιάδων στο νομό Λασιθίου. Στα ενδιαφέροντα της περιλαμβάνονται μέθοδοι διδασκαλίας με τις οποίες επιχειρείται να συνδεθεί η σύγχρονη επιστημονική έρευνα στο χώρο των Φυσικών Επιστημών με το καθημερινό μάθημα.

## **Εργαστηριακή άσκηση για τη διδασκαλία του ισοηλεκτρικού σημείου και τη μετουσίωση των πρωτεϊνών**

**Μαρία Α. Ξαπλαντέρη**

Στη Βιολογία ιδιαίτερα απαιτητική είναι η διδασκαλία εννοιών που σχετίζονται με τη δομή και λειτουργία των πρωτεϊνών καθώς και ιδιότητές τους όπως η μετουσίωση και το ισοηλεκτρικό σημείο. Ο λόγος είναι ότι αναφέρονται σε μόρια που βρίσκονται στο υποκυτταρικό επίπεδο με αποτέλεσμα να μην έχουν οι μαθητές σχετικές βιωματικές εμπειρίες. Συνεπώς, οι εργαστηριακές ασκήσεις είναι ίσως το μόνο διαθέσιμο βιωματικό εκπαιδευτικό εργαλείο.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μία εργαστηριακή άσκηση που είναι κατάλληλη να διδαχθεί στη Β' Λυκείου μετά την παράγραφο «Πρωτεΐνες: Διαδεδομένες, πολύπλοκες και εύθραυστες» σελίδες 22-27 του σχολικού εγχειριδίου της ενότητας «1.2 Μακρομόρια» της Βιολογίας Β' Λυκείου (Καψάλης κ.ά., 2012) και στη Γ' Λυκείου μετά την παράγραφο «3.3. Φυσικοχημικές ιδιότητες των πρωτεϊνών» της Βιοχημείας Τεχνολογικής Κατεύθυνσης (Γιαλούρης κ.ά., 2008). Πρόκειται για άσκηση σύντομη, με άμεσα αποτελέσματα, που πραγματοποιείται με υλικά καθημερινής χρήσης, απαιτεί ελάχιστο χρόνο προετοιμασίας και μπορεί να πραγματοποιηθεί σε σχολικά εργαστήρια. Προτείνεται ως εναλλακτική της άσκησης 7 του εργαστηριακού οδηγού της Βιολογίας Β' Λυκείου (Καψάλης, κ.ά., 2010), καθώς διερευνά περισσότερες έννοιες (ισοηλεκτρικό σημείο, μετουσίωση, σύγκριση συμπεριφοράς πρωτεϊνών) από αυτή του εργαστηριακού οδηγού με άμεσα και γρήγορα αποτελέσματα.

### **Προτεινόμενη εργαστηριακή άσκηση**

Σκοπός της άσκησης είναι να παρατηρηθούν οι μεταβολές που συμβαίνουν στις πρωτεΐνες στο ισοηλεκτρικό σημείο τους και να μελετηθεί η μετουσίωση πρωτεϊνών με την επίδραση της θερμοκρασίας.

#### *Διδακτικοί στόχοι*

Στο τέλος της άσκησης ο μαθητής θα μπορεί να:

- διερευνά την επίδραση της μεταβολής του pH στη διαλυτότητα των πρωτεϊνών.

- επιβεβαιώνει πειραματικά ότι στο ισοηλεκτρικό σημείο η πρωτεΐνη έχει τη μικρότερη διαλυτότητα.
- αποδεικνύει ότι η καταβύθιση πρωτεΐνης μπορεί να είναι αντιστρεπτή.
- περιγράφει το φαινόμενο της μετουσίωσης.
- αναγνωρίζει ότι οι παράγοντες μετουσίωσης δεν επηρεάζουν όλες τις πρωτεΐνες με τον ίδιο τρόπο.
- περιγράφει παραδείγματα από την καθημερινή ζωή που συμβαίνει μετουσίωση πρωτεϊνών.

### Προαπαιτούμενες γνώσεις

Προκειμένου οι μαθητές να συμμετέχουν ενεργά και να αντιλαμβάνονται τις πειραματικές διαδικασίες στις οποίες θα συμμετέχουν, πρέπει να είναι εξοικειωμένοι με τις εξής έννοιες και φαινόμενα: οξέα, βάσεις, pH, πρωτοταγής - δευτεροταγής - τριτοταγής και τεταρτοταγής δομή πρωτεΐνης, ισοηλεκτρικό σημείο, μετουσίωση πρωτεϊνών, διαλυτότητα.

### Εναλλακτικές ιδέες

Οι πιο συνηθισμένες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τα υπό μελέτη φαινόμενα είναι οι εξής:

- Όλες οι πρωτεΐνες έχουν τις ίδιες ιδιότητες.
- Προϊόντα που περιέχουν πρωτεΐνες, όπως το γάλα ή το ασπράδι του αυγού παραμένουν αναλλοίωτα ανεξάρτητα από τις συνθήκες.
- Η μετουσίωση των πρωτεϊνών πραγματοποιείται μόνο στο εργαστήριο και όχι στην καθημερινή ζωή.

### Διδακτική προσέγγιση

Στην προτεινόμενη προσέγγιση δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές μέσω της δοκιμής, της επανάληψης και του λάθους να πειραματιστούν, να παρατηρήσουν και να εξάγουν συμπεράσματα.

### Υλικά - Όργανα - Μέσα διδασκαλίας

Ανά ομάδα μαθητών απαιτούνται τα εξής υλικά: ένα αυγό, φρέσκο γάλα, διάλυμα HCl 0,1M (ή εναλλακτικά ξύδι του εμπορίου), διάλυμα NaOH 0,1M (ή εναλλακτικά διάλυμα σόδας φαγητού), νερό βρύσης.

Αντίστοιχα απαιτούνται τα εξής όργανα: πεχάμετρο, ποτήρι ζέσεως 200 ml, ράβδος ανάδευσης, λύχνος Bunsen, 2 δοκιμαστικοί σωλήνες.

Παράλληλα, πραγματοποιείται χρήση διαφανειών και φύλλων εργασίας.

### Σύντομη περιγραφή

Η πειραματική διαδικασία απαρτίζεται από δύο πειράματα:

Στο πρώτο πείραμα με τίτλο Επίδραση της μεταβολής του pH στη διαλυτότητα των πρωτεϊνών παρατηρείται η καταβύθιση της καζεΐνης του γάλακτος στο ισοηλεκτρικό σημείο της.



Στο δεύτερο πείραμα με τίτλο Επίδραση της θερμοκρασίας στη μετουσίωση της αλβουμίνης και της καζεΐνης μελετάται η επίδραση της θερμοκρασίας στη μετουσίωση δύο πρωτεϊνών, της αλβουμίνης του αυγού και της καζεΐνης του γάλακτος.

### Δομή μαθήματος

#### Οργάνωση τάξης

Προτείνεται ο χωρισμός της τάξης σε ομάδες των 2-4 ατόμων. Σε κάθε ομάδα μαθητών παρέχονται τα φύλλα εργασίας (είναι διαθέσιμα ως υποστηρικτικό υλικό στο δικτυακό τόπο του περιοδικού) και τα απαιτούμενα όργανα και υλικά.

#### Αναλυτική περιγραφή επιμέρους βημάτων διδασκαλίας

Αρχικά, πραγματοποιείται διαγνωστική αξιολόγηση με το φύλλο εργασίας 1 το οποίο επεξεργάζονται οι ομάδες και ακολουθεί συζήτηση στην τάξη. Περιγράφεται στη συνέχεια, με τη βοήθεια παρουσίασης μέσω υπολογιστή, η πειραματική πορεία.

Για το πρώτο πείραμα και τον προσδιορισμό της επίδρασης της μεταβολής του pH στη διαλυτότητα των πρωτεϊνών θα πρέπει να προηγηθεί του πειραματικού μέρους η εισαγωγή της έννοιας του ισοηλεκτρικού σημείου των πρωτεϊνών, όπως παρουσιάζεται στο φύλλο εργασίας 1. Αυτό δεν είναι απαραίτητο αν έχει προηγηθεί η πραγματοποίηση της εργαστηριακής άσκησης 7 του εργαστηριακού οδηγού της Βιολογίας Β' Λυκείου (Καψάλης κ.ά., 2010), όπου αναλύεται η συγκεκριμένη έννοια. Στη Γ' Λυκείου είναι γνωστό από τη θεωρία του μαθήματος (παράγραφος 3.3 σελίδα 30 του σχολικού εγχειριδίου της Βιοχημείας Τεχνολογικής Κατεύθυνσης) (Γιαλούρης κ.ά., 2008). Γίνεται επίσης συζήτηση για την κύρια πρωτεΐνη του γάλακτος την καζεΐνη και ποια θεωρούν ότι θα είναι η επίδραση της μεταβολής του pH σε αυτή. Η διαλυτότητα των πρωτεϊνών επηρεάζεται σημαντικά από τη μεταβολή του pH. Έχει βρεθεί ότι οι πρωτεΐνες είναι ελάχιστα διαλυτές στο ισοηλεκτρικό τους σημείο, ιδιαίτερα η καζεΐνη είναι εξαιρετικά αδιάλυτη στο ισοηλεκτρικό της σημείο.

Τα φύλλα εργασίας 2 και 3 συμπληρώνονται από τις ομάδες μαθητών κατά τη διάρκεια της εργαστηριακής άσκησης και χρησιμεύουν στο τέλος στην ανακεφαλαίωση και την εξαγωγή γενικών συμπερασμάτων.

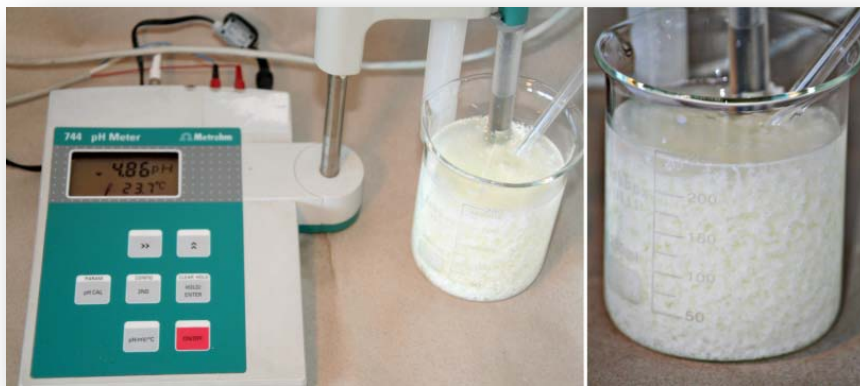
### Πειραματική πορεία

#### Πείραμα 1ο: Επίδραση της μεταβολής του pH στη διαλυτότητα των πρωτεϊνών

Δείχνουμε στους μαθητές φρέσκο γάλα που έχει «κόψει» και τους ζητάμε να εξηγήσουν τι πιστεύουν ότι συνέβη. Ακολουθεί η πραγματοποίηση της πειραματικής πορείας από τις ομάδες των μαθητών και η συμπλήρωση του φύλλου εργασίας 2.

