

Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση



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

Η φωτογραφία του τρέχοντος εξωφύλλου, έχει ληφθεί από την κ. Ανθούλα Μαΐδου το καλοκαίρι του 2014 στην Πολωνία. Ένα περίτεχνο έργο τέχνης, ένα άγαλμα, ισορροπεί σε ένα συρματόσχοινο χωρίς καμία «βοήθεια». Το άγαλμα είναι ένα από τα πολλά που κοσμούν τον ...ουρανό του ίδιου πάρκου, εκτεθειμένα σε κάθε είδους καιρικές συνθήκες, αέρα, βροχή, χιόνι, και όμως, παραμένει πάντα εκεί αρνούμενο να υπακούσει στο κάλεσμα της βαρύτητας. Πώς άραγε;

Στείλτε μας την απάντησή σας στην ηλεκτρονική διεύθυνση physcool@auth.gr. Οι καλύτερες απαντήσεις θα δημοσιευτούν στο επόμενο τεύχος.

Δείτε την ερμηνεία για τη φωτογραφία του 3^{ου} τεύχους στη σελίδα 103.

Editorial	4-6
Για το περιοδικό	7-8
Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό	
Τι κρύβουν τα «Μυστηριώδη Κουτιά;» Μια διδακτική παρέμβαση για την εισαγωγή στην έννοια της Επιστήμης στη Β' τάξη Δημοτικού. <i>Τ. Σπανέλλη</i>	9-20
<i>Μελέτες μικροσκοπίου στο δημοτικό σχολείο: εμπρός στο δρόμο που χάραξε ο Hooke!</i> <i>N. Τσαγλιώτης</i>	21-30
Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο	
Χρονικό διάστημα και χρονική στιγμή: σκέψεις για μια πιο παραδοσιακή διαχείριση της κινηματικής <i>N. Κανδεράκης</i>	31-38
Ο Γνώμονας, ένα απλό αστρονομικό όργανο και οι χρήσεις του στην εκπαίδευση <i>Σ. Γκοτζαμάνη, Σ. Αυγολούπης</i>	39-47
Αστικοί μύθοι και διδακτικοί θρύλοι	
Πώς λειτουργεί ο σίφωνας; <i>Π. Κουμαράς</i>	49-58
Μέσα στην τάξη	
Πειραματικός υπολογισμός της επιτάχυνσης g της βαρύτητας με χρήση του φαινομένου της επαγωγής και λογισμικού επεξεργασίας ήχου. <i>Τ. Λάζος</i>	59-66
Μέτρηση της Γης με Smartphone και mobile apps. <i>Π. Πετρίδης</i>	67-78
Σκουπιδομαζέματα-επιστημοσκοπίσματα	
Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση ενός ηλεκτρικού στοιχείου: ενδυναμώνοντας το διερευνητικό χαρακτήρα της Φυσικής της Α' Γυμνασίου. <i>N. Φανουράκης, Ε. Φανουράκη</i>	89-96
Το αβγό μέσα από τα μάτια της Χημείας. <i>Π. Στεφανίδου</i>	
Με αφορμή ένα άρθρο	97-98
Πρόκειται να συμβούν	99-101
Γράψατε για το εξώφυλλο	103

Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση – ISSN 2241-7680

Εκδοτική ομάδα

Κουμαράς Παναγιώτης, καθηγητής Π.Τ.Δ.Ε. του Α.Π.Θ.
Μουρούζης Παναγιώτης Υπ. Ε.Κ.Φ.Ε. Κέρκυρας, Πρόεδρος ΠΑΝΕΚΦΕ
Πιερράτος Θεόδωρος, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Εύσμου
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. Εύσμου
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 Γαρυφαλιά, 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. Εύσμου
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 Σεργίων
Πριμεράκης Γιώργος, Δάσκαλος Π/βάθμιας Εκπ/σης
Ρούμελης Νικόλαος, Δρ. Χημείας, Σχ. Σύμβουλος ΠΕ04 Κυκλάδων
Σκουμιάς 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 2014

Σας καλωσορίζουμε στο τέταρτο τεύχος μας και σας ευχόμαστε καλή σχολική/ακαδημαϊκή χρονιά σε όλους και όλες. Με τη βοήθεια πολλών έχουμε ένα καινούργιο τεύχος στο οποίο θεωρούμε μάλιστα ότι κάναμε ένα ακόμη βήμα στην πορεία προς το επιθυμητό καθώς έχουμε: α) περισσότερες εργασίες για το Δημοτικό β) περισσότερες συναδέλφισσες να γράφουν και γ) περισσότερες εργασίες πέρα της Φυσικής. Φυσικά, πολλά απομένουν ακόμη να γίνουν.

Ο Αριστοτέλης, 24 περίπου αιώνες πριν, είχε την άποψη ότι η Γη είναι σφαιρική. Στην άποψη αυτή είχε οδηγηθεί από τρεις παρατηρήσεις:

- όταν έρχεται ένα πλοίο βλέπουμε από μακριά πρώτα τα ιστία και μετά το σκάφος, όταν το πλοίο απομακρύνεται χάνεται πρώτα το σκάφος και μετά τα ιστία.
- το σχήμα της σκιάς της Γης πάνω στη Σελήνη κατά τη διάρκεια μιας σεληνιακής έκλειψης τελειώνει σε τόξο και
- η πληροφορία ότι νοτιότερα της Ρόδου φαίνονται στον έναστρο ουρανό αστέρια που δεν φαίνονται στη βόρεια Ελλάδα.

Ας κρατήσουμε το γεγονός ότι τρεις παρατηρήσεις, που πολλοί μπορεί να τις είχαν κάνει, οδήγησαν σε αρκετά μακρινό συμπέρασμα (σε τελευταία ανάλυση αυτό είναι Φυσική!)

Είναι εντυπωσιακό ότι οι αρχαίοι Έλληνες όχι μόνο γνώριζαν ότι η Γη είναι σφαιρική αλλά μάλιστα ο Ερατοσθένης, γύρω στο 250 π.Χ., (23 αιώνες από σήμερα) είχε υπολογίσει και την ακτίνα της, πιθανά με ακρίβεια της τάξης του 1%. Μοναδικό όργανο: ένα μπαστούνι (θα μπορούσε να είναι ένα μπαστούνι!). Πειραματική διαδικασία: το μπαστούνι στερεώνεται κατακόρυφα σε ένα οριζόντιο επίπεδο στην Αλεξάνδρεια, ας πούμε, ποιητική αδεία, στην «ταράτσα» του Φάρου, και κάποιος μετράει το μήκος του μικρότερο ίσκιου που ρίχνει το μπαστούνι, Την ίδια στιγμή μια ομάδα που έχει διανύσει, και μετρήσει με τη βοήθεια «βαδιστή», την απόσταση Αλεξάνδρειας – Συήνης παρατηρεί τον Ήλιο να καθρεφτίζεται στο νερό ενός πηγαδιού. Η ιστορία, για όσους ενδιαφέρονται, παρουσιάζεται όμορφα στο βιβλίο «*Τα αστέρια της Βερενίκης*» του Ντενί Γκετζ, Εκδόσεις Ψυχογιός. Ας κρατήσουμε το γεγονός ότι με ένα καθημερινό υλικό, ένα μπαστούνι, μετρήθηκε η ακτίνα της Γης (μεγάλες ανακαλύψεις μπορούν να γίνουν και με καθημερινά μέσα, σε τελευταία ανάλυση και ο Γαλιλαίος “παίζοντας” με μπίλιες και κεκλιμένα επίπεδα υποστήριξε ότι η Γη κινείται κυκλικά γύρω από τον Ήλιο).

Το μπαστούνι, γνωστού μήκους, στηριγμένο κατακόρυφα σε ένα οριζόντιο επίπεδο είναι το πιο απλό αστρονομικό όργανο και το πρώτο που χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο για τον προσδιορισμό αστρονομικών μεγεθών, το όνομα αυτού: Γνώμονας. Στην εργασία αυτού του τεύχους «*Ο Γνώμονας, ένα απλό*

αστρονομικό όργανο και οι χρήσεις του στην εκπαίδευση» δίνονται ιδέες για ενδιαφέρουσες δραστηριότητες ακόμη και στο Δημοτικό.

Τρεις αιώνες πριν, από το 1792 μέχρι το 1799, οι αστρονόμοι Πιερ Μεσέν και Ζαν-Μπατίστ Ντελάμπρ διέσχισαν τη Γαλλία από τη μια άκρη ως την άλλη. Στόχος τους να ορίσουν τη μονάδα μέτρησης του μήκους στηριζόμενοι σε κάτι παγκόσμιο. Σε κάτι που να ίσχυε παντού και θα συμβόλιζε την ισότητα όλων των χωρών του πλανήτη, χαρακτηριστικό του πλανήτη, ίδιο σε κάθε τόπο: το μήκος ενός μεσημβρινού. Αποφάσισαν να ορίσουν το μέτρο, το «δημοκρατικό μέτρο», ως κλάσμα αυτού του μήκους. Δυο ακόμα βιβλία του Ντενί Γκετζ παρουσιάζουν όμορφα και αυτήν την ιστορία: «επιχείρηση Μεσημβρία» και «το μέτρο του Κόσμου», από τις Εκδόσεις Τραυλός. Στην εργασία «Μέτρηση της Γης με smartphone και mobile apps» προτείνεται ένας τρόπος να κάνουμε με τους μαθητές ό,τι έκαναν ο Ερατοσθένης και οι Μεσέν-Ντελάμπρ χωρίς να χρειαστεί να κινηθούμε έξω από την τάξη, με ένα σημερινό «υλικό» καθημερινής χρήσης: ένα κινητό τηλέφωνο.

Η χρήση υλικών από την καθημερινή ζωή παραμένει και σε άλλες εργασίες του παρόντος τεύχους. Στην εργασία «Μελέτες μικροσκοπίου στο δημοτικό σχολείο: εμπρός στο δρόμο που χάραξε ο Hooke» τα παιδιά της Στ' Δημοτικού φτιάχνουν με φθηνά, καθημερινά υλικά μικροσκόπιο, παρατηρούν, καταγράφουν, παρουσιάζουν και συζητούν τις παρατηρήσεις τους.

Στην εργασία «Τι κρύβουν τα “Μυστηριώδη Κουτιά;” Μια διδακτική παρέμβαση για την εισαγωγή στην έννοια της Επιστήμης στη Β' δημοτικού» περιγράφεται μια διδακτική παρέμβαση, χρησιμοποιώντας υλικά καθημερινής χρήσης, που στοχεύει στην καλλιέργεια ικανοτήτων.

Στην εργασία «Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση ενός ηλεκτρικού στοιχείου: ενδυναμώνοντας το διερευνητικό χαρακτήρα της Φυσικής της Α' Γυμνασίου» έχουμε μια πρόταση για κατασκευή μπαταρίας με καθημερινά υλικά και διερεύνηση των παραγόντων από τους οποίους εξαρτάται το ρεύμα που μπορεί να δημιουργήσει μια μπαταρία στο κύκλωμα.

Στην εργασία «Το αυγό μέσα από τα μάτια της Χημείας» έχουμε προτάσεις για ένα σύνολο πειραμάτων και ερμηνειών καταστάσεων που παρατηρούνται με (σε) ένα αυγό (ωμό, μελάτο, σφιχτά βρασμένο!)

Στην εργασία «Πειραματικός υπολογισμός της επιτάχυνσης g της βαρύτητας με χρήση του φαινομένου της επαγωγής και λογισμικού επεξεργασίας ήχου» έχουμε τη χρήση του υπολογιστή ως μετρητικού εργαλείου, και όχι μόνο ως μέσου προσομοίωσης (ας δούμε και τον υπολογιστή όπως και το κινητό τηλέφωνο ως «Δούρειο ίππο» για να προκαλέσουμε το ενδιαφέρον για τη Φυσική).