Η πειραματική διαδικασία αποτελεί προσαρμογή ανάλογης διαδικασίας που περιγράφεται στη βιβλιογραφία (Μπογιατζής, 2015):

1. Σε ποτήρι ζέσεως αναμιγνύουμε 50 mL γάλακτος με 150 mL νερό βρύσης και αναδεύουμε ήπια με τη ράβδο.
2. Μετράμε το pH με τη βοήθεια του πεχαμέτρου και το σημειώνουμε στο φύλλο εργασίας 2 (αναμενόμενη τιμή pH περίπου 6,7-6,9).
3. Προσθέτουμε σιγά-σιγά διάλυμα HCl 0,1M αναδεύοντας ήπια με τη ράβδο ανάδευσης, μέχρι να δούμε ότι «κόβει» το γάλα. Στο σημείο αυτό συμβαίνει συσσωμάτωση και κατακρήμνιση της καζεΐνης όπως φαίνεται στην Εικόνα 1. Απαιτούνται περίπου 20-25 mL HCl. Μετράμε το pH (αναμενόμενη τιμή pH=4,8 που είναι το ισοηλεκτρικό σημείο της καζεΐνης). Μετά από πέντε λεπτά σε ηρεμία η καζεΐνη καθιζάνει (Εικόνα 2).



Εικόνα 1. Η καζεΐνη κατακρημνίζεται στο ισοηλεκτρικό της σημείο, όπου παρουσιάζει τη μικρότερη διαλυτότητα. Φωτογραφία Μ. Ξαπλαντέρη.

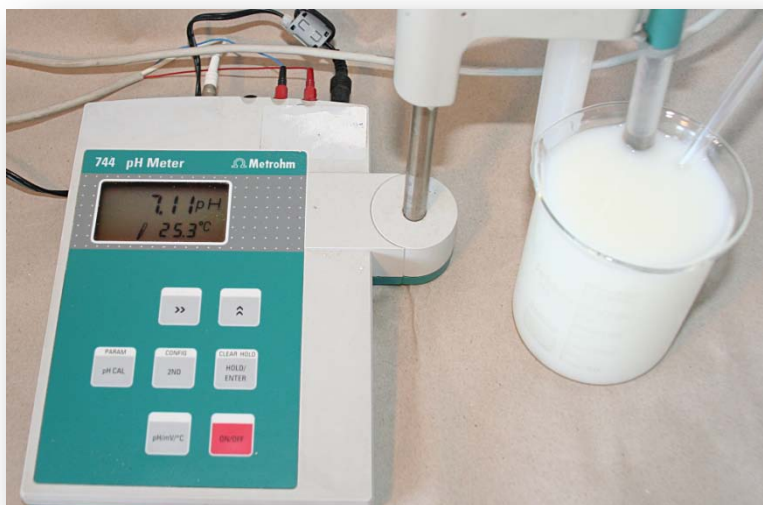


Εικόνα 2. Μετά από 5 λεπτά η καζεΐνη καθιζάνει. Φωτογραφία Μ. Ξαπλαντέρη.

Συζητάμε με τους μαθητές για ποιο λόγο μειώθηκε η διαλυτότητα της καζεΐνης και κατακρημνίστηκε. Ρωτάμε αν το φαινόμενο είναι αντιστρεπτό και τι θα συμβεί αν επαναφέρουμε το pH στην αρχική τιμή του. Σε τιμή pH μικρότερη ή μεγαλύτερη από το ισοηλεκτρικό σημείο οι πρωτεΐνες αρχίζουν να διαλυτοποιούνται.

4. Προσθέτουμε διάλυμα NaOH 0,1M αναδεύοντας ήπια με τη ράβδο ανάδευσης, μέχρι το pH να επανέλθει στην αρχική τιμή οπότε η καζεΐνη επαναδιαλυτοποιείται, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.

Ρωτάμε τους μαθητές τι προβλέπουν ότι θα συμβεί αν στο ίδιο διάλυμα κατεβάσουμε πάλι το pH στο ισοηλεκτρικό σημείο και στη συνέχεια το απομακρύνουμε πάλι από αυτό.



Εικόνα 3. Η καζεΐνη επαναδιαλυτοποιείται σε pH διαφορετικό από το ισοηλεκτρικό σημείο. Φωτογραφία Μ. Ξαπλαντέρη.

Πείραμα 2ο: *Επίδραση της θερμοκρασίας στη μετουσίωση της αλβουμίνης και της καζεΐνης.*

Ρωτάμε τους μαθητές να προβλέψουν τι θα συμβεί αν θερμάνουμε τις πρωτεΐνες αλβουμίνη και καζεΐνη. Οι απαντήσεις των μαθητών και για τις δύο πρωτεΐνες συνήθως ταυτίζονται. Πιστεύουν ότι και οι δύο θα μετουσιωθούν και αναφέρονται στη σελίδα 25 του σχολικού εγχειριδίου της Β' Λυκείου ή στη σελίδα 30 της Γ' Λυκείου σχετικά με το τηγάνισμα ή το βράσιμο του αυγού. Ακολουθεί η πραγματοποίηση της πειραματικής πορείας από τις ομάδες των μαθητών και η συμπλήρωση των ερωτήσεων του φύλλου εργασίας 3.

Η πειραματική πορεία και τα αποτελέσματα αναλυτικά είναι τα εξής:

1. Έχουμε δύο δοκιμαστικούς σωλήνες και προσθέτουμε στο σωλήνα **α** φρέσκο γάλα (καζεΐνη) και στο σωλήνα **β** ασπράδι αυγού (αλβουμίνη) αραιωμένο με νερό, όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.



Εικόνα 4. Ο σωλήνας α περιέχει φρέσκο γάλα και ο σωλήνας β ασπράδι αυγού. Φωτογραφία Μ. Ξαπλαντέρη.

2. Τοποθετούμε τους σωλήνες σε ποτήρι ζέσεως με νερό που βράζει για 5 min.

3. Το γάλα στον σωλήνα α είναι ακόμα ρευστό (καμία μεταβολή), ενώ το ασπράδι αυγού στο σωλήνα β “πήζει”. Για να αποδειχθεί ότι το ασπράδι αυγού δεν είναι πλέον ρευστό ο σωλήνας β τοποθετείται ανάποδα (Εικόνα 5).



Εικόνα 5. Παρατηρούμε μετουσίωση μόνο στην αλβουμίνη (σωλήνας β). Φωτογραφία Μ. Ξαπλαντέρη.

Στο σωλήνα β η αλβουμίνη του αυγού έγινε λευκή και συμπαγής (έπηξε) σύμφωνα με τις προβλέψεις των μαθητών. Γίνεται συζήτηση για τη μετουσίωση και ότι είναι μη αντιστρεπτή εφόσον αφού ψυχθεί δεν επανέρχεται.

### Συζήτηση

Στο πρώτο πείραμα μελετάται η μείωση της διαλυτότητας και η επακόλουθη καταβύθιση της καζεΐνης που είναι η κύρια πρωτεΐνη του γάλακτος. Σε μικρότερο ποσοστό υπάρχουν και άλλες πρωτεΐνες που ονομάζονται πρωτεΐνες ορού γάλακτος (ορός είναι το υγρό που απομένει μετά την τυροκόμιση). Στην πραγματικότητα η καζεΐνη δεν είναι μία πρωτεΐνη αλλά μίγμα αρκετών πρωτεϊνών ( $\alpha_{s1}$ ,  $\alpha_{s2}$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\kappa$  καζεΐνη). Η καζεΐνη είναι συνδεδεμένη με φωσφορική ομάδα. Στο pH του γάλακτος (περίπου 6,7) οι φωσφορικές ομάδες είναι αρνητικά φορτισμένες και συνδέονται με ιόντα  $Ca^{2+}$ . Μέσω του σχηματισμού δεσμού με τα ιόντα  $Ca^{2+}$  και υδρόφοβων δυνάμεων οι καζεΐνες σχηματίζουν συμπλέγματα που αποτελούνται από εκατοντάδες έως χιλιάδες μόρια καζεΐνης που ονομάζονται μικκύλια. Τα μικκύλια είναι υδρόφιλα για αυτό παραμένουν διαλυτά και το γάλα είναι ένα σταθερό γαλάκτωμα. Ένα μικρό ποσοστό της καζεΐνης είναι ελεύθερο και όχι οργανωμένο σε μικκύλια. Όταν μειώνεται το pH οι φωσφορικές ομάδες της καζεΐνης γίνονται ουδέτερες (πρωτονιώνονται) και έτσι αποδεσμεύεται το  $Ca^{2+}$ , με αποτέλεσμα να καταστρέφονται τα μικκύλια. Όταν το pH φθάσει στο ισοηλεκτρικό σημείο της καζεΐνης μειώνεται η διαλυτότητά της και καταβυθίζεται.

Οι πρωτεΐνες διαθέτουν καρβοξυλομάδες (COOH) που συμπεριφέρονται ως οξέα και αμινομάδες ( $NH_2$ ) που συμπεριφέρονται ως βάσεις. Η μείωση της διαλυτότητας των πρωτεϊνών στο ισοηλεκτρικό σημείο οφείλεται στο ότι το καθαρό φορτίο της πρωτεΐνης είναι μηδέν (τα θετικά φορτία ίσα με τα αρνητικά) με αποτέλεσμα οι ηλεκτροστατικές απώσεις που υφίστανται μεταξύ των πρωτεϊνικών μορίων να είναι ελάχιστες. Έτσι οι πρωτεΐνες συσσωματώνονται και κατακρημνίζονται (Σπηλιόπουλος, 2008).

Το ακριβές pH που θα συμβεί η καταβύθιση της καζεΐνης εξαρτάται από το είδος του γάλακτος αλλά και από τη θερμοκρασία του.

Θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι δεν είναι πλήρως γνωστό από ποιες καζεΐνες αποτελείται το ίζημα που σχηματίζεται. Το πιθανότερο είναι να συγκαταβυθίζονται όλες οι καζεΐνες του γάλακτος. Επίσης το ίζημα περιέχει και υδατάνθρακες και λιπίδια του γάλακτος που συγκαταβυθίζονται. Αυτό όμως δεν αναρρεί τα διδακτικά οφέλη και τους επιδιωκόμενους διδακτικούς στόχους.

Στο δεύτερο πείραμα μελετάται η μετουσίωση με τη θερμοκρασία των πρωτεϊνών καζεΐνη και αλβουμίνη. Στο σωλήνα  $\beta$  η αλβουμίνη του αυγού έγινε λευκή και συμπαγής (έπηξε) το οποίο και αναμένεται να προβλέψουν οι μαθητές. Το ενδιαφέρον εστιάζεται στο σωλήνα  $\alpha$ . Τα αποτελέσματα στο σωλήνα  $\alpha$  οδηγούν σε γνωστική σύγκρουση, καθώς αντίθετα με την αρχική τους πρόβλεψη δεν μπορούν να εξηγήσουν γιατί η καζεΐνη δε μετουσιώθηκε. Ανακαλούμε την καθημερινή εμπειρία τους σχετικά με το τι συμβαίνει όταν ζεσταίνουμε το γάλα.

Η σημασία αυτού του αποτελέσματος είναι σπουδαία για την κατανόηση και την εμπέδωση της θεωρίας που αφορά στη δομή των πρωτεϊνών και τη μετουσίωση. Πρώτον, αντιλαμβάνονται ότι δεν συμπεριφέρονται όλες οι πρωτεΐνες με τον ίδιο τρόπο. Συνειδητοποιούν τη μοναδικότητα κάθε πρωτεΐνης που ξεκινά από την αλληλουχία των αμινοξέων της και συνεπώς τη μοναδικότητα της

δομής της. Συζητάμε με βάση τις γνώσεις για τη μετουσίωση για ποιο λόγο πιστεύουν ότι δε μετουσιώθηκε η καζεΐνη και έμεινε σταθερή με την αύξηση της θερμοκρασίας. Ανακαλούμε τον ορισμό της μετουσίωσης (καταστροφή της δευτεροταγούς, τριτοταγούς και τεταρτοταγούς δομής της πρωτεΐνης) και κατόπιν γνωστοποιούμε στους μαθητές ότι αυτό οφείλεται στην ιδιαιτερότητα της δομής της. Δηλαδή η καζεΐνη έχει πολύ απλή δευτεροταγή δομή, παρουσιάζει ελάχιστη αναδίπλωση, απουσιάζουν οι δισουλφιδικοί δεσμοί και η τριτοταγής διαμόρφωση (Belitz et al., 2009).

Ενδεχομένως να φανούν ίχνη συσσωματωμάτων που οφείλονται στην μετουσίωση των πρωτεϊνών του ορού του γάλακτος και οι οποίες συμπαρασύρουν την καζεΐνη. Όμως στις συνθήκες του πειράματος (μικρή ποσότητα γάλακτος, σύντομος χρόνος θέρμανσης) συνήθως δεν είναι εύκολα ορατά.

### Συμπεράσματα

Η εργαστηριακή άσκηση που παρουσιάστηκε αφορά στη μελέτη της διαλυτότητας των πρωτεϊνών στο ισοηλεκτρικό σημείο και του φαινομένου της μετουσίωσης των πρωτεϊνών. Η σημασία της άσκησης αυτής έγκειται στο ότι πραγματοποιείται με τη χρήση πολύ απλών υλικών καθημερινής χρήσης, είναι σύντομη σε χρόνο, στη διάρκεια μίας διδακτικής ώρας, και προσφέρει αδιάψευστο και άμεσο οπτικό αποτέλεσμα υποστηρίζοντας δύσκολες έννοιες για τους μαθητές. Το πρόβλημα είναι ότι στη χώρα μας η διεξαγωγή εργαστηριακών ασκήσεων είναι περιορισμένη παρά τις διαρκείς προσπάθειες και την υποστήριξη των Ε.Κ.Φ.Ε.. Σημαντικός παράγοντας είναι η έλλειψη υποδομών, εργαστηριακών αιθουσών και υλικών, η έλλειψη χρηματικών πόρων για τα παραπάνω καθώς και η χρονοβόρα προετοιμασία των ασκήσεων. Επομένως, το ζητούμενο είναι η ανάπτυξη απλών, εφαρμόσιμων και σύντομων εργαστηριακών ασκήσεων με αδιάψευστο αποτέλεσμα. Με αυτό το σκοπό αναπτύχθηκε η εργαστηριακή άσκηση που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία.

### Βιβλιογραφία

Belitz, D. H., Grosch, W., & Schieberle P., (2009). Milk and dairy products. In *Food Chemistry*, Berlin: Springer. p. 498-545.

Γιαλούρης, Π., Μποσινάκου, Κ., & Σίδερης, Δ., (2008). Πρωτεΐνες. Στο *Βιοχημεία Τεχνολογικής Κατεύθυνσης Γ' Τάξη Γενικού Λυκείου*, Αθήνα: ΟΕΔΒ, σ. 26-34.

Καψάλης, Α., Μπουρμπουχάκης, Ι.-Ε., Περάκη, Β. & Σαλαμαστράκης Στ., (2010). Μετουσίωση των πρωτεϊνών. Στο *Οδηγός Εργαστηριακών Ασκήσεων Βιολογίας Γενικής Παιδείας Β' Τάξης Γενικού Λυκείου*, Αθήνα: ΟΕΔΒ, σ. 47-50.

Καψάλης, Α., Μπουρμπουχάκης, Ι.-Ε., Περάκη, Β. & Σαλαμαστράκης Στ. (2012). Μακρομόρια. Στο *Βιολογία Β' Γενικού Λυκείου Γενικής Παιδείας*. Αθήνα: ΙΤΥΕ-ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ, σ. 20-41.

Μπογιατζής, Σ. (2015). Ανοικτά Ακδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Αθήνας, URL:[https://ocp.teiath.gr/modules/units/?course=SAET\\_UNDER101&id=296](https://ocp.teiath.gr/modules/units/?course=SAET_UNDER101&id=296),

πρόσβαση 8/09/2015.

Σπηλιόπουλος Ι., (2008). Αμινοξέα - Πεπτίδια - Πρωτεΐνες. Στο *Βασική Οργανική Χημεία*, Αθήνα: Σταμούλης, σ. 315-330.



Η Μαρία Ξαπλαντέρη είναι Βιολόγος μόνιμη εκπαιδευτικός στο 2ο Γυμνάσιο Καλαμάτας. Έχει PhD στη Βιολογία, MSc στη Βιοχημεία και MSc στις Σπουδές στην Εκπαίδευση. Έχει διδάξει για αρκετά χρόνια ως ωρομίσθια καθηγήτρια στην Τριτοβάθμια εκπαίδευση (ΤΕΙ Πελοποννήσου και ΕΑΠ) Βιοχημεία και Βιολογία. Έχει συμμετάσχει σε αρκετές ερευνητικές εργασίες. Τα ενδιαφέροντά της είναι η χρήση του πειράματος και των ΤΠΕ στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστήμων.

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.

### ***Μοντελοποίηση του ομοιοπολικού δεσμού μέσα από αναπαραστάσεις τριών διαστάσεων σε μαθητές της Α΄ Λυκείου***

**Ιωάννης Πολίτης, Μαρία Χατζηγεωργίου και Σπυρίδων Αβραμιώτης**

Οι ιδιότητες μιας ένωσης μπορούν να εξηγηθούν με βάση τη φύση των δεσμών, δηλαδή των δυνάμεων που συγκρατούν μεταξύ τους τα συστατικά τους άτομα. Οι δυνάμεις αυτές είναι ηλεκτροστατικής και ηλεκτρομαγνητικής φύσης με τη μορφή τριών κατηγοριών δεσμών- του ιοντικού, του ομοιοπολικού και του μεταλλικού- αν και υπάρχουν διαβαθμίσεις μεταξύ των ακραίων αυτών περιπτώσεων (Κατάκης & Πνευματικάκης, 1988).

Η παρουσία συμβόλων και μοριακών αναπαραστάσεων βοηθά στην κατανόηση της Χημείας. Ένα μόριο στοιχείου ή χημικής ένωσης μπορεί να αναπαρασταθεί με ποικίλους τρόπους τόσο στις δύο (2D) όσο και τις τρεις (3D) διαστάσεις. Επομένως θα ήταν σκόπιμο οι μαθητές, εκτός της επαρκούς κατανόησης των χημικών αναπαραστάσεων, να έχουν την ευχέρεια να μεταβαίνουν από τη μια διάσταση στην άλλη και να εκμαιεύουν από την καθεμιά τις χρήσιμες εκείνες πληροφορίες που θα τους βοηθούν κάθε φορά στην κατανόηση της έννοιας που απεικονίζουν (Wu & Shah, 2003; Αντώνογλου κ.ά., 2011).

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται ένα εκπαιδευτικό σενάριο που επιχειρεί τη διερευνητική διδακτική προσέγγιση του ομοιοπολικού δεσμού, σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών της Χημείας Α΄ Λυκείου, με τη βοήθεια αναπαραστάσεων τριών διαστάσεων. Συγκεκριμένα, η διδακτική προσέγγιση του θέματος εντάσσεται στο Κεφάλαιο 2: Περιοδικός Πίνακας – Δεσμοί και συγκεκριμένα στην υποενότητα 2.3. Είδη χημικών δεσμών - ομοιοπολικός.

Οι προτεινόμενες δραστηριότητες έχουν ως στόχους (Α. Γνωστικούς, Β. Ψυχοκινητικούς, Γ. Δημιουργίας στάσεων) οι μαθητές και οι μαθήτριες:

A1. Να αναφέρουν τα κριτήρια δημιουργίας ομοιοπολικού δεσμού.

A2. Να διαχειρίζονται στην πράξη τα κριτήρια αυτά αναγνωρίζοντας και επιλέγοντάς τα σε συγκεκριμένες περιπτώσεις δημιουργίας μορίων.

A3. Να σχεδιάζουν ηλεκτρονιακούς χημικούς τύπους.

- A4. Να αναγράφουν μοριακούς χημικούς τύπους.
- A5. Να αναπαράγουν τριδιάστατες δομές απλών ομοιοπολικών μορίων.
- A6. Να κατασκευάζουν στην πράξη μοριακά μοντέλα των οποίων έχουν πρώτα εισηγηθεί τη δομή υπολογιστικά στο χαρτί.
- A7. Να αναγνωρίζουν τη δομή μορίων από την παρατήρηση μοντέλων αυτών στο χώρο.
- B1. Να επικοινωνούν με σαφήνεια και πληρότητα στην ελληνική γλώσσα.
- B2. Να αναπτύξουν ικανότητες συνεργατικότητας στο πλαίσιο μιας ομάδας.
- B3. Να αναπτύξουν κοινωνικές ικανότητες - ικανότητες διαπροσωπικής επικοινωνίας.
- Γ1. Να αναπτύξουν τον απαραίτητο σεβασμό προς τα υλικά εργασίας.
- Γ2. Να αναπτύξουν θετική στάση απέναντι στον επιστημονικό τρόπο σκέψης κι εργασίας.
- Γ3. Να σέβονται την προσωπικότητα και τη διαφορετικότητα του άλλου.

### Θεωρητικό πλαίσιο

Ο κοινωνικός εποικοδομητισμός θεωρεί ότι η νοητική ανάπτυξη του μαθητή είναι μια διαδικασία άρρηκτα συνδεδεμένη με την ιστορικοκοινωνική διάσταση και το πολιτισμικό πλαίσιο, μέσα στο οποίο αυτή συντελείται (Ματσαγγούρας, 1999). Από τα αποτελέσματα σχετικής έρευνας στο Ισραήλ (Hofstein & Lunetta, 2004) κατά την πραγματοποίηση εργαστηριακών δραστηριοτήτων στο μάθημα της Χημείας εξήχθη το συμπέρασμα ότι η διερευνητική μέθοδος ενθαρρύνει την αυτενέργεια, μείνους μαθητές στην επιστημονική μέθοδο, αναπτύσσει την ικανότητα επικοινωνίας, εξασκεί στην οργάνωση και τη λογική, αυξάνει την ικανότητα διόρθωσης ή εξήγησης σφαλμάτων και κρατάει αμείωτο το ενδιαφέρον στο μάθημα (Βαϊνιάς κ.ά., 2007).

Το παρόν σχέδιο μαθήματος προτείνεται να υλοποιηθεί σε περιβάλλον ομαδοσυνεργατικής μάθησης, όπου οι μαθητές θα έχουν ενεργό ρόλο στην εκπαιδευτική διαδικασία και θα εργαστούν σε μικρές ομάδες ετερογενείς ως προς το φύλο, την επίδοση, την εθνικότητα (Σταυρίδου, 2000; Αλεξανδρή & Σταγιάς, 2010). Αρκετές είναι οι έρευνες που υποδεικνύουν πως η εφαρμογή της συνεργατικής μάθησης θεωρείται μια αποτελεσματική διδακτική πρακτική που επιφέρει σημαντικά γνωστικά οφέλη, ιδιαίτερα σε απαιτητικά μαθήματα, όπως αυτά των Φυσικών Επιστημών μέσω της εφαρμογής κατάλληλων μαθησιακών στρατηγικών και της διαμόρφωσης σύγχρονων μαθησιακών περιβαλλόντων (Καρτσιώτου κ.ά., 2012). Η εφαρμογή αυτής της διδακτικής πρότασης με ταυτόχρονη χρήση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας (ΤΠΕ) οδηγεί σ' ένα ολιστικό μοντέλο μάθησης όταν δεν απομονώνεται από το πλαίσιο στο οποίο λαμβάνει χώρα (Ράπτης & Ράπτη, 2006; Kangas, 2010). Επίσης, έρευνες έδειξαν ότι η χρήση προσομοιώσεων σε Η/Υ ενισχύει ανώτερες γνωστικές δεξιότητες όπως π.χ. μπορεί να βελτιώσει την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων χημείας (Avramiotis & Tsaparlis, 2013).