Τέλος στην εργασία «Χρονικό διάστημα και χρονική στιγμή: σκέψεις για μια πιο παραδοσιακή διαχείριση της κινηματικής» έχουμε μια ενδιαφέρουσα πρόταση: να εγκαταλείψουμε τη χρονική στιγμή και να μιλάμε για χρονική διάρκεια λύνοντας έτσι

αρκετά προβλήματα κατανόησης στη
διδασκαλία της Μηχανικής.

Καλή ανάγνωση!
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 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 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.

Τι κρύβουν τα «Μυστηριώδη Κουτιά;» Μια διδακτική παρέμβαση για την εισαγωγή στην έννοια της Επιστήμης στη Β' τάξη Δημοτικού

Τατιάνα Σπανέλλη

Εισαγωγή

Τι μπορεί να κρύβουν 6 μικρά, μεταλλικά και καλά σφραγισμένα κουτιά; Πόσες υποθέσεις μπορούμε να διατυπώσουμε για το περιεχόμενό τους; Ποιες είναι οι ενδείξεις που έχουμε για τη διατύπωση των υποθέσεων μας; Ποια υπόθεση θα επικρατήσει ως η καλύτερη ιδέα και με ποιο τρόπο θα συμφωνήσουμε όλοι σε αυτή; Υπάρχει, τελικά, σωστή απάντηση;



Εικόνα 1. Τα «μυστηριώδη κουτιά», από το Science Museum learning, στη σχολική τάξη.
(Φωτογραφία Τ. Σπανέλλη).

Με βασικές παραδοχές την αβεβαιότητα της επιστημονικής γνώσης, αλλά και τις προϋπάρχουσες ιδέες των παιδιών για την επιστήμη, διαμορφώθηκαν ερωτήματα γύρω από τα οποία πραγματοποιήθηκε μια διδακτική παρέμβαση στη Β' τάξη του 72^{ου} Δημοτικού Σχολείου Αθηνών (στο

οποίο εφαρμόζονται πιλοτικά τα Νέα Προγράμματα Σπουδών). Η χρονική διάρκεια της ήταν ένα διδακτικό δίωρο και έγινε στα πλαίσια της Μελέτης Περιβάλλοντος.

Για τη διδακτική παρέμβαση αξιοποιήθηκε το εκπαιδευτικό πακέτο «*mystery boxes*» του *Science Museum learning* που αποτελείται από ένα σετ των 6 μεταλλικών κουτιών, καθένα από τα οποία περιέχει κάποιο/α αντικείμενο/α άγνωστο στους μαθητές αλλά και στον εκπαιδευτικό καθώς και ένα προτεινόμενο εκπαιδευτικό σενάριο (Εικόνα 1). Τα κουτιά είναι σφραγισμένα και το περιεχόμενό τους παραμένει «μυστηριώδες» μέχρι τέλους, όσες φορές κι αν επαναληφθεί η δραστηριότητα διερεύνησης του περιεχομένου τους. Στο πακέτο περιλαμβάνεται ένα φύλλο εργασίας για την καταγραφή υποθέσεων σχετικά με το περιεχόμενο των κουτιών καθώς και αναλυτικές οδηγίες. Στη συγκεκριμένη εφαρμογή, το υλικό επεκτάθηκε με επιμέρους δραστηριότητες που παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Η διδακτική παρέμβαση αφορούσε μια πρώτη διαισθητική ενασχόληση των παιδιών με τη φύση της Επιστήμης, την ανάπτυξη διαλόγου και επιχειρηματολογίας βάση της οποίας οι επιστήμονες προχωρούν στη διατύπωση συμπερασμάτων/ερμηνειών και υπαινίσσεται -με άρρητο τρόπο- πως η επιστημονική γνώση δεν είναι αμετακίνητη, ούτε «φυσική», αλλά ανατρέπεται, τροποποιείται, εξελίσσεται (Dewey, 1909/2013).

Η βασική ιδέα ήταν να αντιληφθούν τα παιδιά πως δεν ήταν δυνατό να υπάρξει *μια* σωστή απάντηση καθώς κανείς δεν μπορούσε να δει το περιεχόμενο των κουτιών. Μπορούσαν μόνο να τα «κουνήσουν», να τα «συγκρίνουν», να τα «ακούσουν» και επαναλαμβάνοντας ξανά, ανά ομάδα, τη διερευνητική διαδικασία, να καταλήξουν μέσα από επιχειρήματα και συλλογισμό σε -όσο το δυνατό- πιο κοντινές, διαισθητικές ερμηνείες/υποθέσεις σχετικά με το περιεχόμενο των κουτιών. Αυτές τις ερμηνείες θα έθεται στη συνέχεια στην «κρίση» της ολομέλειας.

Για τα παιδιά που συμμετείχαν, τα «σφραγισμένα κουτιά με το μυστηριώδες περιεχόμενο» που έπρεπε να διερευνηθεί, ήταν η αφορμή να σκεφτούν και να εμπλακούν σε μια διαδικασία με νόημα και σκοπιμότητα που διέγειρε την περιέργειά τους. Η εμπλοκή τους στις δραστηριότητες διερεύνησης του «μυστηρίου» ήταν ένας τρόπος ανάπτυξης δεξιοτήτων που στη συγκεκριμένη περίπτωση αφορούσαν την **παρατήρηση, ταξινόμηση, σύγκριση, διατύπωση ερωτημάτων**. Σύμφωνα με τη Χαλκιά (2010, σσ. 123-124) τέτοιου είδους επιστημονικές δεξιότητες αποτελούν βασικές συνιστώσες του επιστημονικού γραμματισμού, η καλλιέργεια των οποίων είναι ιδιαίτερα σημαντική όχι μόνο για την κατανόηση του Φυσικού κόσμου αλλά και για την καθημερινή ζωή. Η καλλιέργεια αυτών των δεξιοτήτων περιγράφεται και στο ΔΕΠΠΣ στα γνωστικά αντικείμενα της Μελέτης Περιβάλλοντος και των Μαθηματικών (ΔΕΠΠΣ, 2003).

Η διδακτική παρέμβαση εντάσσεται ευρύτερα στη μάθηση μέσω μικρών ερευνών. (Χαλκιά, 2010, σσ. 121-155). Ξεδιπλώνεται γύρω από ένα κεντρικό και πολύ απλό ερώτημα: τι υπάρχει μέσα στο κάθε κουτί; Τα παιδιά παρατηρούν, σκέφτονται, εκφράζονται, αποφασίζουν, οδηγούνται στην ελεύθερη ανακάλυψη με τρόπο παιγνιώδη, δημιουργικό μέσα από ομαδοσυνεργατικές

δραστηριότητες. Ένα τέτοιο μαθησιακό περιβάλλον ευνοεί την ανάπτυξη διαλόγου, την ανταλλαγή επιχειρημάτων, ισχυρισμών και επεξηγήσεων, στοιχεία τα οποία και σε μεγαλύτερη ηλικία είναι ιδιαίτερα σημαντικά στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Αβρααμίδου, 2012, σ. 14).

Τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα αφορούσαν τις αρχές:

- Η επιστημονική σκέψη χαρακτηρίζεται από αβεβαιότητες
- Οι επιστήμονες υποθέτουν και πειραματίζονται
- Η ανάπτυξη επιχειρηματολογίας είναι βασικό στοιχείο της επιστήμης

Ως προς τους διδακτικούς/μαθησιακούς στόχους και δεξιότητες, τα παιδιά αναμένονταν:

- Να διακρίνουν τις έννοιες *στοιχείο-συμπέρασμα*
- Να ασκηθούν στην ακριβή χρήση επιθέτων/λεξιλογίου (π.χ. πλαστικό, υλικό)
- Να περιγράφουν ενδείξεις
- Να καταγράφουν δεδομένα
- Να παράγουν κειμενικά είδη
- Να καλλιεργήσουν δεξιότητες διερεύνησης
- Να συνεργαστούν
- Να επιχειρηματολογήσουν
- Να αναστοχάζονται τη διερευνητική/εκπαιδευτική διαδικασία.

Στη διδακτική μεθοδολογία αξιοποιήθηκαν στοιχεία της συνεργατικής διερεύνησης, της μάθησης με πείραμα, της επίλυσης προβλήματος.

Η διδακτική παρέμβαση πραγματοποιήθηκε το μήνα Μάιο. Κατά τη διάρκεια της χρονιάς, η τάξη είχε δουλέψει σε ικανοποιητικό βαθμό τη χρήση των επιθέτων, δομικό στοιχείο αφηγηματικών και περιγραφικών κειμένων. Στα Μαθηματικά, είχαν ασχοληθεί με μετρήσεις και τις έννοιες βάρος, μήκος, ύψος.

Σύντομη Περιγραφή

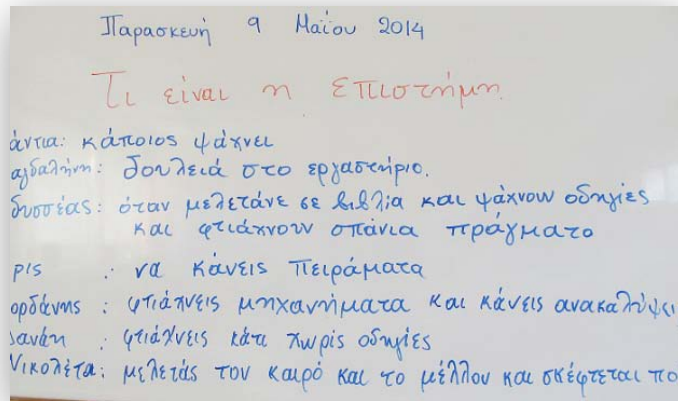
Αρχικά για να διερευνηθούν οι προγενέστερες αντιλήψεις τέθηκε στην τάξη η ερώτηση: «Έχετε ακούσει τη λέξη *επιστήμη*; Τι νομίζετε ότι είναι η *επιστήμη*;»

Από τις απαντήσεις που δόθηκαν, αντλούμε πληροφορίες πολύ σημαντικές. Αναδύεται μια πολύ συγκεκριμένη ιδέα για την *Επιστήμη*, που εκφράζεται περιγραφικά «*δουλειά στο εργαστήριο ή κάνεις πειράματα*». Έχει ενδιαφέρον η χρήση των ρημάτων (*ψάχνεις, μελετάς σκέφτεσαι, φτιάχνεις, κάνεις*) αλλά και των ουσιαστικών (*εργαστήριο, πειράματα, ανακαλύψεις, βιβλία, οδηγίες, μέλλον, μηχανήματα*). Οι λέξεις αυτές ανακλούν τις διαισθητικές αντιλήψεις των παιδιών αυτής της ηλικίας, έτσι όπως διαμορφώνονται μέσα από την πολυδιάστατη και πολυτροπική κοινωνική πραγματικότητα (οικογένεια, σχολείο, τηλεόραση, υπολογιστής, διαδίκτυο κ.λπ.) (Driver *et al.*, 1996, σσ. 45-46).

Από το λεξιλόγιο που χρησιμοποιούν, παρατηρούμε ότι κατασκευάζουν εικόνες και ορίζουν την *Επιστήμη* ως την περιγραφή μιας δράσης, ως μια αφήγηση με υποκείμενα/πρωταγωνιστές.

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό

«Φτιάχνεις μηχανήματα και κάνεις ανακαλύψεις» ή «Όταν μελετάνε σε βιβλία και φτιάχνουν σπάνια πράγματα». Επίσης, η Επιστήμη στην αντίληψη ενός παιδιού συνδέεται, πέρα από τις «ανακαλύψεις», με τον Φυσικό κόσμο (ο καιρός) και με κάτι το άγνωστο και αβέβαιο (το μέλλον), το οποίο για να κατανοηθεί χρειάζεται διερεύνηση και σκέψη. «Μελετάς τον καιρό και το μέλλον και σκέφτεσαι πολύ.» (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Οι αρχικές αντιλήψεις των παιδιών, όπως καταγράφηκαν στον πίνακα της τάξης.
(Φωτογραφία Τ. Σπανέλλη).