Οι μαθητές έχουν ήδη διδαχτεί τα βασικά για τη δομή του ατόμου και το πώς αυτή επιδρά στον καθορισμό της χημικής συμπεριφοράς. Στο σχεδιασμό λαμβάνονται υπόψη κι οι εναλλακτικές ιδέες

που παρουσιάζουν για τους χημικούς δεσμούς προκειμένου να ανατραπούν οι λανθασμένες απόψεις μέσα από την εκπαιδευτική διαδικασία (Driver et al., 1998).

Πολλοί μαθητές στο πλαίσιο αυτό αδυνατούν να διακρίνουν τα κριτήρια που οδηγούν στη δημιουργία ετεροπολικού ή ομοιοπολικού δεσμού, γιατί συνήθως δυσκολεύονται να κατατάξουν ένα στοιχείο στα μέταλλα ή αμέταλλα, λησμονώντας την κατανομή των ηλεκτρονίων της στιβάδας σθένους. Μια άλλη αδυναμία που παρουσιάζουν είναι η δυσκολία στην αντίληψη του τριδιάστατου χαρακτήρα των μορίων (στοιχείων και ενώσεων). Συνηθισμένοι στην παρατήρηση αναπαραστάσεων μορίων τυπωμένων σε χαρτί, αγνοούν την τρίτη διάσταση και το γεγονός ότι τα μόρια καταλαμβάνουν χώρο. Τέλος, οι μαθητές στα πρώτα τους βήματα στη μελέτη των χημικών δεσμών δείχνουν μια αντίσταση στην έννοια «αμοιβαία συνεισφορά ηλεκτρονίων» κι εξακολουθούν να πιστεύουν ότι πρόκειται για μια ακόμη περίπτωση αποβολής και πρόσληψης ηλεκτρονίων.

### **Διδακτική προσέγγιση**

Με βάση τα παραπάνω συντάχθηκε ένα διδακτικό σενάριο-σχέδιο μαθήματος όπου υλοποιούνται όλοι οι προαναφερόμενοι στόχοι και το οποίο εφαρμόστηκε σε ένα τμήμα της Α΄ Λυκείου του Π.Π. ΓΕΛ. Ιωνιδείου Σχολής Πειραιά με 27 μαθητές στο πλαίσιο δειγματικής διδασκαλίας σε φοιτητές από το τμήμα Χημικών Μηχανικών του ΕΜΠ. Οι μαθητές επεξεργάστηκαν τις δραστηριότητες συμπληρώνοντας ένα φύλλο εργασίας (είναι διαθέσιμο ως υποστηρικτικό υλικό στο δικτυακό τόπο του περιοδικού), χωρισμένοι σε 6 ομάδες των τεσσάρων και μία των τριών ατόμων στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών του σχολείου (Εικόνα 1), αν και αυτή η διδασκαλία μπορεί να πραγματοποιηθεί σε οποιαδήποτε κατάλληλα εξοπλισμένη αίθουσα. Ο καθηγητής διατηρεί συμβουλευτικό και καθοδηγητικό μόνο ρόλο.



Εικόνα 1. Το εργαστήριο Χημείας του Π.Π.ΓΕΛ Ιωνιδείου Σχολής Πειραιά με τα απαραίτητα υλικά και προσομοιώματα για τη διεξαγωγή του διδακτικού σεναρίου. Φωτογραφία των συγγραφέων.

Για τη συναρμολόγηση των μορίων που εισηγείται το σενάριο, απαιτούνται οργανωμένα kits μοριακών μοντέλων (σφαιρίδια και στελέχη ως ενωτικοί σύνδεσμοι) που υπάρχουν σε ένα τυπικό σχολικό εργαστήριο Φυσικών Επιστημών: "Organic (teacher) Set", MOLYMOOD, Molecular Models, Spring Enterprises LTD, West Sussex, England. Επιπλέον, απαιτείται η ύπαρξη υπολογιστή με πρόσβαση στο διαδίκτυο και προβολικό μηχάνημα. Προς επικύρωση κι επιβεβαίωση των προσπαθειών των μαθητών προτείνεται να χρησιμοποιηθούν τα παρακάτω βίντεο προσομοιώσεων από το διαδίκτυο:

1. Δυναμική προσομοίωση μορίου υδρογόνου:

<https://www.youtube.com/watch?v=fLs1nCLNv3c>

2. Ταλάντωση ενός μορίου αζώτου: <https://www.youtube.com/watch?v=N8RlyuS4mOc>

3. Τριδιάστατη κίνηση μορίων νερού: <https://www.youtube.com/watch?v=l7L8hzDtrCI>

4. Ταλάντωση ενός μορίου υδροχλωρίου:

<https://www.youtube.com/watch?v=Ps5nom5HiP8>

5. Περιστροφή μορίου νερού στο χώρο: <http://www.johnkyrk.com/H2O.html>

Στα βίντεο αυτά παρουσιάζονται τα μόρια σε κίνηση κι οι δεσμοί σε δόνηση (ή/και περιστροφή και κάμψη). Θεωρούμε ότι αυτές οι οπτικές προσομοιώσεις αποτελούν τη λογική συνέχεια των στατικών 2D και 3D προσομοιωμάτων που χρησιμοποιούνται στα προηγούμενα διδακτικά βήματα.

Η διάρκεια που απαιτείται για τη διενέργεια αυτού του σεναρίου περιορίζεται στη μία (1) διδακτική ώρα με την προϋπόθεση ότι οι μαθητές έχουν διδαχθεί και γνωρίζουν σε ικανοποιητικό επίπεδο τα βασικά χαρακτηριστικά του ομοιοπολικού δεσμού στα μόρια στοιχείων κι ενώσεων.

Το σενάριο εξελίσσεται μέσα σε 5 ξεχωριστές, οργανικά συνδεδεμένες, όμως, μεταξύ τους δραστηριότητες ως προς τη δομή, τη μορφή και το περιεχόμενο. Αρχικά πραγματοποιείται, με μια εισαγωγική δραστηριότητα, η σύνδεση με τις προηγούμενες γνώσεις των μαθητών, ώστε να ενισχυθεί η επικείμενη διδακτική προσέγγιση.

Η πρώτη δραστηριότητα (θεωρητική περιγραφή και κατασκευή του μοριακού μοντέλου του υδρογόνου) επιχειρεί να θεμελιώσει τη γέφυρα που έχουν ανάγκη οι μαθητές για να συνδέσουν τη θεωρία με την πράξη. Εξελισσόμενη κλιμακωτά φέρνει σε επαφή τους διδασκόμενους με την ουσία του μοριακού μοντέλου στο χώρο και τους βοηθά να επαληθεύσουν το τελικό αποτέλεσμα κατασκευής του με την προβολή του αντίστοιχου βίντεο προσομοίωσης. Με τον τρόπο αυτό αποδίδεται εποπτικά η πορεία από τις δύο στις τρεις διαστάσεις και γίνεται εμπειρία διδακτική με ιδιαίτερη προστιθέμενη αξία.

Η δεύτερη δραστηριότητα (κατασκευή προτύπου για το μόριο του χλωρίου) αποτελεί ουσιαστική εφαρμογή της πρώτης, ενώ η τρίτη (τριδιάστατη κατασκευή του μορίου αζώτου) αποτελεί επέκταση των δύο πρώτων με την επιπλέον είσοδο ενός νέου δεδομένου που πρέπει να αξιολογήσουν οι μαθητές, αυτού του πολλαπλού ομοιοπολικού δεσμού.

Με την τέταρτη δραστηριότητα οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να περάσουν σταδιακά, αφήνοντας τα μόρια των στοιχείων, σε πιο πολύπλοκους συσχετισμούς κι αναπαραστάσεις, όπως αυτές των μορίων χημικών ενώσεων. Εδώ πλέον τους δίνεται η δυνατότητα να επεξεργαστούν προβλήματα με ετεροάτομα για την κατασκευή του μορίου του υδροχλωρίου. Το τελικό αποτέλεσμα επαληθεύεται ξανά με το αντίστοιχο βίντεο προσομοίωσης.

Η πέμπτη και τελευταία δραστηριότητα αποτελεί επέκταση εφαρμογής της τέταρτης κι αυξάνει το βαθμό πολυπλοκότητας στη δημιουργούμενη χημική ένωση με το συνδυασμό τριών συνολικά ατόμων για τη δημιουργία του μορίου του νερού.

Όλες οι δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένης και της εισαγωγικής, ικανοποιούν το σύνολο των στόχων B1-B3 και Γ1-Γ3 (Πίνακας 1). Ενώ καθ' όλη τη διάρκεια του σεναρίου και εντός των δραστηριοτήτων υπάρχουν και προκύπτουν ερωτήσεις διαμορφωτικής αξιολόγησης για τον έλεγχο της προόδου της διαδικασίας (Δανίλη κ.ά., 2007), στο τέλος, προβλέπεται συνολικό φύλλο τελικής αξιολόγησης το οποίο συμπληρώνουν οι μαθητές τα τελευταία 7 λεπτά της διδακτικής περιόδου.

Δραστηριότητες	Διδακτικοί στόχοι
Εισαγωγική δραστηριότητα	A1, B1-B3, Γ1-Γ3
1 <sup>η</sup> δραστηριότητα	A2-A7, B1-B3, Γ1-Γ3
2 <sup>η</sup> δραστηριότητα	A2-A7, B1-B3, Γ1-Γ3
3 <sup>η</sup> δραστηριότητα	A2-A7, B1-B3, Γ1-Γ3
4 <sup>η</sup> δραστηριότητα	A2-A7, B1-B3, Γ1-Γ3
5 <sup>η</sup> δραστηριότητα	A2-A7, B1-B3, Γ1-Γ3

Πίνακας 1. Διδακτικοί στόχοι ανά δραστηριότητα του φύλλου εργασίας.

### Συζήτηση

Στα πλαίσια της αξιολόγησης του εκπαιδευτικού περιεχομένου και της επίτευξης των διδακτικών στόχων που τέθηκαν αρχικά, αλλά και ως λειτουργική συνιστώσα της μεθοδολογικής οργάνωσης της διδακτικής διαδικασίας, συντάχθηκε ένα συνοπτικό φύλλο αξιολόγησης (είναι διαθέσιμο ως υποστηρικτικό υλικό στο δικτυακό τόπο του περιοδικού).

Επίσης, επιχειρήθηκε η αξιολόγηση της εκπαιδευτικής δράσης από τους ίδιους τους μαθητές μετά την παρέλευση χρονικού διαστήματος δεκαπέντε ημερών, προκειμένου να απαλειφθούν οι βαθμοί ελευθερίας προκατάληψης συναισθηματικού χαρακτήρα ως προς το διδακτικό σενάριο και να αποτυπωθούν οι στάσεις τους αντικειμενικότερα, αφού αποκρυσταλλωθούν πρώτα οι ιδέες που διατηρούν (Πολίτης & Χατζηγεωργίου, 2014).

Το ερωτηματολόγιο αποτελούταν από 11 ερωτήσεις διαβαθμισμένων απαντήσεων τύπου Likert και μία ερώτηση ανοικτού τύπου, όπου οι μαθητές έπρεπε να σημειώσουν ποιο μέρος της εκπαιδευτικής διαδικασίας τους ενθουσίασε περισσότερο και ποιο λιγότερο.

Η συνολική αξιολόγηση της εκπαιδευτικής δράσης δείχνει ότι η πλειοψηφία των μαθητών αποτιμά θετικά την όλη συμμετοχή σε αυτή τη διδακτική εμπειρία όπως υλοποιήθηκε ομαδοσυνεργατικά και με τη χρήση τόσο των ΤΠΕ όσο και των τριδιάστατων αναπαραστάσεων των μορίων, γεγονός που αντικατοπτρίζεται και στις επιδόσεις τους κατόπιν της τελικής αξιολόγησης. Σε κλίμα γενικής επιδοκιμασίας κινήθηκε και η διάθεση υπέρ της ποικιλίας των δραστηριοτήτων κι ερεθισμάτων που τους παρείχε η συγκεκριμένη διδασκαλία.

Από τα εξαχθέντα συμπεράσματα ενδυναμώνεται η αναγκαιότητα χρησιμοποίησης ποικιλόμορφου εποπτικού υλικού στην καθημερινή εκπαιδευτική διαδικασία του μαθήματος της χημείας (Βαμβακερός κ.ά., 2007; Karsli et al., 2009) κι η ένταξή του σε ένα περιβάλλον διδακτικά προσανατολισμένο με άξονες τις προϋπάρχουσες ιδέες, τις αντιλήψεις και τις γνωστικές δυσκολίες των μαθητών προς τη διευκόλυνση του εκπαιδευτικού στη διδασκαλία (Ασλανίδης κ.ά., 2010).

### Βιβλιογραφία

Αλεξανδρή Ε., Στάγιας Ι. (2010). Διαδικτυακό Σύστημα Διαχείρισης Μάθησης. Περιβαλλοντική Εκπαίδευση: Νερό-υδάτινα μονοπάτια ζωής. *Στα πρακτικά του 2<sup>ου</sup> Πανελληνίου Εκπαιδευτικού Συνεδρίου Ημαθίας «Ψηφιακές και Διαδικτυακές εφαρμογές στην εκπαίδευση» 23-25 Απριλίου, Βέροια-Νάουσα*

Αντώνογλου Λ., Χαριστός Ν. & Σιγάλας Μ. (2011). Διερεύνηση της δεξιότητας της νοητικής μεταφοράς ανάμεσα σε τρισδιάστατες (3D) και δισδιάστατες (2D) συμβολικές αναπαραστάσεις της τετραεδρικής μοριακής δομής από φοιτητές χημείας. *Στα Πρακτικά του 7<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση-Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες*, τόμος Γ, σελ. 863-870

Ασλανίδης Α., Δαμιανάκης Α., Τσαδήμα Κ. (2010). Γεωλογία-Γεωγραφία Α΄ Γυμνασίου: Ένα εκπαιδευτικό λογισμικό διδασκαλίας της Γεωλογίας-Γεωγραφίας Α΄ Γυμνασίου. *Στα Πρακτικά του 2<sup>ου</sup> Πανελληνίου Εκπαιδευτικού Συνεδρίου Ημαθίας «Ψηφιακές & Διαδικτυακές εφαρμογές στην εκπαίδευση»* σελ. 1068-1082, 23-25 Απριλίου, Βέροια-Νάουσα

Βαϊνάς Δ., Βλάσση Μ. & Καραλιώτα Α. (2007). Εφαρμογή της καθοδηγούμενης διερευνητικής μεθόδου κατά τη διδασκαλία μιας εργαστηριακής άσκησης χημείας (αντιδράσεις απλής αντικατάστασης). *Στα Πρακτικά του 5<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση» τόμος Β*, σελ. 716-724, Ιωάννινα

Βαμβακερός Ξ., Παυλάτου Ε. & Σπυρέλλης Ν. (2007). Σύγχρονες απόψεις Χημικών και Χημικών Μηχανικών για τη Διδασκαλία της Χημείας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. *Στα Πρακτικά του 5<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση» τόμος Β*, σελ. 671-679, Ιωάννινα

Δανίλη Ε., Reid N. & Johnstone A. (2007). Μελέτη της επίδρασης δύο γνωστικών χαρακτηριστικών των μαθητών στις επιδόσεις τους στη Χημεία-Προβληματισμοί για το σύστημα εκπαιδευτικής αξιολόγησης. *Στα Πρακτικά του 5<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση» τόμος Β*, σελ. 651-660, Ιωάννινα

Καρτσιώτου Θ., Τουμπεκτοής Σ., Κλειτσιώτης Κ., Καρποζήλου Α. (2012). Χρήση των ΤΠΕ στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση στα γνωστικά αντικείμενα των Φυσικών Επιστημών και της

- Γεωγραφίας. Στα Πρακτικά εργασιών του 8<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Τεχνολογίες της Πληροφορίας και Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση» Παν/μιο Θεσσαλίας, σελ. 1-15, 28-30 Σεπτεμβρίου, Βόλος
- Κατάκης Δ. & Πνευματικάκης Γ. (1988). *Πανεπιστημιακή Ανόργανη Χημεία*, ΟΕΔΒ, Αθήνα
- Ματσαγγούρας Η. (1999). *Θεωρίες Μάθησης*, εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα
- Πολίτης Ι. & Χατζηγεωργίου Μ. (2014). Ζωοτεχνία : Η λειτουργική αξία των αγροτικών ζώων και η συμβολή τους στην ανθρώπινη διαβίωση. Εφαρμογή στη διδακτική πράξη. *Νέος Παιδαγωγός*, τεύχος 4<sup>ο</sup>, σ. 85-98
- Ράπτης Α. & Ράπτη Α. (2006). *Μάθηση και Διδασκαλία στην εποχή της πληροφορίας-Ολική Προσέγγιση Τόμος Α΄*, Αθήνα: Αριστοτέλης Ράπτης
- Σταυρίδου Ε. (2000). *Συνεργατική μάθηση* στις Φυσικές Επιστήμες. Μια εφαρμογή στο Δημοτικό σχολείο, Βόλος: Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας
- Avramiotis S. and Tsaparlis G. (2013) Using computer simulations in chemistry problem solving, *Chemistry Edu. Research Practice*, 14 : 297-311, DOI: 10.1039/c3rp20167h
- Driver R., Squires A., Rushworth P. & Wood-Robinson V. (1998). *Οικοδομώντας τις έννοιες της Φυσικών Επιστημών- Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών*, Αθήνα: εκδόσεις ΤΥΠΩΘΗΤΩ
- Hofstein A. and Lunetta V. N. (2004), The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88, 28-54
- Kangas M. (2010). Creative and playful learning: Learning through game co-creation and games in a playful learning environment, *Thinking Skills and Creativity* 5: 1-15
- Karsli F., Usta N., Ceng Z. & Ayas A. (2009). Comparison of the techniques and methodologies preferred by chemistry teachers on the concept teaching: a study on the ionic compounds, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 1, 1419-1424
- Wu H. & Shah P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88, 3, 465-492.



Ο Ιωάννης Πολίτης είναι καθηγητής Φυσικών Επιστημών στο Πρότυπο Πειραματικό Λύκειο και Γυμνάσιο της Ιωνιδείου Σχολής Πειραιά. Είναι χημικός-οινολόγος και έχει εργαστεί ως ερευνητής σε βασική κι εφαρμοσμένη έρευνα στην Ιατρική Σχολή Αθηνών. Έχει, επίσης, σπουδάσει Ιταλική Γλώσσα και Φιλολογία στο Ε.Κ.Π.Α. και διδάσκει Ιταλικά ως δεύτερη ξένη γλώσσα. Σύντομα ολοκληρώνει τις σπουδές του ως Γεωπόνος στο τμήμα Επιστήμης Τροφίμων του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.



Η Μαρία Χατζηγεωργίου είναι καθηγήτρια Φυσικών Επιστημών στο Ζάννειο Πρότυπο Πειραματικό Γυμνάσιο Πειραιά. Είναι γεωλόγος-μετεωρολόγος και έχει αποκτήσει ένα αρχικό μεταπτυχιακό δίπλωμα σπουδών στα Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας και Προστασίας Περιβάλλοντος από το Πανεπιστήμιο Πειραιά και το ΕΜΠ κι ένα ακολούθως στο Γεωλογικό και Ατμοσφαιρικό Περιβάλλον για το Σχεδιασμό στα Έργα Υποδομής από το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.



Ο Σπύρος Αβραμιώτης έχει σπουδάσει Χημεία στο ΕΚΠΑ, είναι Διδάκτορας της Πολυτεχνικής σχολής του Παν. Πατρών στη φυσικοχημεία κολλοειδών συστημάτων και την ενζυμική κατάλυση και έχει μεταπτυχιακές σπουδές στη Διδακτική της Χημείας. Έχει σημαντικό αριθμό δημοσιεύσεων σε ελληνικά και διεθνή επιστημονικά περιοδικά και πρακτικά συνεδρίων, έχει συμμετάσχει στη συγγραφή σχολικών βιβλίων και εκπαιδευτικού λογισμικού. Έχει εργαστεί στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, στα ΤΕΙ και τη φαρμακοβιομηχανία.



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.

### **Κατασκευή συσκευής Hoffman με καθημερινά υλικά**

**Παναγιώτης Μουρούζης**

Το νερό είναι μια πολύ σπουδαία χημική ένωση, ίσως η σπουδαιότερη. Και αυτό όχι μόνο γιατί τόσο ο πλανήτης μας όσο και το ίδιο μας το σώμα αποτελείται από 70% περίπου από νερό, αλλά και γιατί λόγω των πολύ ιδιαίτερων ιδιοτήτων του, αποτελεί τη βασική χημική ένωση που αν οι συνθήκες του περιβάλλοντος επιτρέπουν να βρίσκεται σε υγρή μορφή, τότε αποτελεί το υπόβαθρο για τη δημιουργία και την ανάπτυξη της ζωής. Επίσης το νερό χρησιμοποιείται κατά κόρον, όχι μόνο προς πόση, αλλά και για τη μαγειρική, την καθαριότητα, τη μεταφορά θερμότητας, κλπ.. Η γνώση της χημικής σύστασης του νερού, ότι δηλαδή αποτελείται από δύο αέρια, το υδρογόνο και οξυγόνο με αναλογία 2:1 είναι ίσως από τις βασικότερες τις οποίες πρέπει να γνωρίζει ένας μαθητής στο επίπεδο της Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Η αγωγιμότητα ενός διαλύματος, ο νόμος των αερίων, η διαλυτότητα κλπ. είναι έννοιες που διδάσκονται στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση πολλές φορές καθέδρας χωρίς την απαιτούμενη προσφυγή στο εργαστήριο. Με αποτέλεσμα πολύ λίγα από αυτά τα θέματα αποτελούν περιεχόμενο στη γνωστική βαλίτσα των μαθητών μας, όταν τελειώνουν τη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Μια συσκευή με τη βοήθεια της οποίας μπορούμε να κάνουμε χημική ανάλυση του νερού είναι η συσκευή Hoffman ή αλλιώς βολτάμετρο. Με τη βοήθεια του βολταμέτρου μπορούμε να “ανακαλύψουμε” ότι το νερό αποτελείται από υδρογόνο και οξυγόνο με σχετική αναλογία 2:1, αλλά μπορούμε επίσης να βρούμε το φορτίο που περνάει από ένα διάλυμα ηλεκτρολύτη και να μελετήσουμε το νόμο της ηλεκτρόλυσης του Faraday καθώς και την καταστατική εξίσωση των αερίων (Μαυρόπουλος, 1994; Μητσιάδη, 1994). Γι αυτό αποτελεί μια βασική συσκευή για το Γυμνάσιο και το Λύκειο. Η συσκευή όμως αυτή, δεν υπάρχει σε πολλά σχολεία με αποτέλεσμα να μην πραγματοποιούνται αυτές οι δραστηριότητες. Αλλά και σε όποια σχολεία τη διαθέτουν, λόγω του κόστους της συσκευής αλλά και της επικινδυνότητας του πειράματος (αφού χρησιμοποιείται πυκνό θειικό οξύ) το πείραμα γίνεται ως πείραμα επίδειξης από τον καθηγητή και όχι από κάθε ομάδα μαθητών.