Α' στάδιο

Τα παιδιά χωρίστηκαν σε 5 ομάδες, (3 των τριών μελών και 2 των τεσσάρων) και τους δόθηκαν οδηγίες για τη διαδικασία. Είχαν συγκεκριμένο χρόνο να σκεφτούν, να συζητήσουν και να καταγράψουν τις προτάσεις τους για το περιεχόμενο των κουτιών στο Φύλλο Εργασίας. Έπρεπε επίσης να συμφωνήσουν για την καλύτερη ιδέα και να την καταγράψουν πάνω στο χρωματιστό χαρτάκι που είχαν μπροστά τους (τα χρωματιστά χαρτάκια ήταν πέντε, ένα χρώμα ανά ομάδα). Η διαδικασία θα επαναλαμβανόταν και για τα 6 κουτιά. Τα κουτιά θα άλλαζαν ομάδα από τα αριστερά προς τα δεξιά ανά 5 λεπτά.

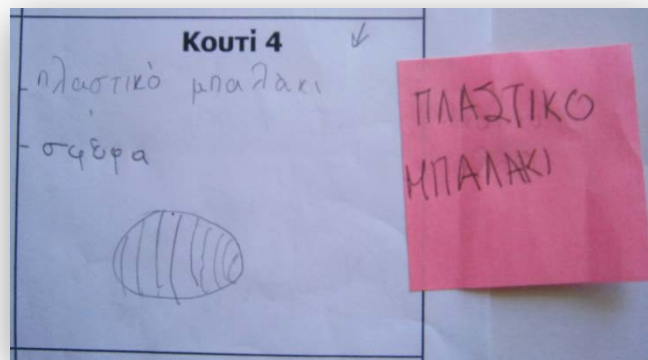
Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, οι ομάδες καλούνταν να απαντήσουν σε ανοιχτά ερωτήματα που στόχευαν να κινήσουν το ενδιαφέρον των παιδιών και ταυτόχρονα οδηγούσαν σε συγκεκριμένες παρατηρήσεις. «Σκεφτείτε από τι υλικό μπορεί να είναι φτιαγμένο το περιεχόμενο. Τι είδους θόρυβο κάνει; Πιάνει αρκετό χώρο; Τι σχήμα μπορεί να έχει;» Η όλη διαδικασία ήταν ιδιαίτερα διασκεδαστική. Μιλούσαν, κουνούσαν τα κουτιά, προσπαθούσαν να μαντέψουν το περιεχόμενο από τον ήχο, τα μύριζαν και φυσικά προσπαθούσαν να τα ανοίξουν. Κάποιοι προσπαθούσαν να συγκρίνουν μεγέθη προκειμένου να καταλήξουν στο συμπέρασμα βαρύ-ελαφρύ, χρησιμοποιώντας ως μονάδες μέτρησης διάφορα αντικείμενα που έβρισκαν μπροστά τους (Εικόνα 3). Αξιοσημείωτη ήταν η επιχειρηματολογία ενός αγοριού που προσπαθούσε να πείσει την υπόλοιπη ομάδα πως μέσα στο κουτί δεν υπήρχε μια γόμα. Για να το αποδείξει κυλούσε τη δική του γόμα στο θρανίο και τους

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό

καλούσε να «ακούσουν το θόρυβο, ο οποίος ήταν διαφορετικός από τον ήχο του κουτιού.» Μία ομάδα απεικόνισε με σχήμα μια ιδέα που είχε για το περιεχόμενο του κουτιού (Εικόνα 4).



Εικόνα 3. Συγκρίνοντας το κουτί από το ένα χέρι με μολύβια στο άλλο.
(Φωτογραφία Τ. Σπανέλλη).



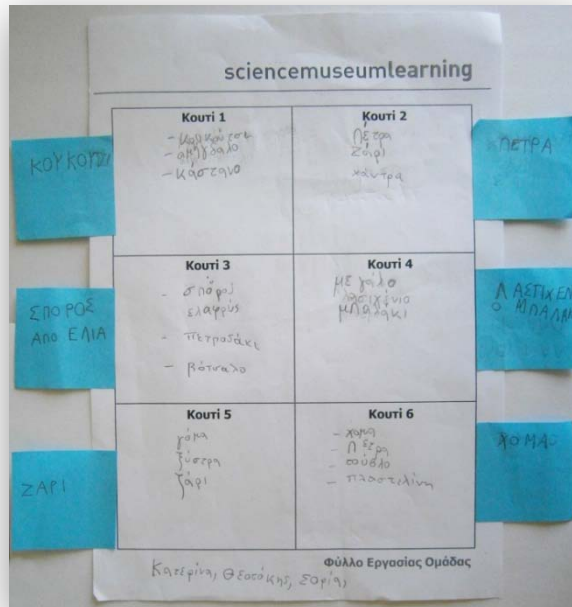
Εικόνα 4. Ένα παράδειγμα σχηματικής παράστασης για το περιεχόμενο του κουτιού 4.
(Φωτογραφία Τ. Σπανέλλη).

Στις τελικές τους ιδέες και αναφορικά με τους προαναφερόμενους στόχους είναι εντυπωσιακή η προσπάθεια τους να περιγράψουν με ακρίβεια το περιεχόμενο χρησιμοποιώντας και δύο επίθετα (π.χ. μεγάλη, βαριά πλαστελίνη ή μεγάλο λαστιχένιο μπαλάκι ή ελαφρύ ξύλινο ξυλάκι) (Εικόνα 5).

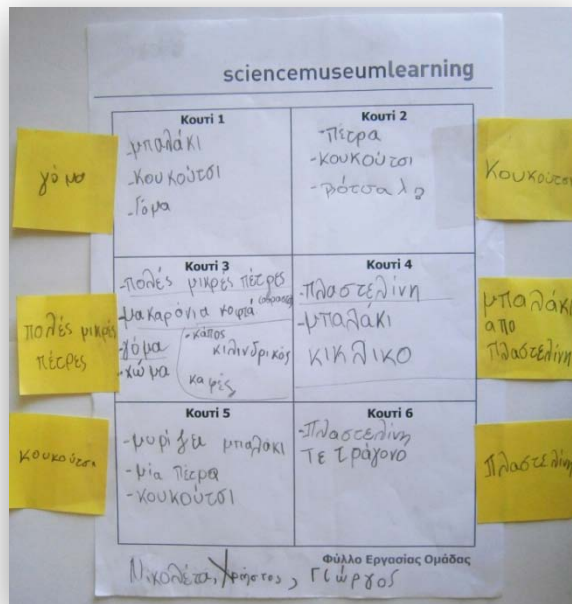
Πολλά από τα ουσιαστικά που κατέγραψαν σχετίζονταν με καθημερινά αντικείμενα που βρίσκονται στο θρανίο τους, γόμα, ξύστρα, πλαστελίνη και άρα πολύ εύκολα προχωρούσαν σε ταυτίσεις. Τα επίθετα που χρησιμοποίησαν ήταν στην πλειοψηφία τους συχνόχρηστα, προσδίδοντας στα ουσιαστικά ιδιότητες που αφορούσαν μέγεθος, σχήμα, υλικό (μεγάλο, μικρό, πλαστικό, μεταλλικό, γυάλινο, ελαφρύ, βαρύ, κοντό) ή αίσθηση (π.χ. απαλό.). Σε κάποιες περιπτώσεις, υπήρχε ένας πλεονασμός (π.χ. μπαλάκι κυκλικό, ξύλινο ξυλάκι) ή χρήση ενός επιθέτου σε ασυμφωνία με το

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό

ουσιαστικό (πλαστελίνη τετράγωνο) σε μια προσπάθεια να αποδοθεί λεκτικά η αίσθηση της έλλειψης χώρου, της απουσίας κίνησης και της ευπλαστότητας ενός υλικού (πλαστελίνη) που παίρνει το σχήμα του κουτιού που το περιέχει (τετράγωνο) (Εικόνα 6).



Εικόνα 5. Δείγμα από ολοκληρωμένο Φύλλο Εργασίας της μπλε ομάδας. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι καταγραφές στο κουτί 3, σε συνάρτηση με την τελική εκδοχή του περιεχομένου του κουτιού «σπόρος από ελιά», που καταδεικνύει την προσπάθεια για λεπτομερειακή περιγραφή. (Φωτογραφία Τ. Σπανέλλη).



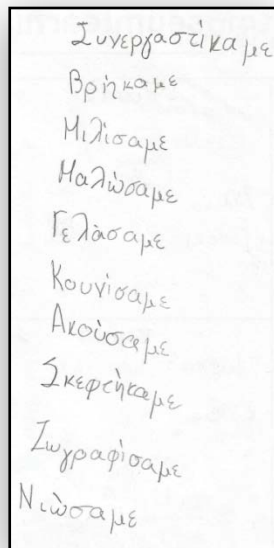
Εικόνα 6. Δείγμα από ολοκληρωμένο Φύλλο Εργασίας της κίτρινης ομάδας. Ενδεικτικά, προσέξτε την καταγραφή στο κουτί 5 «μυρίζει μπαλάκι». (Φωτογραφία Τ. Σπανέλλη).

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό

Τέλος αξίζει να αναφερθεί μία περίπτωση περιγραφής ενδείξεων με εντυπωσιακά λεπτομερή τρόπο: «μακαρόνια κοφτά (άβραστα)» και μια δεύτερη και τρίτη εκδοχή για το ίδιο περιεχόμενο «πολλές μικρές πέτρες» και «κάπως κυλινδρικός καφές» (Εικόνα 6).

Β' στάδιο

Στη συνέχεια οι ομάδες έπρεπε να αναποδογυρίσουν το Φύλλο Εργασίας τους και αφού συζητήσουν, να καταγράψουν σε λίστα τι ακριβώς έκαναν στο προηγούμενο στάδιο. Κεντρικός στόχος ήταν να αναστοχαστούν τη διερευνητική διαδικασία και την εμπειρία τους. Ακολούθησαν ανοιχτού τύπου ερωτήσεις σχετικά με το αν δούλεψαν όλοι με τον ίδιο τρόπο, πώς αποφάσιζαν ποια ήταν η καλύτερη ιδέα, πώς υποστήριζαν τη γνώμη τους, πώς ήξεραν από ποιο υλικό ήταν φτιαγμένο κάτι κ.λπ. προκειμένου να διευκολυνθούν στην καταγραφή (Εικόνα 7).



Εικόνα 7. Δείγμα από τη λίστα της ροζ ομάδας. (Φωτογραφία Τ. Σπανέλλη).

Η λίστα είναι ένα από τα κειμενικά είδη που διδάσκεται συστηματικά στις πρώτες τάξεις του Δημοτικού και με το οποίο τα παιδιά είναι ήδη εξοικειωμένα από το Νηπιαγωγείο. Η βασική οδηγία ήταν να προσπαθήσουν να χρησιμοποιήσουν ρήματα. Η καταγραφή των ρημάτων σε λίστα, αποτέλεσε και το βασικό κειμενικό είδος που παρήγαγαν οι μαθητές στη συγκεκριμένη διδακτική παρέμβαση. Αποτυπώνει και αξιολογεί τη συντελεσμένη δράση, «μιλάει» για τα γεγονότα του πειραματισμού και της διερευνητικής διαδικασίας, αποτελεί έκφραση αναστοχασμού της βιωμένης εμπειρίας. Η χρήση των ρημάτων, καθώς προσδιορίζει γεγονότα (Halliday, 1995) στο συγκεκριμένο πλαίσιο αξιοποιείται και ως ένα «ημερολόγιο δράσης». Από την παρατήρηση των καταγραφών διακρίνουμε κατηγορίες ρημάτων που αφορούν **αισθήσεις** (μυρίσαμε, ακούσαμε, κουνάγαμε,

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό

ζυγίζαμε), **δεξιότητες** (συνεργαστήκαμε, συζητήσαμε, σκεφτήκαμε, μιλούσαμε, ζωγραφίζαμε) αλλά και **συναίσθημα** (μαλώσαμε, γελάσαμε, νιώσαμε). Κάθε ομάδα διάβασε τα δικά της ρήματα και ταυτόχρονα οι υπόλοιπες σημείωναν στο δικό τους χαρτί τις κοινές λέξεις που έβρισκαν. (Δραστηριότητα επέκτασης).