## Σκουπιδομαζέματα-επιστημοσκορπίσματα

Θα μπορούσαμε άραγε να κατασκευάσουμε μία συσκευή Hoffman που να μη χρησιμοποιεί ως ηλεκτρολύτη το θειικό οξύ αλλά κάποια άλλη ακίνδυνη ουσία; Να μην έχει ως ηλεκτρόδια λευκόχρυσο ή καρβουνάκια αλλά κάποιο άλλο πιο καθημερινό υλικό; Παρόλα αυτά να είναι εξίσου αποτελεσματική όσον αφορά την εκτέλεση των εργαστηριακών δραστηριοτήτων που αναφέραμε; Η απάντηση είναι θετική!

Στην πρόταση που κάνουμε μπορούμε να φτιάξουμε μία συσκευή Hoffman εντελώς ακίνδυνη, άκρως αποτελεσματική και με μηδαμινό κόστος.

### **Τα υλικά που θα χρειαστούμε**

1. Ένα διάφανο πλαστικό ποτήρι
2. Δύο σιδερένια καρφιά
3. Ένα κομμάτι λαστιχένιας τσιμούχας πάχους 3-4 mm
4. Πιστόλι και θερμόκολλα σιλικόνης
5. Σόδα πλυσίματος [1] ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , ανθρακικό νάτριο, διατίθεται στα σούπερ μάρκετ)
6. Μονόκλωνο καλώδιο
7. Δύο δοκιμαστικούς σωλήνες ή δύο σύριγγες των 20 mL
8. Μπαταρία των 9V ή τροφοδοτικό
9. Δύο καλώδια με κροκοδειλάκια
10. Απιονισμένο (ή εμφιαλωμένο) νερό

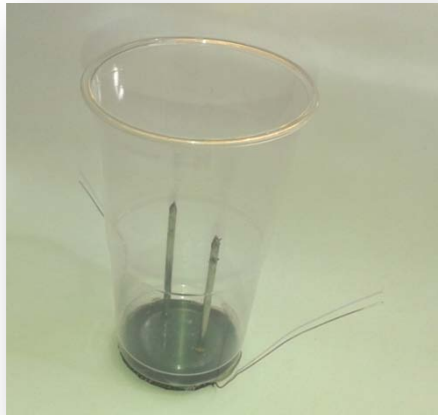
### **Η κατασκευή**

1. Βάζουμε το ποτήρι πάνω στη λαστιχένια τσιμούχα, σχεδιάζουμε με ένα στυλό τον πάτο του και κόβουμε με ένα ψαλίδι ένα κυκλικό τμήμα της τσιμούχας ίσο με τον πάτο του ποτηριού (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Τοποθέτηση της τσιμούχας στον πάτο του ποτηριού. Φωτογραφία Π. Μουρούζης.

2. Απλώνουμε σε όλη την επιφάνεια της τσιμούχας με το πιστόλι θερμόκολλα σιλικόνη και τοποθετούμε από πάνω το ποτήρι.
3. Από τη μεριά της κεφαλής των καρφιών τυλίγουμε ψιλό μονόκλωνο καλώδιο μήκους περίπου 5 cm. Περνάμε τα καρφιά στον πάτο του ποτηριού με κυκλικές κινήσεις φροντίζοντας να περάσουν όσο δυνατό πιο σφιχτά (Εικόνα 2). Αυτό είναι σημαντικό βήμα αφού εξασφαλίζει τη στεγανότητα της κατασκευής (διαφορετικά χρησιμοποιούμε λίγη θερμόκολλα σιλικόνης γύρω από τις δύο τρύπες).



Εικόνα 2. Το βολτάμετρο. Φωτογραφία Π. Μουρούζης.

4. Στην περίπτωση που θα χρησιμοποιήσουμε σύριγγες για την ακριβή μέτρηση των όγκων, κόβουμε το άκρο της σύριγγας με ένα πριονάκι όσο δυνατό χαμηλότερα, ώστε το μήκος της σύριγγας που μένει να είναι όσο το δυνατό μεγαλύτερο (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Σύριγγα κομμένη στο κάτω άκρο της. Φωτογραφία Π. Μουρούζης.

### **Εκτέλεση του πειράματος**

Ρίχνουμε νερό (απιονισμένο ή εμφιαλωμένο) στο ποτήρι μας ώστε να σκεπαστούν τα καρφιά. Διαλύουμε καλά 2-3 κουταλιές σόδα πλυσίματος. Περιμένουμε λίγο ώστε το διάλυμα να γίνει διάφανο. Γεμίζουμε από αυτό το διάλυμα ένα δοκιμαστικό σωλήνα, τον κλείνουμε με το δάκτυλό μας και τον αντιστρέφουμε μέσα στο διάλυμα αφήνοντας το δάκτυλο όταν το στόμιο βυθιστεί στο νερό. Θα πρέπει ο δοκιμαστικός να είναι γεμάτος με το διάλυμα χωρίς να έχει πάρει καθόλου αέρα. Τον

ανασηκώνουμε λίγο και τον περνάμε μέσα στο καρφί. Επαναλαμβάνουμε το ίδιο και με τον δεύτερο δοκιμαστικό. Τα πράγματα γίνονται πιο εύκολα χωρίς να βρέξουμε καθόλου τα χέρια μας αν χρησιμοποιήσουμε αντί για δοκιμαστικούς σωλήνες τις σύριγγες. Φέρνουμε το έμβολο στο χαμηλότερο σημείο της σύριγγας, τη βυθίζουμε στο διάλυμα και αντλούμε το διάλυμα όσο δυνατό ψηλότερα. Ανασηκώνουμε τη σύριγγα και την περνάμε μέσα από το καρφί. Πιέζουμε τη σύριγγα ώστε να φθάσει στην ένδειξη 20 mL. Επαναλαμβάνουμε το ίδιο και για την άλλη. Η διάταξη είναι έτοιμη.

Συνδέουμε τα δύο καλώδια που τυλίγουν τα καρφιά με την μπαταρία των 9V. Σε λίγο θα δούμε γύρω από τα καρφιά να εμφανίζονται φυσαλίδες αερίων. Μετά από κάποια ώρα, όταν ο όγκος των αερίων που έχουν μαζευτεί στις σύριγγες ή στους δοκιμαστικούς είναι αρκετός αποσυνδέουμε την μπαταρία. Παρατηρούμε τους όγκους των δύο αερίων. Αν χρησιμοποιούμε σύριγγες μπορούμε να υπολογίσουμε επακριβώς αυτούς τους όγκους.

### Υπολογισμοί

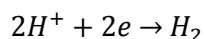
Κατά την εκτέλεση του πειράματος μπορούμε να μετρήσουμε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει τη συσκευή μας με ένα αμπερόμετρο, το χρόνο λειτουργίας της συσκευής καθώς και τον όγκο του κάθε αερίου που παράγεται. Με αυτά τα δεδομένα μπορούμε να υπολογίσουμε διάφορα μεγέθη [όπως για παράδειγμα αυτά που εμφανίζονται στην παρακάτω σχέση (3)] και αν πρόκειται για κάποια φυσική σταθερά να τη συγκρίνουμε με την αντίστοιχη τιμή της βιβλιογραφίας (στο πείραμα εμπλέκονται τρεις βασικές σταθερές της Φυσικής: το φορτίο του ηλεκτρονίου, η σταθερά του Avogadro και η παγκόσμια σταθερά των αερίων). Αν πρόκειται για μετρήσιμο φυσικό μέγεθος μπορούμε να το συγκρίνουμε με τη τιμή που μετρήσαμε από το πείραμα. Ας δούμε πώς.

Από τον ορισμό της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος ισχύει

$$i = \frac{q}{t} \quad (1)$$

όπου  $q$  το ηλεκτρικό φορτίο που διέρχεται από μία συγκεκριμένη διατομή και  $t$  ο χρόνος διέλευσής του.

Ας θεωρήσουμε το υδρογόνο και την αντίδραση που συμβαίνει στην κάθοδο της ηλεκτρολυτικής συσκευής:



Προκύπτει ότι για την απόθεση ενός μορίου υδρογόνου μετακινούνται δύο ηλεκτρόνια. Άρα για την απόθεση  $N$  mol υδρογόνου θα μετακινηθούν  $2N|e|$  φορτία στο διάλυμα, όπου  $|e|$  η απόλυτη τιμή του φορτίου του ηλεκτρονίου.

Εφαρμόζοντας την καταστατική εξίσωση των αερίων έχουμε:

$$P \cdot V = nRT \Rightarrow P \cdot V = \frac{N}{N_A} RT \Rightarrow N = \frac{PVN_A}{RT} \quad (2)$$

Συνδυάζοντας τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει:

$$q = it \Rightarrow \frac{2PVN_A}{RT}|e|=it \Rightarrow R = \frac{2PVN_A}{Tit}|e| \quad (3)$$

Πραγματοποιώντας το πείραμα, σύμφωνα με το φύλλο εργασίας που είναι διαθέσιμο στο παράρτημα αυτής της εργασίας, προέκυψαν οι εξής τιμές για το υδρογόνο που συλλέχτηκε :

$$V=10 \text{ mL}=10^{-5} \text{ m}^3$$

$$t=10 \text{ min}=600 \text{ s}$$

$$I=0,13 \text{ A}$$

$$T=\theta+273=23+273=296 \text{ K}$$

$$P=1 \text{ atm} \approx 10^5 \text{ N/m}^2$$

Η πίεση στο αέριο είναι περίπου μία ατμόσφαιρα, αφού είναι περίπου ίση με την εξωτερική πίεση.

Με δεδομένα ότι  $|e|=1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  και  $N_A=6,023 \cdot 10^{23}$  προκύπτει ότι  $R=8,3 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$  τιμή η οποία πρακτικά ταυτίζεται με την αποδεκτή τιμή ( $R=8,31 \text{ S.I.}$ ).

### **Μικρά και χρήσιμα**

1. Χρησιμοποιούμε αντί για θειικό οξύ σόδα πλυσίματος (ανθρακικό νάτριο) αφού το θειικό οξύ είναι πολύ επικίνδυνο σε αντίθεση με τη σόδα που είναι ακίνδυνη.
2. Το νερό δεν πρέπει να είναι της βρύσης που περιέχει πολλά άλατα, όπως π.χ. το νερό της Κέρκυρας, αλλά εμφιαλωμένο, ή καλύτερα νερό που αποβάλλεται από κλιματιστικό σύστημα ή απιονισμένο του εμπορίου.
3. Χρησιμοποιούμε σιδερένια καρφιά ως ηλεκτρόδια, αφού είναι πιο εύκολο να δημιουργηθεί στην άνοδο το  $\text{O}_2$  απ' ό,τι οξείδιο του σιδήρου.
4. Αν το ρεύμα δεν παραμένει σταθερό κατά τη διάρκεια του πειράματος, θεωρούμε ως τιμή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος το μέσο όρο της αρχικής και της τελικής της τιμής.
5. Επειδή το οξυγόνο είναι πιο διαλυτό στο νερό από ό,τι το υδρογόνο, βάζουμε τη συσκευή να λειτουργήσει για κάποιο διάστημα πριν τοποθετήσουμε τους δοκιμαστικούς σωλήνες ή τις σύριγγες, ώστε το νερό να κορεστεί σε οξυγόνο.

### **Και δύο απορίες που προέκυψαν από την κατασκευή**

Κι επειδή μία αυθεντική επιστημονική διερεύνηση δεν λύνει μόνο προβλήματα αλλά συνήθως γεννάει νέα ερωτήματα, ιδού δύο που θα μπορούσαν να έρθουν στο μυαλό μαθητών ή ακόμη και συναδέλφων:

1. Ο κρότος από την καύση του υδρογόνου προέρχεται από την απότομη συμπίεση λόγω ελάττωσης του όγκου των αντιδρώντων σε σχέση με αυτόν των προϊόντων ή/και από την απότομη εκτόνωση λόγω απότομης αύξησης της θερμοκρασίας;

2. Ποια είναι τα προϊόντα της ηλεκτρόλυσης του όξινου ανθρακικού νατρίου (σόδα φαγητού) αφού σε αυτή την περίπτωση δεν παράγεται μόνο υδρογόνο και οξυγόνο; (το γεγονός αυτό αποδεικνύεται από την αναλογία των όγκων που σε αυτή την περίπτωση δεν είναι 2:1 αλλά περίπου 1:1).

### **Σχόλια**

1. Το πείραμα με όξινο ανθρακικό νάτριο (σόδα φαγητού) ή άλλα άλατα που χρησιμοποιήσαμε αποτυχαίνει αφού παράγονται και άλλες ενώσεις εκτός από το οξυγόνο και το υδρογόνο, με αποτέλεσμα οι όγκοι που προκύπτουν να μην έχουν τη σχέση 2:1

### **Αναφορές**

Μαυρόπουλος, Μ.Σ., (1994). *Εργαστηριακές Ασκήσεις Χημείας*.

Μητσιάδη, Σ., (1994). *Οδηγός πειραμάτων Χημείας*. Εκδόσεις Σαββάλα.

### **Παράρτημα**

#### **Φύλλο εργασίας**

Ηλεκτρόλυση ονομάζουμε τα φαινόμενα που συμβαίνουν όταν εφαρμοστεί ηλεκτρικό ρεύμα από ένα αγωγίμο τήγμα ή διάλυμα. Αγωγιμα διαλύματα είναι τα διαλύματα των οξέων βάσεων ή αλάτων. Το τι θα συμβεί εξαρτάται από τη φύση και συγκέντρωση του διαλύματος, από τη φύση των ηλεκτροδίων, την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος κλπ. Σε ορισμένες περιπτώσεις όταν περνάει ηλεκτρικό ρεύμα από ένα διάλυμα έχουμε ηλεκτρόλυση του νερού, δηλαδή διάσπαση του νερού στα συστατικά του.

#### *Στόχος του πειράματος*

Με αυτή τη δραστηριότητα θα ερευνήσετε ποια διαλύματα είναι αγωγοί του ηλεκτρισμού και ποια όχι, από ποια στοιχεία αποτελείται το νερό καθώς και τον τρόπο με τον οποίο μπορούμε να ανιχνεύσουμε τα στοιχεία αυτά. Τέλος, θα υπολογίσετε πόσα μόρια υδρογόνου περιέχονται σε 10 mL αερίου υδρογόνου σε κανονικές συνθήκες.

#### Βήμα 1<sup>ο</sup>

Βάλτε στο ποτήρι με τα ηλεκτρόδια απιονισμένο νερό. Ρυθμίστε το πολύμετρο ώστε να μετράει συνεχή ρεύματα έντασης μέχρι 2 Α. Συνδέστε το ποτήρι με τα ηλεκτρόδια (βολτάμετρο) σε σειρά με το αμπερόμετρο και όλη τη διάταξη με την μπαταρία των 9V.

#### Βήμα 2<sup>ο</sup>

Σημειώστε την ένδειξη του αμπερομέτρου και αδειάστε το νερό σε ένα πλαστικό ποτήρι. Προσθέστε ένα καλά γεμάτο κουταλάκι ζάχαρη, ανακατέψτε μέχρι να διαλυθεί και μεταφέρετε το ζαχαρόνερο

## Σκουπιδομαζέματα-επιστημοσκορπίσματα

πίσω στο ποτήρι με τα ηλεκτρόδια. Σημειώστε τη νέα ένδειξη του αμπερομέτρου. Επαναλάβετε την ίδια διαδικασία προσθέτοντας άλλη μία κουταλιά ζάχαρη. Σημειώστε τη νέα ένδειξη του αμπερόμετρου.

Επαναλάβετε την ίδια διαδικασία προσθέτοντας σόδα πλυσίματος σε ένα ποτήρι με απιονισμένο νερό (αντί για ζάχαρη). Σημειώστε τις ενδείξεις του αμπερομέτρου συμπληρώνοντας τον παρακάτω πίνακα. Τι συμπεράσματα βγάζετε από τις παραπάνω ενέργειες;

Διάλυμα	Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος
Καθαρό νερό	
Μία κουταλιά ζάχαρη	
Δύο κουταλιές ζάχαρη	
Μία κουταλιά σόδα πλυσίματος	
Δύο κουταλιές σόδα πλυσίματος	

Συμπεράσματα

.....  
.....

### Βήμα 3<sup>ο</sup>

Αποσυνδέστε τη μπαταρία. Στο ποτήρι με τα ηλεκτρόδια έχετε το διάλυμα με τις δύο κουταλιές σόδα πλυσίματος. Πάρτε τη μία σύριγγα και πιέστε την μέχρι κάτω οριακά ώστε να μη βγει το έμβολο από τη σύριγγα. Βυθίστε την μέσα στο διάλυμα και τραβήξτε το έμβολο μέχρι πάνω-πάνω. Θα πρέπει η σύριγγα να γεμίσει με το διάλυμα χωρίς να υπάρχουν φυσαλίδες αέρα σε αυτήν. Ανασηκώστε τη σύριγγα με προσοχή ώστε να μην βγει το κάτω άκρο της από το διάλυμα και μετακινήστε την ώστε να περάσει μέσα σε αυτήν το ένα καρφί – ηλεκτρόδιο. Πιέστε τη σύριγγα ώστε να φθάσει το έμβολο στην αρχική ένδειξη 20 mL. Επαναλάβετε την ίδια διαδικασία και με την άλλη σύριγγα.

### Βήμα 4<sup>ο</sup>

Συνδέστε τη μπαταρία των 9V και ταυτόχρονα θέστε σε λειτουργία το χρονόμετρο. Πάρτε την αρχική ένδειξη του αμπερομέτρου. Θα παρατηρήσετε στα ηλεκτρόδια να απελευθερώνονται αέρια (βλέπετε φυσαλίδες). Περιμένετε τον απαιτούμενο χρόνο ώστε στη μία σύριγγα που μαζεύεται περισσότερο αέριο να συγκεντρωθεί όγκος αερίου 10 mL. Όταν συμβεί αυτό, πάρτε την τελική ένδειξη του αμπερομέτρου μετρήστε το χρόνο που πέρασε και αποσυνδέστε τη μπαταρία. Μετρήστε τον όγκο του αερίου που έχει παραχθεί στην άλλη σύριγγα. Σε ποιο ηλεκτρόδιο παράχθηκε περισσότερο αέριο; Στο θετικό-άνοδο ή στο αρνητικό-κάθοδο;

## Σκουπιδομαζέματα-επιστημοσκορπίσματα

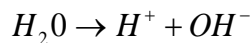
Αρχική ένδειξη του αμπερομέτρου: ...

Τελική ένδειξη του αμπερομέτρου: ...

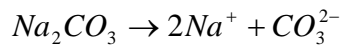
Χρόνος διάρκειας ηλεκτρόλυσης: ...

Όγκος αερίου μικρότερου όγκου: ...

Στο νερό μία πολύ μικρή ποσότητα νερού δίσταται σε ιόντα σύμφωνα με την αντίδραση:



Διαλύοντας το ανθρακικό νάτριο (σόδα πλυσίματος), όλη σχεδόν η ποσότητα δίσταται σε ιόντα σύμφωνα με την αντίδραση:



Τα ιόντα ανάλογα με το φορτίο τους όταν φθάσουν στα ηλεκτρόδια ανταλλάσσουν ηλεκτρόνια με αυτά. Δηλαδή δίνουν ή παίρνουν ηλεκτρόνια με αποτέλεσμα να μετατρέπονται τελικά σε ουδέτερα μόρια.

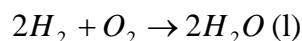
Πώς κινούνται αυτά τα ιόντα μέσα στο διάλυμα όταν εφαρμόζεται η τάση;

.....  
.....

### Βήμα 5<sup>ο</sup>

Πιστοποίηση των αερίων.

Αφαιρέστε με αργές κινήσεις τη σύριγγα με το πολύ αέριο και βάλτε τον αναπτήρα αναμμένο κάτω από τη σύριγγα. Τι συμβαίνει; Η αντίδραση καύσης του υδρογόνου είναι η:



Τι συμπεραίνετε για τους αρχικούς και τους τελικούς όγκους; Αυξάνεται ελαττώνεται ή παραμένει σταθερός ο συνολικός όγκος των αερίων της αντίδρασης; Πώς μπορείτε να ερμηνεύσετε αυτό που συμβαίνει κατά τη διάρκεια της καύσης;

.....  
.....

Αφαιρέστε με αργές κινήσεις τη σύριγγα με το λιγότερο αέριο και κρατώντας την κατακόρυφα βάλτε μία μισοαναμμένη παρασχίδα. Τι παρατηρείτε; Τι ερμηνεία μπορείτε να δώσετε σε αυτή σας την παρατήρηση;

.....  
.....



### Μερικοί θεωρητικοί υπολογισμοί

Ως γνωστό η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος δίνεται από τη σχέση:  $i = \frac{q}{t}$ . Επίσης το φορτίο ενός ηλεκτρονίου κατ' απόλυτη τιμή είναι ίσο με  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

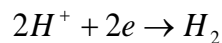
Υπολογίστε πόσο φορτίο πέρασε κατά τη διάρκεια της ηλεκτρόλυσης αν θεωρήσετε ότι το ρεύμα παρέμενε σταθερό κατά τη διάρκεια όλης της ηλεκτρόλυσης και ίσο με τη μέση τιμή της αρχικής και της τελικής τιμής του.

.....  
.....

Υπολογίστε πόσα ηλεκτρόνια μεταφέρθηκαν από την κάθοδο (δηλαδή στο αρνητικό ηλεκτρόδιο) στο διάλυμα.