Γ' στάδιο

Στο επόμενο στάδιο ακολούθησε η παρουσίαση των ιδεών και των διαισθητικών ερμηνειών. Στον πίνακα ήταν σχεδιασμένο ένα παρόμοιο Φύλλο Εργασίας πάνω στο οποίο κάθε ομάδα ανάρτησε την τελική της ιδέα για το περιεχόμενο κάθε κουτιού (Εικόνα 9). Έπρεπε να αναπτύξουν την επιχειρηματολογία τους, να παρουσιάσουν στην ολομέλεια τις ιδέες τους βάση των παρατηρήσεών τους, να ακούσουν τις άλλες απόψεις και να συγκρίνουν τις καλύτερες προτάσεις των υπολοίπων ομάδων με τη δική τους. Κάθε ομάδα είχε ορίσει έναν/μία εκπρόσωπο για την παρουσίαση που τοποθετούσε το χρωματιστό χαρτάκι στην αντίστοιχη θέση (Εικόνα 8).



Εικόνα 8. Εκπρόσωπος ομάδας επιχειρηματολογεί στην ολομέλεια. (Φωτογραφία Τ. Σπανέλλη).

Έγινε διεξοδική συζήτηση αναφορικά με τα κουτιά εκείνα όπου οι ιδέες των ομάδων ήταν αρκετά συναφείς. Τα παιδιά σχολίασαν τις ομοιότητες και ήταν πολύ ευχαριστημένα γιατί θεωρούσαν ότι βρήκαν κάποια «σωστή απάντηση» ζητώντας επιβεβαίωση από την εκπαιδευτικό. Ωστόσο, το μάλλον γενικό σχόλιο της εκπαιδευτικού, πως έχουν βάσιμους λόγους και πολλές πιθανότητες να πιστεύουν ότι ίσως βρήκαν τη «σωστή απάντηση», δε φάνηκε να γίνεται κατανοητό από όλους (Εικόνα 10).

Ακολούθως συζητήθηκαν και ιδέες τελείως άσχετες μεταξύ τους. Σε αυτή την περίπτωση καμιά ομάδα δεν ανέπτυξε επαρκή επιχειρηματολογία και παρουσίασαν μια τάση οικειοποίησης απόψεων μάλλον βάση προσώπων και όχι βάση επιχειρημάτων (Harfen, & Quarter, 2004, σ. 70). Έτσι, ένα κουτί έκανε ένα «δεύτερο γύρο» παρατήρησης/πειραματισμού με την αξιοποίηση όλων των νέων στοιχείων που είχαν διατυπωθεί προκειμένου να καταλήξουν σε ένα πιο στέρεο συμπέρασμα, όπως και έγινε. Στη

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό

συνέχεια, κληθήκαν να προβληματιστούν πάνω στα εξής ερωτήματα. «Αν δίναμε τα Μυστηριώδη Κουτιά σε μια άλλη τάξη του σχολείου μας θα βρίσκανε τις ίδιες απαντήσεις με εσάς;» «Αν όχι, πώς θα αποφασίζατε για την καλύτερη ιδέα;»



Εικόνα 9. Ο πίνακας της τάξης με τις τελικές ιδέες της κάθε ομάδας για το περιεχόμενο των κουτιών, κολλημένες με έγχρωμα χαρτάκια στα αντίστοιχα πλαίσια. (Φωτογραφία Τ. Σπανέλλη).



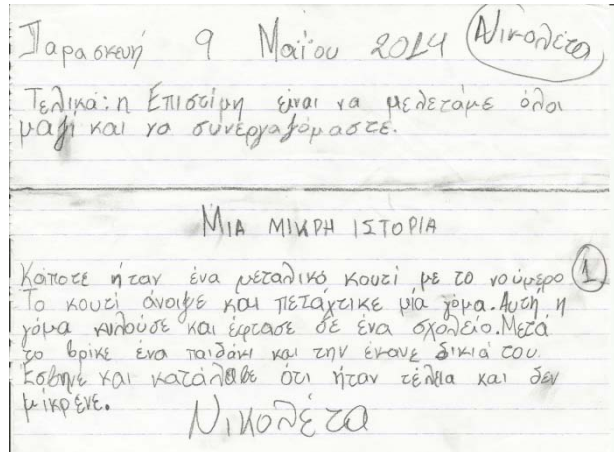
Εικόνα 10. Οι τελικές ιδέες για το περιεχόμενο του κουτιού 3 που εμφανίζουν ομοιότητες χαρακτηριστικών και μια σχετική σύγκλιση απόψεων. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η περιγραφή «πετραδάκι λευκό».

(Φωτογραφία Τ. Σπανέλλη).

Η ανοιχτή συζήτηση διήρκεσε αρκετά και δόθηκε χρόνος για διάλογο μεταξύ των ομάδων με όσο το δυνατό λιγότερη καθοδήγηση και ερωτήσεις από την πλευρά της εκπαιδευτικού (Lemke, 1990, σ. 168). Ήταν σημαντικό να κατανοήσουν ότι όπως παρουσίασαν τις ιδέες τους και τον τρόπο που κατέληξαν στις πιο ενδιαφέρουσες, έτσι και οι επιστήμονες γράφουν σε επιστημονικά περιοδικά, μιλούν σε συνέδρια και ανταλλάσσουν συνεχώς ιδέες και απόψεις με άλλους επιστήμονες.

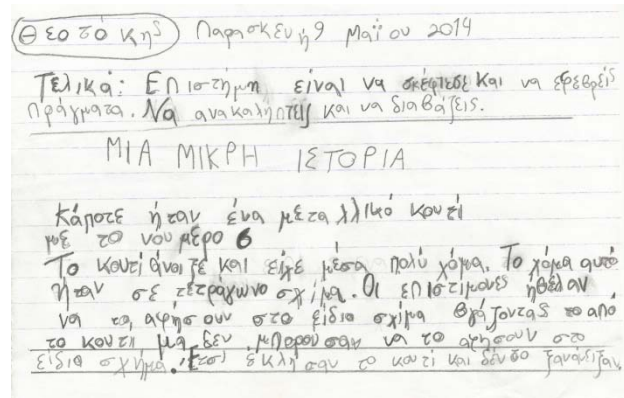
Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό

Ως δραστηριότητα επέκτασης και αξιολόγησης, ζητήθηκε από τα παιδιά να προχωρήσουν γραπτώς, ατομικά, στην επαναδιατύπωση της απάντησης του αρχικού ερωτήματος «Τελικά επιστήμη είναι ...». Από τα γραπτά τους προκύπτει ότι κάποια έμειναν στην αρχική τους θέση, αλλά για αρκετά υπήρξε μια μετατόπιση των αρχικών τους αντιλήψεων καθώς ανέδειξαν έννοιες όπως «συνεργατικότητα» και «διάλογος» ως δομικά στοιχεία της Επιστήμης. Φαίνεται ότι σε κάποιο βαθμό, οι δεξιότητες διερεύνησης βοήθησαν κάποια παιδιά να διευρύνουν τις γνώσεις τους για το θέμα (Εικόνα 11).



Εικόνα 11. Πάνω από τη μικρή ιστορία της Νικολέτας καταγράφεται μια αναστοχαστική ιδέα για την επιστήμη, στο τέλος της διαδικασίας (Νικολέτα, Β' Δημοτικού).

Η τελική δραστηριότητα ήταν η παραγωγή ενός ατομικού κειμένου, μία αφήγηση, με τον τίτλο «Μια μικρή ιστορία». Η αρχή της ιστορίας «Κάποτε ήταν ένα μεταλλικό κουτί με το νούμερο ...» ήταν κοινή για όλους. Στόχος ήταν ο μετασχηματισμός της βιωμένης εμπειρίας σε δημιουργική έκφραση. Στο σύνολο των κειμένων αξιοποιήθηκαν πολλές ιδέες από το στάδιο της διερεύνησης. Οι πρωταγωνιστές των ιστοριών ήταν μπαλάκια, κουκούτσια, χώμα, κ.ά., αντικείμενα που αποτελούσαν τις ιδέες των ομάδων για το περιεχόμενο των κουτιών. Σε κάποιες ιστορίες είναι εντυπωσιακός ο μετασχηματισμός της επιχειρηματολογίας στο στάδιο του πειραματισμού, σε αφήγηση. «Το κουτί άνοιξε και είχε μέσα πολύ χώμα. Το χώμα ήταν σε τετράγωνο σχήμα. Οι επιστήμονες ήθελαν να το αφήσουν στο ίδιο σχήμα βγάζοντας το από το κουτί, μα δεν μπορούσαν να το αφήσουν στο ίδιο σχήμα. Έτσι έκλεισαν το κουτί και δεν το ξανάνοιξαν.» (Εικόνα 12). Στη συγκεκριμένη αφήγηση έχει επιλεγεί το νούμερο του κουτιού (6) για το οποίο υπήρχε συμφωνία από όλες τις ομάδες «πως στο κουτί 6 τίποτα δεν κουνιέται αλλά κάτι υπάρχει μέσα γιατί είναι βαρύ». Η έννοια του συμπαγούς υλικού αποδόθηκε από τις ομάδες ως «πλαστελίνη, πηλός, χώμα» και στη συγκεκριμένη αφήγηση επιλέχθηκε το χώμα που έχει την ιδιότητα να προσαρμόζεται σε σχήμα του δοχείου που βρίσκεται. (Δραστηριότητα επέκτασης).



Εικόνα 12. Δείγμα από μια «μικρή ιστορία» για το Κουτί 6 (Θεοτόκης, Β' Δημοτικού).

Συμπεράσματα

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν πολύ οικεία και ευχάριστα για τα παιδιά και παρόμοιο υλικό μπορεί εύκολα να κατασκευαστεί από τους εκπαιδευτικούς με απλά κουτιά, καλά σφραγισμένα και οποιοδήποτε περιεχόμενο επιλέξουν.

Ίσως το πιο σημαντικό από όλα, ήταν η ενθουσιώδης συμμετοχή όλων των παιδιών, η διάθεση για πειραματισμό, η συζήτηση μέσα σε μια ατμόσφαιρα χαράς, η μάθηση μέσα από το παιχνίδι και την ελεύθερη ανακάλυψη. Το παράδειγμα αυτό, πέρα από τη φιλοδοξία του να δημιουργήσει μια πρώτη επαφή των μικρών παιδιών με την επιστημονική γνώση και τις διαδικασίες μέσα από τις οποίες προκύπτει, αναγνωρίζει τη συμμετοχή στη διαδικασία μάθησης και τη συλλογική δράση ως καθοριστικούς παράγοντες της μαθησιακής διαδικασίας και ενθαρρύνει γενικότερα τη διαμόρφωση μιας κουλτούρας μάθησης, μέσα από την ουσιαστική εμπλοκή σε ατομική και ομαδική έρευνα (Πρόγραμμα Σπουδών της Μελέτης Περιβάλλοντος - Οδηγός Εκπαιδευτικού, 2011, σσ. 3-5).

Επιπλέον, αποτελεί μια εφαρμογή διαφοροποιημένης διδασκαλίας, τόσο ως προς τους μαθητές, όσο και ως προς το Αναλυτικό Πρόγραμμα. Μέσα από συνθετικές δραστηριότητες και πολλαπλές διδακτικές προσεγγίσεις, το κάθε παιδί αξιοποιώντας τις προϋπάρχουσες γνώσεις και εμπειρίες του, συμμετείχε και συνεισέφερε στο κοινό έργο της ομάδας σύμφωνα με τις δικές του δυνάμεις. (Εκπαιδευτικό υλικό για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών των Δημοτικών σχολείων στο πλαίσιο της Πιλοτικής εφαρμογής των Νέων Προγραμμάτων Σπουδών, 2011, σσ. 3-4).

Ως προς την αξιολόγηση της διδακτικής παρέμβασης αξιοποιήθηκαν τα ίδια τα κείμενα των παιδιών στις δραστηριότητες επέκτασης και οι επιμέρους παρατηρήσεις των εκπαιδευτικών (συμμετοχή στην ομάδα, ατομική προσπάθεια, σχόλια, σκίτσα, καταγραφές).

Τέλος, να αναφέρουμε ότι ένα ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο στον σχεδιασμό του εκπαιδευτικού πακέτου είναι η απόλυτη ισότητα ανάμεσα στον εκπαιδευτικό και στους μαθητές αναφορικά με την «σωστή απάντηση», δηλαδή την κατοχή της γνώσης. Κανείς δεν γνωρίζει το περιεχόμενο των κουτιών! Ο/η εκπαιδευτικός έχει ρόλο συμβουλευτικό, καθοδηγητικό, συντονίζει και διευκολύνει τη διαδικασία, δημιουργεί συνθήκες προβληματισμού. (Νέα Προγράμματα Σπουδών, Περιβάλλον και

Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη 2011, σ. 4). Στο πλαίσιο μιας τέτοιας διδακτικής προσέγγισης καταργείται στην πράξη η αυθεντία του εκπαιδευτικού, τα παιδιά ενισχύονται και δημιουργείται ένα παιδαγωγικό κλίμα στην τάξη που ενθαρρύνει τη δημιουργία και την ανακάλυψη.

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε την εκπαιδευτικό κ. Ασπασία Αραβαντινού - Σιμωνέτου, η οποία είχε ρόλο παρατηρητή και συνέβαλε στην ανατροφοδότηση της παρέμβασης.

Βιβλιογραφία

Αβρααμίδου Α. (2012). Σύγχρονες Τάσεις στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Επιμόρφωση Εκπαιδευτικών. Στο Ευαγόρου Μ. & Αβρααμίδου Α. *Θεωρητικές και διδακτικές προσεγγίσεις στις φυσικές επιστήμες*. Αθήνα: Διάδραση.

Dewey, J. (1909) (μετάφραση-επιμέλεια: Σιάτρας, Α. & Κουμαράς Π.). Οι Φυσικές Επιστήμες ως περιεχόμενο και ως μέθοδος. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση* (2013), Τεύχος 1. σσ. 9-18.

Driver R., Leach J., Millar R. & Scott Ph. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham-Philadelfia: Open University Press.

ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ. (2003.) Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών και Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών υποχρεωτικής εκπαίδευσης. Αθήνα: ΥΠΑΙΠΘ-ΠΙ, ΦΕΚ 304B/13-03-2003.

Εκπαιδευτικό υλικό για την επιμόρφωση των εκπ/κων των Δημοτικών σχολείων στο πλαίσιο της Πιλοτικής εφαρμογής των Νέων Προγραμμάτων Σπουδών. (2011). Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.

Halliday, M.A.K. (1995). *Η γλώσσα και η αναμόρφωση της ανθρώπινης εμπειρίας* (προσαρμογή στα ελληνικά, Χριστίνα Λύκου), Γλωσσικός Υπολογιστής, 1.

Harlen, W. & Quarter A. (2004) (4th Ed.). *The Teaching of Science in Primary Schools*. London: David Fulton Publishers.

Lemke, J. (1990). *Talking Science: Language, Learning and Values*. Norwood, NJ: Ablex Publishing.

Mystery boxes, *Science Museum Learning* (www.talkscience.org.gr).

Πρόγραμμα Σπουδών της Μελέτης Περιβ/ντος, Οδηγός Εκπαιδευτικού (2011). Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.

Πρόγραμμα Σπουδών του Διδακτικού - Μαθησιακού Πεδίου, Περιβάλλον και Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη (2011). Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.

Χαλκιά Κ. (2010). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες. Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις*. Ατόμος. Αθήνα: Πατάκης.



Η Τατιάνα Σπανέλλη είναι εκπαιδευτικός πρωτοβάθμιας και διευθύντρια στο 72ο Δημ. Σχ. Αθηνών. Έχει πολυετή εμπειρία στην ιδιωτική και στη δημόσια εκπαίδευση. Είναι συγγραφέας σχολικών διδακτικών εγχειριδίων και εκπαιδευτικού υλικού. Ασχολείται συστηματικά με την επιμόρφωση εκπαιδευτικών πάνω στον εγγραμματισμό και στις καλές πρακτικές διδασκαλίας και μάθησης. Ενδιαφέρεται για το σχεδιασμό, την ανάπτυξη, την εφαρμογή και την αξιολόγηση καινοτόμων δράσεων στο σχολείο με έμφαση στη διάχυση των καλών πρακτικών.

Μελέτες μικροσκοπίου στο δημοτικό σχολείο: εμπρός στο δρόμο που χάραξε ο Hooke!

Νεκτάριος Τσαγλιώτης

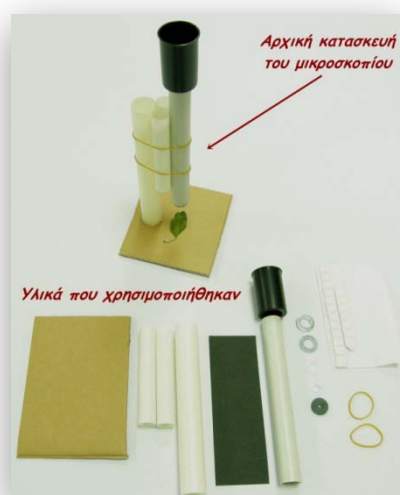
Εισαγωγή¹

Η εκπαιδευτική δράση που παρουσιάζεται σε αυτό το άρθρο διεξήχθη για πρώτη φορά κατά το σχολικό έτος 2008-2009 με 40 παιδιά της Στ' τάξης του 9^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ρεθύμνου. Έκτοτε, λόγω της αποδοχής που συνάντησε από τα παιδιά και τη σχολική κοινότητα, επαναλαμβάνεται σε ετήσια βάση.

Στο επίκεντρό της βρίσκεται ένα απλό μικροσκόπιο που κατασκεύασε κάθε παιδί της τάξης, χρησιμοποιώντας χαμηλού κόστους υλικά (αξίας περίπου 3 €). Τα παιδιά, ακολουθώντας το νήμα της ζωής και τις ανακαλύψεις του Robert Hooke, διεξήγαγαν μελέτες μικροσκοπίου μέσα από μία διερευνητική προσέγγιση εμπνευσμένη από το βιβλίο *Micrographia* (Hooke, 1665).

Κατασκευή ενός απλού μικροσκοπίου

Αρχικά, στο πλαίσιο της δράσης, κάθε παιδί κατασκεύασε το δικό του μικροσκόπιο, τα βασικά μέρη του οποίου ήταν ένας σωλήνας, δύο φακοί και ένα διάφραγμα (Vannoni *et al.*, 2006; 2007).

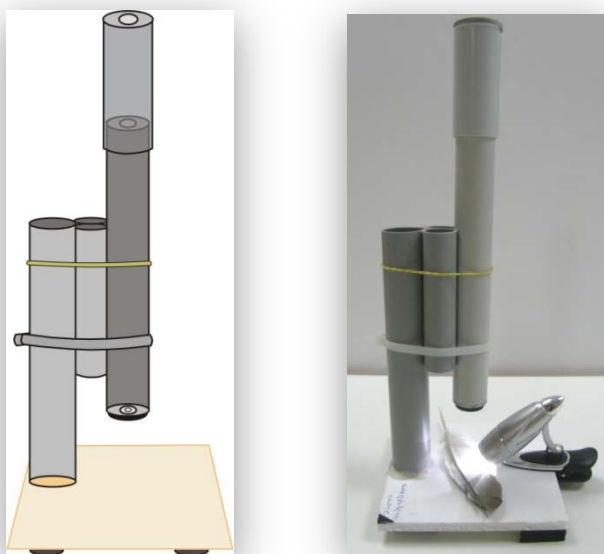


Εικόνα 1. Τα υλικά και η πρώτη εκδοχή του μικροσκοπίου με 2 φακούς. (Φωτογραφία Ν. Τσαγλιώτης).

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό

Συγκεκριμένα, κάθε παιδί χρησιμοποίησε ένα σωλήνα PVC και δύο πλαστικούς φακούς (αντικειμενικό και προσοφθάλμιο), οι οποίοι είχαν αφαιρεθεί από φωτογραφικές μηχανές μιας χρήσης (Εικόνα 1). Αναλυτικές οδηγίες κατασκευής του μικροσκοπίου είναι διαθέσιμες στο Tsagliotis (2012).

Σύντομα, μέσα στην πρώτη χρονιά εφαρμογής των μελετών μικροσκοπίου, κατασκευάστηκε μια βελτιωμένη εκδοχή του, προκειμένου να έχουμε πιο ακριβή και ευδιάκριτα είδωλα αντικειμένων, με μικρότερη παραμόρφωση, χρησιμοποιώντας έναν επιπλέον ενδιάμεσο φακό πεδίου (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Το βελτιωμένο μικροσκόπιο σε αναλυτικό σκίτσο (αριστερά) & σε φωτογραφία (δεξιά).
(Φωτογραφία και σκίτσο Ν. Τσαγλιώτης).

Ακολουθώντας τα βήματα του Hooke

Τα παιδιά είχαν μεγάλη περιέργεια να ξεκινήσουν τις μελέτες τους με τα μικροσκόπια και να διερευνήσουν διάφορα δείγματα. Έπειτα από συζητήσεις μέσα στην τάξη συμφωνήσαμε ότι χρειαζόμασταν καθοδήγηση. Αναδύθηκε έτσι η ιδέα να συνδέσουμε τις παρατηρήσεις μας με εκείνες ενός διακεκριμένου επιστήμονα, του Robert Hooke, ο οποίος ήταν ο πρώτος επιστήμονας που διεξήγαγε συστηματικές μελέτες μικροσκοπίου, τις οποίες παρουσίασε στο βιβλίο του *Micrographia* (Hooke, 1665). Χρησιμοποιώντας πίνακες της Rita Greer², βοηθηθήκαμε στην ανάδειξη στιγμιότυπων της ζωής του Hooke, που δύσκολα θα μπορούσαν να «ζωντανέψουν» με άλλο τρόπο (Jardine, 2004).

Η ιστορία μας ξεκίνησε στο Isle of White, το νοτιότερο νησί της Μεγάλης Βρετανίας, όπου ο μικρός Robert μελετούσε με ενδιαφέρον απολιθώματα και απομεινάρια φυτών και ζώων στο έδαφος και στα βράχια του νησιού (Εικόνα 3). Ταυτόχρονα, επέδειξε καλλιτεχνικές δεξιότητες αντιγράφοντας με εντυπωσιακές λεπτομέρειες πίνακες που υπήρχαν στο σπίτι του και παρακολούθησε μαθήματα

ζωγραφικής σε νεαρή ηλικία (Burgan, 2008). Μετά το θάνατο του πατέρα του το 1648, στα 13 του, μετακόμισε στο Λονδίνο για να ξεκινήσει τις σπουδές του στο περίφημο Westminster School. Ως έφηβος, μελέτησε την Ευκλείδεια γεωμετρία και έμαθε Ελληνικά και Λατινικά. Το 1653 μετακινήθηκε στο Πανεπιστήμιο της Οξφόρδης για να σπουδάσει “Φυσική φιλοσοφία”. Κατά τη δημοσίευση της *Micrographia*, το 1665, ήταν στα τριάντα του, ήδη ένα διακεκριμένο μέλος της Βασιλικής Ακαδημίας, ένας πολυμαθής και επιδέξιος επιστήμονας και πιθανότατα ο πρώτος συστηματικός μελετητής του μικροσκοπίου και των εφαρμογών του (Inwood, 2003).