.....  
.....

Αν για το σχηματισμό ενός μορίου υδρογόνου μεταφέρονται δύο ηλεκτρόνια σύμφωνα με την αντίδραση



βρείτε πόσα μόρια υδρογόνου περιέχονται στα 10 mL του αερίου υδρογόνου που παράχθηκε.



Ο Παναγιώτης Μουρούζης έχει σπουδάσει Φυσική στο Παν. Αθηνών. Απέκτησε το μεταπτυχιακό του τίτλο στη Ραδιοηλεκτρολογία από το τμήμα Φυσικής του Παν. Αθηνών. Είναι από τους πρώτους που συνετέλεσαν στην καθιέρωση του θεσμού των Ε.Κ.Φ.Ε στη χώρα μας. Συγγραφέας εργαστηριακών οδηγιών, πλήθους επιστημονικών άρθρων και προδιαγραφών εργαστηρίων του Υπουργείου Παιδείας. Εισηγητής του θεσμού των Υπεύθυνων εργαστηρίων (ΥΣΕΦΕ). Γραμματέας της ΠΑΝΕΚΦΕ και Υπεύθυνος του Ε.Κ.Φ.Ε Κέρκυρας διατηρεί τον ιστότοπο του Κέντρου <http://dide.ker.sch.gr/ekfe>

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή

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)

### 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο για την Προώθηση της Εκπαιδευτικής Καινοτομίας

Το 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο για την Προώθηση της Εκπαιδευτικής Καινοτομίας θα διεξαχθεί στη Λάρισα στις 23, 24 & 25 Οκτωβρίου 2015. Το συνέδριο διοργανώνει η **Επιστημονική Ένωση για την Προώθηση της Εκπαιδευτικής Καινοτομίας (Ε.Ε.Π.Ε.Κ.)** σε συνεργασία με την **Περιφερειακή Διεύθυνση Α/θμιας και Β/θμιας Εκπαίδευσης Θεσσαλίας**, το **Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας** (Παιδαγωγικά Τμήματα Δημοτικής εκπαίδευσης, Προσχολικής Εκπαίδευσης και Ειδικής Αγωγής) και το **Τ.Ε.Ι. Θεσσαλίας** (Σχολή Διοίκησης και Οικονομίας).

Σκοπός του είναι να προωθήσει το γόνιμο και δημιουργικό διάλογο μέσα στην εκπαιδευτική κοινότητα καθώς και να θέσει τις βάσεις ευρύτερων προβληματισμών αναφορικά με την υιοθέτηση οποιασδήποτε μορφής εκπαιδευτικής καινοτομίας που έχει σχέση, είτε με τη διδασκαλία και τη μάθηση σε όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες, είτε με κάθε άλλη πτυχή της εκπαιδευτικής διαδικασίας και της σχολικής ζωής.

Το συνέδριο απευθύνεται κυρίως σε:

- Εκπαιδευτικούς Προσχολικής Εκπαίδευσης.
- Εκπαιδευτικούς Α/θμιας Εκπαίδευσης.
- Εκπαιδευτικούς Β/θμιας Εκπαίδευσης.
- Μέλη Δ.Ε.Π. και Ε.Π. των ΑΕΙ και ΤΕΙ.
- Ερευνητές της Εκπαίδευσης.
- Εκπαιδευτές Ενηλίκων.
- Προπτυχιακούς και Μεταπτυχιακούς Φοιτητές ΑΕΙ και ΤΕΙ.

Για περισσότερες πληροφορίες: <http://synedrio.epeke.gr/index.php>

### 1ο Διεθνές Βιωματικό Συνέδριο Εφαρμοσμένης Διδακτικής

Ο Επιστημονικός Πολιτιστικός Σύλλογος εκπαιδευτικός κύκλος διοργανώνει σε συνεργασία με τη Διεύθυνση Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Περιφερειακής Ενότητας Δράμας, την Περιφερειακή Ενότητα Δράμας, το Δήμο Δράμας, το Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης και το Πανεπιστήμιο Μακεδονίας το: **1ο Διεθνές Βιωματικό Συνέδριο Εφαρμοσμένης Διδακτικής με θέμα: «Καινοτόμες Εφαρμογές στη Διδακτική Πράξη».**

Το συνέδριο θα διεξαχθεί από **27 έως 29 Νοεμβρίου 2015** στην πόλη της Δράμας.

Για την εξέλιξη των διαδικασιών του Συνεδρίου παρακολουθείτε την επίσημη ιστοσελίδα του Επιστημονικού Πολιτιστικού Συλλόγου εκπαιδευτικός κύκλος στην ηλεκτρονική διεύθυνση:

<http://www.educircle.gr/synedrio>.

**4<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Κεντρικής Μακεδονίας με θέμα: «Αξιοποίηση των Τ.Π.Ε. στη διδακτική πράξη»**

Στη Θεσσαλονίκη, στις 8 & 9 Απριλίου 2016, θα πραγματοποιηθεί το 4<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Κεντρικής Μακεδονίας με θέμα: «Αξιοποίηση των Τ.Π.Ε. στη διδακτική πράξη», το οποίο διοργανώνουν:

- Η Πανελλήνια Ένωση εκπαιδευτικών για τις Φυσικές Επιστήμες «Μιχάλης Δερτούζος»
- Η «Ελληνική Ένωση για την Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση» (e-Δίκτυο-ΤΠΕΕ, [www.e-diktyo.eu](http://www.e-diktyo.eu)),
- Η Πανελλήνια Επιστημονική Ένωση Νηπιαγωγών για την Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (Π.Ε.Ε.Ν.Α@ΤΠΕ) και
- Ο Σύλλογος Επιμορφωτών για την Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση (ΣΕΠ ΤΠΕ@Ε).

Το Συνέδριο αποτελεί συνέχεια των τριών προηγούμενων Συνεδρίων, τα οποία πραγματοποιήθηκαν με ιδιαίτερη επιτυχία στη Νάουσα και τη Βέροια το 2008, το 2010 και το 2014, υπό την Αιγίδα του Υ.ΠΟ.ΠΑΙ.Θ., με μεγάλη συμμετοχή (περισσότεροι από 600 εκπαιδευτικοί όλων των βαθμίδων) και την έκδοση έντυπων και ηλεκτρονικών Πρακτικών με όλες τις εισηγήσεις.

Το Συνέδριο απευθύνεται σε εκπαιδευτικούς όλων των βαθμίδων και ειδικοτήτων, νέους επιστήμονες, ερευνητές, φοιτητές, και σε στελέχη της εκπαίδευσης που ενδιαφέρονται για την αξιοποίηση των ΤΠΕ στην εκπαίδευση και την ανάπτυξη των σχετικών υποδομών και εφαρμογών στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα.

Κύριος σκοπός του συνεδρίου είναι να αναδείξει ιδέες και εμπειρίες σχετικές με την αξιοποίηση των Τ.Π.Ε. στη διδακτική πράξη.

Κατά τη διάρκεια του συνεδρίου θα πραγματοποιηθούν κεντρικές ομιλίες, workshops (εργαστήρια), προφορικές ανακοινώσεις, παρουσιάσεις αφίσας και στρογγυλά τραπέζια σχετικά με τη θεματολογία του συνεδρίου, που θα πλαισιώνονται από παράλληλες συνεδρίες ειδικοτήτων.

Η Οργανωτική Επιτροπή καλεί όσους και όσες ενδιαφέρονται, να υποβάλουν εργασίες

σχετικές με τη θεματολογία του Συνεδρίου. Για να παρουσιαστεί μια εργασία στο συνέδριο θα πρέπει να έχει θετική αξιολόγηση από 2 τουλάχιστον μέλη της επιτροπής κριτών.

Δικτυακός τόπος του Συνεδρίου: <http://4synthess2016.ekped.gr> (για κάθε πληροφορία και επικοινωνία) και στο facebook: <https://www.facebook.com/tpe2016>



Στο εξώφυλλο του 7ου τεύχους δημοσιεύτηκε η φωτογραφία του κ. Πολάτογλου. Τέσσερις πίδακες νερού ξεκινούν από διαφορετικά σημεία, έχουν την ίδια γωνία εκτόξευσης, φτάνουν σε διαφορετικό ύψος και καταλήγουν, λίγο πολύ, στο ίδιο σημείο. Τι μπορούμε να πούμε για τις ταχύτητες εκτόξευσης του νερού από τα τέσσερα διαφορετικά σημεία; Πώς σχετίζονται; Πώς μπορεί να αξιοποιηθεί διδακτικά η φωτογραφία;

Η ερμηνεία του φαινομένου δεν φάνηκε να δυσκολεύει τους αναγνώστες που έστειλαν τις απαντήσεις τους, καθώς οι σχέσεις που περιγράφουν την πλάγια βολή είναι γνωστές. Οι τέσσερις βολές πραγματοποιούνται με διαφορετικές αρχικές ταχύτητες που διαφοροποιούνται τόσο στην οριζόντια όσο και στην κατακόρυφη συνιστώσα τους.

Προκειμένου να εμπλέξουμε τους μαθητές σε μία ενδιαφέρουσα διερεύνηση, θα μπορούσαμε να θέσουμε κάποια από τα παρακάτω ερωτήματα που πρότεινε η εκπαιδευτικός **Κλαίρη Αχιλλέως**.

Ας θεωρήσουμε τη κάθε φλέβα νερού (στην εικόνα) ως τη τροχιά μιας σταγόνας.

Τι κίνηση κάνει κατά τη γνώμη σας η σταγόνα. Σύνθετη ή απλή;

Ποιο είναι το είδος της κίνησης ή των κινήσεων της σταγόνας;

Ας θεωρήσουμε (προς απλοποίηση των πραγμάτων) ότι οι τέσσερις φλέβες είναι οι τροχιές της κίνησης τεσσάρων σταγόνων.

Από ποια πλευρά της εικόνας (όπως την βλέπουμε) αρχίζει κατά την γνώμη σας η κίνηση των σταγόνων;

Να διερευνήσετε τη σχέση των τεσσάρων οριζόντιων συνιστωσών των ταχυτήτων εκτόξευσης, λαμβάνοντας υπόψη ότι ο λόγος των αποστάσεων μεταξύ δύο διαδοχικών σημείων εκτόξευσης παραμένει σταθερός (όπως προκύπτει από τη φωτογραφία).

Να υπολογίσετε τη σχέση των τεσσάρων κατακόρυφων συνιστωσών των ταχυτήτων εκτόξευσης, εκτιμώντας (ενδεχομένως και με τη χρήση εργαλείων ανάλυσης φωτογραφιών) τη σχέση των τεσσάρων μέγιστων υψών.

Να αποδείξετε ότι ο λόγος του μέγιστου ύψους  $h$  προς το βεληνεκές  $s$  μίας σταγόνας, οποιασδήποτε από τις τέσσερις φλέβες νερού, είναι σταθερός (ισχύει:  $\frac{h}{s} = \frac{\tan\theta}{4}$ , όπου  $\theta$  η γωνία εκτόξευσης).

Ποιο θα ήταν το πηλίκο αν το ίδιο σιντριβάνι το μεταφέραμε στη Σελήνη ή στο πλανήτη Δία;

Ευχαριστούμε όλους και όλες που έστειλαν τις απαντήσεις τους. Περιμένουμε τις απαντήσεις σας και για τη φωτογραφία του εξώφυλλου του 8ου τεύχους καθώς και προτάσεις για τη διδακτική της αξιοποίηση.

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή