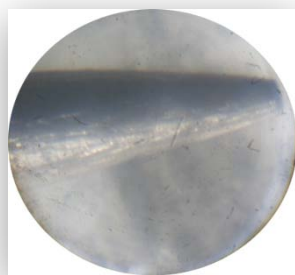
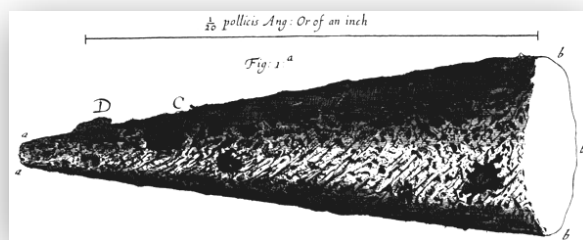


Εικόνα 3. ‘Ο κυνηγός απολιθωμάτων’. Ο Robert ως ένα δεκάχρονο αγόρι στο Isle of Wight, στον κόλπο του Freshwater. Ελαιογραφία της Rita Greer, 2005.

Έχοντας ως αφετηρία κείμενα και σκίτσα του Hooke, σχεδιάστηκαν επτά (7) φύλλα εργασίας διερευνητικών δραστηριοτήτων και μελετών μικροσκοπίου³. Επιλέχθηκε να γίνουν παρατηρήσεις δειγμάτων παρόμοιων με εκείνα που χρησιμοποίησε ο Hooke αλλά και δειγμάτων που είχαν συζητηθεί στην τάξη και είχαν προκαλέσει το ενδιαφέρον των παιδιών.

Παρατηρώντας τη μύτη μιας βελόνας και μια τελεία

Τα πρώτα δύο φύλλα εργασίας συνδέθηκαν με την αρχή των μελετών του Hooke στη *Micrographia*. Το φύλλο εργασίας, με την παρατήρηση της μύτης μιας βελόνας, συνδέεται άμεσα με την πρώτη σελίδα της *Micrographia*, όπου ο Hooke σχολιάζει ότι: «θα ξεκινήσουμε πρώτα τις διερευνήσεις μας με τις παρατηρήσεις σωμάτων που είναι **απλά στη φύση τους** και σιγά-σιγά θα προχωρήσουμε σε πιο **σύνθετα**» (σ. 1, έμφαση στο πρωτότυπο). Αυτή είναι μια ενδιαφέρουσα επιστημονική και διδακτική πρόταση, την οποία υιοθετήσαμε με την παρατήρηση της μύτης μιας βελόνας και μετά μιας τυπωμένης κουκίδας. Και τα δύο δείγματα παρουσιάζονται πολύ διαφορετικά κάτω από το μικροσκόπιο.



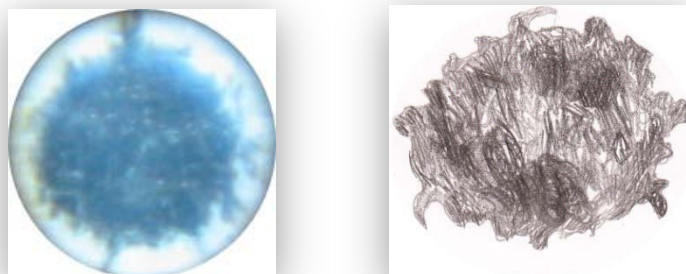
Εικόνα 4. Το σκίτσο του Hooke για τη μύτη μιας βελόνας (πάνω, σκίτσο της σ. 1 στο πρωτότυπο) και δύο ψηφιακές φωτογραφίες από τις μύτες δύο βελόνων που είδαν τα παιδιά κάτω από το μικροσκόπιο (Φωτογραφίες του Ν. Τσαγλιώτη).

Τα παιδιά διάβασαν στην τάξη την περιγραφή του Hooke για τη μύτη μιας βελόνας, η οποία αναφερόταν σε ένα λεπτομερές σκίτσο (Εικόνα 4, πάνω). Έπειτα, κλήθηκαν να παρατηρήσουν τη μύτη της βελόνας με τα μικροσκόπιά τους, να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους και να φτιάξουν τα δικά τους σκίτσα. Αρχικά αντιμετώπισαν δυσκολίες στο να βρουν τη μύτη της βελόνας και να εστιάσουν πάνω της, αλλά σύντομα ανέπτυξαν δεξιότητες και τεχνικές που τις μοιράστηκαν μεταξύ τους. Τα κείμενα και τα σκίτσα των παιδιών, με όλα τα σχετικά φύλλα εργασίας, δημιούργησαν ένα είδος σημειωματάριου των μελετών (Klentschy, 2008).

Ο Hooke σημείωσε ότι η άκρη της βελόνας έμοιαζε μυτερή και λεία στο γυμνό μάτι, αλλά κάτω από το μικροσκόπιο «δεν μπορούσε να κρύψει μια πληθώρα από τρύπες και χαραματιές» (Hooke, 1665, σ. 2). Ένα παιδί, στην περιγραφή του για τη μύτη της βελόνας, έγραψε ότι «αν και στην πραγματικότητα είναι ολόισια και πολύ μυτερή, κάτω από το μικροσκόπιο είναι λίγο στραβή και καθόλου μυτερή. Έχει ένα ελαφρύ βαθούλωμα μάλλον από κακή χρήση. Στο υπόλοιπο κομμάτι της βελόνας υπάρχουν χαραματιές αλλά και μικρές λακκουβίτσες». Ένα άλλο παιδί σημείωσε ότι «η καρφίτσα έχει μια άκρη που μοιάζει να είναι κομμένη. Είναι σα να έχει φθορές απάνω της σαν μακρόστενες λακκούβες. Έχει ένα μαύρο χρώμα και ένα μικρό κόψιμο. Πάντως, δεν είναι τόσο αιχμηρή και λεία όσο θα την φανταζόμασταν. Στο κέντρο είναι πιο λεία η καρφίτσα απ' ό,τι στην άκρη της. Η καρφίτσα στο μικροσκόπιο φαίνεται πιο μαύρη απ' ό,τι με το μάτι. Μου θυμίζει μύτη ξυσμένου μολυβιού». Τα παιδιά

κατέγραψαν ακόμα δύο ή τρεις «ελαττωματικές» βελόνες, με κυρτές ή περίεργες μύτες (Εικόνα 4, κάτω).

Παρατηρώντας μια τυπωμένη κουκίδα ή το «ίχνος μιας τελείας ή περιόδου», ο Hooke ανέφερε ότι είχε διάφορες «ανωμαλίες» και στην πραγματικότητα του θύμιζε «ένα λεκέ από λάσπη του Λονδίνου» (Hooke, 1665, σ. 3). Ένα παιδί έγραψε ότι «οι τελείες φαίνονται τελείως διαφορετικές στο μικροσκόπιο απ' ό,τι με γυμνό μάτι. Η τελεία που κοιτάζω έχει ένα γκριζο-μαύρο χρώμα και μοιάζει με μια τριχωτή γούνινη μπάλα ή με μια πιτσιλιά. Έχει ένα περίεργο ακανόνιστο σχήμα που μοιάζει πολύ με την επιφάνεια του Ήλιου. Σε μερικά σημεία μοιάζει να έχει μικρές μαύρες κουκίδες που προεξέχουν από την τελεία». Ένα άλλο παιδί συγκρίνει μια τυπωμένη τελεία με μια χειρόγραφη και ισχυρίζεται ότι η πρώτη «έχει πολλά “εξογκώματα” και φαίνεται σα μια μαύρη τρύπα», ενώ η δεύτερη «φαίνεται σαν ένα τεράστιο σύννεφο καπνού» και επίσης «μερικές σγουρές τριχούλες σα να σχηματίζονται τριγύρω από την τελεία» (Εικόνα 5).



Εικόνα 5. Μία ψηφιακή φωτογραφία τυπογραφημένης τελείας στο μικροσκόπιο (αριστερά) και ένα σκίτσο παιδιού (δεξιά). (Φωτογραφία Ν. Τσαγλιώτης).

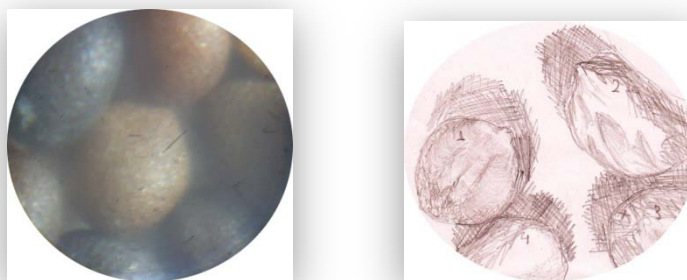
Παρατηρώντας σπόρους θυμαριού και πετούνιας

Συνεχίζοντας με τις μελέτες μικροσκοπίου, εξετάσαμε τους σπόρους του θυμαριού, όπως είχε περιγράψει και ο Hooke στη *Micrographia*. Είχε σημειώσει ότι οι σπόροι είχαν μια ποικιλία σχημάτων, ενώ «καθένας από αυτούς έμοιαζε όπως ένα λεμόνι ή ένα αποξηραμένο πορτοκάλι και αυτό τόσο στο σχήμα όσο και στο χρώμα» (Hooke, 1665, σ. 153) και επίσης διέφεραν από τους κοινούς σπόρους φασιολιών ή αρακά. Τα παιδιά χρησιμοποίησαν τη βελόνα, που είχαν εξετάσει πρωτότερα, ως εργαλείο για να βάλουν τους μικρούς σπόρους του θυμαριού σε κατάλληλη θέση κάτω από τον αντικειμενικό φακό του μικροσκοπίου και αντιμετώπισαν πάλι μερικά προβλήματα σχετικά με την εστίαση και το φωτισμό των υπό εξέταση δειγμάτων. Σύντομα τα έλυσαν βελτιώνοντας τις τεχνικές και μεθοδολογικές τους δεξιότητες (Εικόνα 6).



Εικόνα 6. Τα παιδιά δουλεύουν σε ομάδες με τα μικροσκόπιά τους στο Εργαστήριο ΦΕ μελετώντας τους σπόρους θυμαριού. (Φωτογραφία Ν. Τσαγλιώτης).

Ένα παιδί έγραψε ότι μερικοί σπόροι του θυμαριού έχουν «βαθουλώματα και άλλοι εξογκώματα και μοιάζουν με λεμόνια, πορτοκάλια, ελιές και μερικοί με δημητριακά “choco pop”. Οι περισσότεροι έχουν λακκουβίτσες απ’ ό,τι άλλους που έχουν αυλάκια. Οι περισσότεροι που έχουν αυλάκια μοιάζουν με καρύδια, ενώ αυτοί με τις τρύπες μοιάζουν με φλούδα σάπιου πορτοκαλιού και από αυτούς τους σπόρους άλλοι είναι καφέ, άλλοι μαύροι και άλλοι καφέ με μαύρο» (Εικόνα 7).



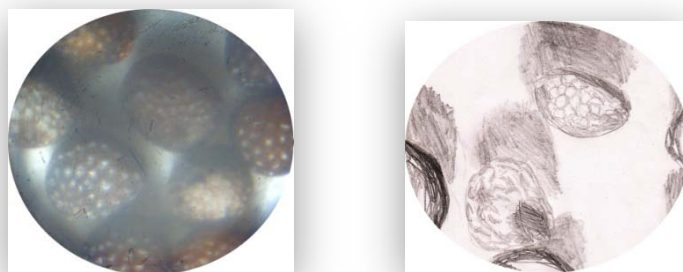
Εικόνα 7. Μία ψηφιακή φωτογραφία σπόρων θυμαριού στο μικροσκόπιο (αριστερά) και ένα σκίτσο παιδιού (δεξιά). Προσέξτε τις σκιές που παρατήρησε και απεικόνισε στο σκίτσο, οι οποίες είχαν δημιουργηθεί από το φως που έστελνε υπό γωνία το σποτάκι πάνω στους σπόρους.

(Φωτογραφία Ν. Τσαγλιώτης).

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό

Ένα άλλο παιδί έγραψε ότι οι σπόροι του θυμαριού θυμίζουν λεμόνια ή πορτοκάλια και «είναι όλοι σε διαφορετική στάση. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία τόσο στον όγκο όσο και στη μορφή των σπόρων. Οι σπόροι στο μικροσκόπιο έχουν χρώμα μαύρο ή και αλλιώς καφέ. Οι σπόροι είναι πεταχτοί ή και πολύ συνηθισμένοι σα λεμόνια. Κάθε φορά που παρατηρούμε τα πράγματα δεν είναι όπως τα βλέπουμε με το ανθρώπινο μάτι. Γι αυτό στη γη μας δεν μπορούμε να πούμε ότι κάτι βλέπουμε αν δεν το παρατηρούμε με άλλες μεθόδους (μικροσκόπιο, φακοί κ.ά.)».

Όταν τα παιδιά προετοιμάζαν τα σπορόφυτά τους για να αναπτυχθούν στο θερμοκήπιο του σχολικού κήπου, είχαν εντυπωσιαστεί με το πολύ μικρό μέγεθος ορισμένων σπόρων. Οι μικρότεροι σπόροι που είχαν φυτέψει ήταν οι σπόροι του φυτού της πετούνιας. Είχαν, λοιπόν, μεγάλη περιέργεια να τους παρατηρήσουν κάτω από το μικροσκόπιο έπειτα από τη μελέτη εκείνων του θυμαριού. Ένα παιδί σχολίασε ότι «το χρώμα των σπόρων της πετούνιας είναι καφέ σκούρο. Το μέγεθός τους είναι στρογγυλό και έχουν κάποια βαθουλώματα. Μοιάζουν με πασχαλίτσες. Μπροστά έχουν ένα κοτσάνι και πίσω είναι κάπως στρογγυλοί». Ένα άλλο παιδί έγραψε ότι οι σπόροι της πετούνιας «είναι πολύ μικροί και διαφορετικοί από εκείνους του θυμαριού, αλλά κάτω από το μικροσκόπιο φαίνονται αρκετά μεγαλύτεροι. Μοιάζουν πολύ με σάπια φρούτα, με δημητριακά, με μικρές ελιές κ.λπ. Φαίνονται σα μικρά μπιλάκια με καφέ χρώμα. Μοιάζουν λίγο με τους σπόρους του θυμαριού στην επιφάνεια αλλά όχι στο μέγεθος» (Εικόνα 8).



Εικόνα 8: Μία ψηφιακή φωτογραφία σπόρων πετούνιας (αριστερά) και ένα σκίτσο παιδιού (δεξιά).

(Φωτογραφία Ν. Τσαγλιώτης).

Παρατηρώντας ... μεθυσμένα μυρμήγκια!

Η επόμενη παρατήρηση αφορούσε έντομα, μια «εντομομελέτη» όπως την αποκάλεσαν τα παιδιά. Ο Hooke είχε κάνει αρκετές μελέτες στα έντομα στη *Micrographia*, αλλά μία από τις πιο περιγραφικές και συνάμα πιο οικεία για τα παιδιά της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης, ήταν εκείνη των μυρμηγκιών. Ο Hooke αναφέρει ότι δυσκολεύτηκε να βρει ένα τρόπο για να κρατήσει ένα μυρμήγκι ακίνητο κάτω από το μικροσκόπιό του. Έχοντας συλλέξει μερικά μυρμήγκια σε ένα μικρό κουτί, γράφει: «διάλεξα το πιο καλοθρεμμένο ανάμεσά τους και, διαχωρίζοντάς το από τα άλλα, του έδωσα λίγο κονιάκ ή οινόπνευμα, το οποίο έπειτα από λίγο το έθεσε κάτω μεθυσμένο έτσι, ώστε έμεινε ακίνητο, αν και

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό

αρχικά πάλεψε για κάμποσο, μέχρι που στο τέλος έβγαλε μπουρμπουλήθρες από το στόμα του και σταμάτησε να κινείται» (Hooke, 1665, σ. 204). Έτσι, κατάφερε να βάλει το μυρμήγκι κάτω από το μικροσκόπιο και να το μελετήσει, ώσπου έπειτα από λίγη ώρα, «ξαφνικά, λες και ξυπνούσε από ένα μεθυσμένο ύπνο, απότομα ξαναζωντάνεψε και το έβαλε στα πόδια» (Hooke, 1665, σ. 204). Κατέγραψε ότι αυτό ήταν πιθανό να συμβεί μερικές φορές ακόμα, οπότε μπορούσε να μελετήσει το έντομο, χωρίς να το σκοτώσει.

Τα παιδιά βρήκαν την όλη διαδικασία λίγο παράξενη στην αρχή, αλλά εξελίχτηκε σε μάλλον συναρπαστική λίγο αργότερα, όταν είχαν να αντιμετωπίσουν ακριβώς το ίδιο πρόβλημα στη δική τους παρατήρηση μυρμηγκιών. Έτσι, πήγαν στον κήπο του σχολείου για να «κυνηγήσουν» μυρμήγκια και να τα βάλουν σε μικρά πλαστικά πιατάκια με λοσιόν οινόπνευματος. Παρατήρησαν ότι τα μυρμήγκια έπεφταν αναισθητα έπειτα από μια δεκάλεπτη παραμονή μέσα στη λοσιόν οινόπνευματος, έτοιμα για να τα πάρουν και να τα βάλουν κάτω από το μικροσκόπιο για εξέταση. Ως εκ θαύματος, τα περισσότερα από αυτά «ξυπνούσαν» μετά από 15 με 20 λεπτά και άρχιζαν να περπατάνε. Με αυτό τον τρόπο, τα περισσότερα παιδιά κατάφεραν να παρατηρήσουν με έκδηλο ενθουσιασμό μυρμήγκια με το μικροσκόπιό τους (Εικόνα 9).



Εικόνα 9. Μία ψηφιακή φωτογραφία ενός μυρμηγκιού που συγκρατείται από μια οδοντογλυφίδα (αριστερά) και ένα σκίτσο παιδιού, με γράμματα σε διάφορα μέρη του σώματός του για την περιγραφή τους στο κείμενο (δεξιά).

Ένα παιδί αναφέρει ότι «το μυρμήγκι ήταν αρκετά δύσκολο να το σχεδιάσω, καθώς δεν στεκόταν στη θέση του. Στην αρχή έβαλα το μυρμήγκι στο οινόπνευμα. Καθώς το έβγαζα το μυρμήγκι, έβγαζε μπουρμπουλήθρες από το στόμα του και μετά «κοιμόταν». Όταν έβγαλα το μυρμήγκι από το οινόπνευμα, μετά από λίγη ώρα ξυπνούσε ζαλισμένο και έφευγε. Το σχήμα του κεφαλιού του είναι τριγωνικό, ενώ τα μάτια του προεξέχουν προς τα έξω. Το κεφάλι του έχει δύο οδοντωτά σαγόνια τα οποία μπορούν να χάσκουν σε μεγάλο πλάτος. Επίσης στο μπροστινό μέρος του κεφαλιού υπάρχουν δύο κέρατα. Το μεγαλύτερο μέρος του σώματός του είναι η κοιλιά του, η οποία είναι συνδεδεμένη με τα πόδια

του με μια λεπτή μέση. Συνολικά, ήταν ένα πολύ παράξενο έντομο κάτω από το μικροσκόπιο και μου έκανε μεγάλη εντύπωση όταν το είδα για πρώτη φορά τόσο μεγάλο» (Εικόνα 9).

Εν κατακλείδι

Κατά την εφαρμογή των μελετών μικροσκοπίου τα τελευταία χρόνια, διαπιστώθηκε ότι τα παιδιά εμπλέκονται τόσο νοητικά όσο και συναισθηματικά στις μελέτες με το μικροσκόπιό τους, καθοδηγούμενα από μία εσωτερική δέσμευση στις διερευνήσεις και στις παρατηρήσεις τους. Το πλαίσιο της διερεύνησης, όπως προσεγγίζεται μέσα από τα κείμενα του Hooke, φαίνεται να αποκτά σκοπιμότητα και να κεντρίζει το ενδιαφέρον για την έκβαση και καταγραφή των παρατηρήσεων. Κατά τη διαδικασία καταγραφής, οι παρατηρήσεις και οι περιγραφές προκύπτουν άμεσα και αβίαστα, ενώ το όλο πλαίσιο της δραστηριότητας φαίνεται να ενισχύει την παραγωγή κειμένου και σκίτσων.

Τα κείμενα που προκύπτουν φαίνεται να στηρίζονται στα αντίστοιχα του Hooke, όμως παράλληλα αναπτύσσονται και εμπλουτίζονται γλωσσικά και επικοινωνιακά. Τα σκίτσα, είτε απλά είτε πιο σύνθετα και περιγραφικά, φαίνεται να διαμορφώνονται με ενδιαφέρον, ενώ τα παιδιά υποστηρίζουν ότι επιθυμούν να δουλέψουν με έναν «επιστημονικό» τρόπο, όπως έκανε και ο Hooke.

Υποστηρίζεται ότι το όλο πλαίσιο της διερεύνησης περικλείει στοιχεία αυθεντικότητας και τα παιδιά μπαίνουν στη διαδικασία να «κάνουν επιστήμη» μέσα στην κοινότητα της τάξης τους. Απομυθοποιείται ο χαρακτήρας της επιστήμης και γίνεται μια καθημερινή δραστηριότητα, με ένα όργανο (μικροσκόπιο), που κατασκευάστηκε από τα ίδια με απλά υλικά και φαίνεται να τα εντάσσει «φυσιολογικά» σε ένα πλαίσιο επιστημονικής μελέτης, διερεύνησης και αναζήτησης.

Σχόλια

[1]. Αυτή η δράση ήταν μέρος των εργασιών της ελληνικής ομάδας του Ευρωπαϊκού έργου HIPST (History and Philosophy of Science in Science Teaching), FP7, Αρ. Αναφ. 217805. <http://hipstwiki.wetpaint.com>.

[2]. Οι πίνακες της Rita Greer είναι διαθέσιμοι στη διεύθυνση: http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Paintings_by_Rita_Greer.

[3]. Τα Φύλλα Εργασίας, φωτογραφίες και οδηγίες κατασκευής του μικροσκοπίου, καθώς και υποστηρικτικό διδακτικό υλικό είναι διαθέσιμα στη διεύθυνση: <http://efepereth.wikidot.com/hipst>.

Αναφορές

Burgan, M. (2008). *Robert Hooke: Natural Philosopher and scientific explorer*. Minneapolis, Minnesota: Compass Point Books.

Hooke, R. (1665) [1st Ed.]. *Micrographia: or, Some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses*. London: J. Martyn and J. Allestry.

Inwood, S. (2003). *The forgotten genius: The biography of Robert Hooke 1635-1703*. MacAdam/Cage.

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό

Jardine, L. (2004). *The curious life of Robert Hooke*. NY: HarperCollins Publishers Inc.

Klentschy M. (2008). *Using Science Notebooks in elementary classrooms*. Arlington, Virginia: NSTA Press.

Tsagliotis, N. (2012). Build your own microscope: following in Robert Hooke's footsteps. *Science in School*, Issue 22: 30-35.

Vannoni M. & Molesini G. (2006). *Constructing a microscope*. Istituto e Museo di Storia della Scienza, Florence, Italy. Διαθέσιμο στη διεύθυνση:

<<http://brunelleschi.imss.fi.it/esplora/microscopio/dswmedia/risorse/erisorse.html>>].

Vannoni M., Buah-Bassuah P.K. & Molesini G. (2007). Making a microscope with readily available materials. *Physics Education*, 42(4): 385-390.



Ο Νεκτάριος Τσαγλιώτης είναι εκπαιδευτικός-ερευνητής στο πεδίο της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες. Διδάσκει στο δημοτικό σχολείο τα τελευταία 17 χρόνια και συμμετέχει ερευνητικά σε Ευρωπαϊκά Προγράμματα με έμφαση στη διερευνητική προσέγγιση διδασκαλίας και μάθησης των Φυσικών Επιστημών. Ενδιαφέρεται για τον εκπαιδευτικό σχεδιασμό και την εργαστηριακή πρακτική μέσα από απλά πειράματα και κατασκευές, καθώς επίσης για τα αυθεντικά περιβάλλοντα διδασκαλίας και μάθησης στις φυσικές επιστήμες, μέσα από ένα ιστορικό και γνωσιοθεωρητικό υπόβαθρο.

Χρονικό διάστημα και χρονική στιγμή: σκέψεις για μια πιο παραδοσιακή διαχείριση της κινηματικής

Νίκος Κανδεράκης

Εισαγωγή

Αφορμή για το κείμενο αυτό στάθηκε ένα άρθρο του Γάλλου φιλοσόφου των μαθηματικών και της φυσικής Michel Paty, στο οποίο εξετάζονται οι απαρχές της μαθηματικοποίησης της φυσικής (Paty, 2003). Σύμφωνα με τον Paty:

«Από τη μετέπειτα ιστορία της δημιουργίας της Φυσικής μέσα από τη μαθηματικοποίηση, θα αναφέρουμε μόνο άλλο ένα αποφασιστικό βήμα: την κατασκευή του «στιγμιαίου χρόνου» από την ιδέα του χρόνου ως διάρκειας Η εφεύρεση αυτή σχετίστηκε με το νέο απειροστικό λογισμό... Αυτό που μας ενδιαφέρει είναι η ανάδυση ενός νέου είδους μεγέθους: των συνεχών ποσοτήτων που δημιουργούνται ως έννοιες μέσω του διαφορικού και ολοκληρωτικού λογισμού...» (Paty, 2003).

Το «χρονικό διάστημα» ή η «χρονική διάρκεια» είναι μια γνωστή και ευρέως χρησιμοποιούμενη έννοια στην καθημερινή ζωή, με την οποία είναι αρκετά εξοικειωμένοι οι μαθητές (π.χ. έτος, ημέρα, εβδομάδα κλπ). Η «χρονική στιγμή» (ο «στιγμιαίος χρόνος») είναι ουσιαστικά μια θεωρητική κατασκευή, η οποία προϋποθέτει την ύπαρξη ενός σχετικά ακριβούς μηχανικού ρολογιού, ενός δημιουργήματος των νεώτερων χρόνων. Τα παλιότερα ρολόγια (κλειψύδρες, ηλιακά ρολόγια κλπ.) μπορούσαν να μετρήσουν μόνο διάρκειες και αυτές μόνο κατά προσέγγιση.

Η ιδέα της «χρονικής στιγμής», μας λέει ο Paty, αναδύθηκε από τις εργασίες των, μετά τον Γαλιλαίο και τον Descartes, φυσικών φιλοσόφων (Huygens, Newton, Leibniz κλπ), μέσα από την προσπάθειά τους να συλλάβουν νέα και παλιά μεγέθη με ένα νέο τρόπο: ως συνεχώς μεταβαλλόμενα στο χρόνο μεγέθη, δηλαδή ως συναρτήσεις του χρόνου. Επιπλέον, η ιδέα αυτή είναι απολύτως απαραίτητη για την εισαγωγή του απειροστικού λογισμού (ο οποίος δημιουργήθηκε για να εξετασθεί μαθηματικά η κίνηση).

Στην ελληνική σχολική Φυσική, συμβαίνει το παράδοξο να ορίζουμε μια έννοια καλά εδραιωμένη από την καθημερινή εμπειρία, το «χρονικό διάστημα», μέσω μιας πολύ λιγότερο εδραιωμένης από την

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

εμπειρία θεωρητικής έννοιας, της «χρονικής στιγμής», μέσα από τον τύπο $\Delta t = t_2 - t_1$. Η πρακτική αυτή έχει ένα επιπλέον μειονέκτημα: με τη λέξη «χρόνος» υποδηλώνονται δύο ξεχωριστά μεγέθη, ο «χρόνος» ως συντεταγμένη, δηλαδή η «χρονική στιγμή», και ο «χρόνος» ως «χρονική διάρκεια», και όπου το τι είναι τι προσδιορίζεται από τα συμφραζόμενα (ακόμα και στους τύπους), δημιουργώντας μεγάλο μπέρδεμα στους μαθητές.

Στο κείμενο αυτό, μετά από ένα σύντομο ιστορικό του ζητήματος και ένα σχολιασμό των προτάσεων του Arons (1992) για τη διδασκαλία της κινηματικής, εξετάζονται κάποιες εννοιολογικές δυσκολίες που οφείλονται στο αλγεβρικό υπόβαθρο των εξισώσεων της σχολικής Φυσικής, και προτείνεται μια νέα εκδοχή ενός παραδοσιακού διδακτικού μετασχηματισμού της κινηματικής, δηλαδή η διάσπασή της σε μια σειρά από απλές και διαχειρίσιμες κινήσεις. Με τη διαχείριση αυτή υποστηρίζουμε ότι θα περιορισθούν τα προβλήματα στη διδασκαλία της κινηματικής, αλλά και η έκτασή της στο σχολικό πρόγραμμα.

Σύντομο ιστορικό

Ο Γαλιλαίος δεν εξετάζει την κίνηση γενικά. Δεν θα μπορούσε εξ άλλου χωρίς τον απειροστικό λογισμό. Εξετάζει μόνο ειδικές κινήσεις, όπως την «ομοιόμορφη κίνηση» (ευθύγραμμη ομαλή), την «ομοιόμορφα επιταχυνόμενη κίνηση» (ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη), καθώς και τις συνθέσεις τους, στις βολές. Ο Γαλιλαίος, με αυτό τον τρόπο, κάνει ένα μετασχηματισμό του προς εξέταση Φυσικού αντικειμένου, κυρίως για επιστημονικούς – ερευνητικούς λόγους, αλλά δευτερευόντως και για διδακτικούς λόγους: για να γίνεται κατανοητός από τους αναγνώστες του.

Για να μελετήσει τις κινήσεις που εξετάζει ποσοτικά, ο Γαλιλαίος επινοεί απλές γεωμετρικές κατασκευές, οι οποίες συνήθως συνδυάζουν μια απλουστευμένη αναπαράσταση-μοντελοποίηση του εξεταζόμενου φαινομένου, μαζί με ιδιότυπα γραφήματα που αναπαριστούν τις μεταβολές των σχετικών μεγεθών και τις σχέσεις μεταξύ τους (Crowe, 2007).

Στις *Δύο Νέες Επιστήμες* ασχολείται αποκλειστικά με χρονικά διαστήματα. Όταν αναπαριστά, όμως, το χρόνο με ευθείες γραμμές, τα σημεία αυτών των γραμμών αντιπροσωπεύουν χρονικές στιγμές. Επιπλέον, ο Γαλιλαίος, μιλώντας για την ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση, αντιλαμβάνεται ότι η συνεχώς μεταβαλλόμενη ταχύτητα πρέπει να υπολογίζεται κάθε φορά σε μικρά χρονικά διαστήματα (Galileo, 1974). Τα μικρά αυτά τμήματα του χρόνου θα γίνουν απειροστά από τους μαθηματικούς της επόμενης γενιάς.

Ο Νεύτων εξετάζει πιο γενικές περιπτώσεις κίνησης. Κινήσεις σωμάτων που κινούνται με τυχαίες ταχύτητες κάτω από την επίδραση κεντρικών δυνάμεων. Αν και παρουσιάζει τις μελέτες των κινήσεων αυτών με τον τρόπο της ευκλείδειας γεωμετρίας, επιστρατεύει ωστόσο στις αποδείξεις και κάποια στοιχεία του απειροστικού λογισμού (τον οποίο είχε ήδη εφεύρει) όπως τα όρια. Επίσης χρησιμοποιεί απειροστά. Για παράδειγμα, αναφέρεται συχνά στον «ελάχιστο χρόνο» ('minimally

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

small time'), στο «στοιχείο της γραμμής» ('line element') ή στο «ελάχιστο τόξο» ('minimally small arc'). Τα στοιχεία αυτά είναι απολύτως απαραίτητα για μια πιο γενική μελέτη της κίνησης.

Η κατάσταση θα γίνει πιο ξεκάθαρη τον 18^ο αιώνα, από τους Φυσικούς φιλοσόφους και τους μαθηματικούς της ηπειρωτικής Ευρώπης (Varignon, Johann και Daniel Bernoulli, d' Alembert, Clairaux, Euler, Lagrange κλπ). Αυτοί θα μεταγράψουν τη νευτώνεια μηχανική στη γλώσσα της άλγεβρας και θα χρησιμοποιήσουν συστηματικά τον απειροστικό λογισμό τόσο για να προσδιορίσουν μαθηματικά και με αυστηρότητα τις έννοιες της μηχανικής όσο και για να διατυπώσουν με γενικότητα και ακρίβεια τους νόμους και τις αρχές της (Blay, 2002).

Τα σημερινά σχολικά προγράμματα και τα αντίστοιχα σχολικά εγχειρίδια, πάντως, για να διαχειρισθούν την κινηματική, ακολουθούν σε γενικές γραμμές το πρότυπο του Γαλιλαίου. Αδυνατώντας να εξετάσουν την κίνηση στη γενικότητά της χωρίς τον απειροστικό λογισμό, σπάζουν την εξέτασή της σε μια σειρά από ειδικές, απλές, και διαχειρίσιμες με τα σχολικά μαθηματικά, περιπτώσεις, πάνω στις οποίες προσδιορίζονται και οι βασικές έννοιες: η ταχύτητα στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, η επιτάχυνση στην ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση κλπ. Στην ουσία κάνουν ένα διδακτικό μετασχηματισμό του επιστημονικού προτύπου της μηχανικής στο γνωσιακό επίπεδο των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Δυστυχώς ο μετασχηματισμός αυτός, στα διδακτικά εγχειρίδια αλλά και συχνά στη διδακτική πράξη, δεν είναι συνεπής. Γίνονται πολλές υπερβάσεις του με ενέσεις ανώτερης Φυσικής. Για παράδειγμα, στη Φυσική της Α' Λυκείου, πέρα από τη χαώδη συζήτηση για θέσεις, μετατοπίσεις και διανυσματικές μετατοπίσεις σε διαφοροποίηση με τα διαστήματα, ταχύτητες και διανυσματικές ταχύτητες διαφόρων ειδών κλπ, συχνά παρουσιάζονται και διανυσματικές εξισώσεις, όπως π.χ. η $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ ή η $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} \cdot \Delta t$, οι οποίες δεν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν ποτέ στην πράξη. Οι υπερβάσεις αυτές κατά κανόνα δημιουργούν σύγχυση και διώχνουν τους μαθητές από το μάθημα.

Ο Arons και η «χρονική στιγμή»

Ο Arons υποστηρίζει ότι είναι αδύνατον να κατανοήσει κανείς την ανάλυση της κίνησης που κάνει η νεώτερη Φυσική, αν δεν κατανοήσει τις έννοιες «χρονική στιγμή» και «στιγμιαία θέση», δηλαδή τις χωρικές και χρονικές συντεταγμένες. Οι έννοιες αυτές είναι αναγκαίες για να εισαχθούν οι έννοιες «στιγμιαία ταχύτητα» και «στιγμιαία επιτάχυνση», μέσα από λειτουργικούς ορισμούς που περιγράφουν τις διαδικασίες που τις υπολογίζουν και τις ορίζουν, με τη βοήθεια και των γραφικών παραστάσεων (Arons, 1992)

Ο Arons βέβαια έχει δίκιο. Αλλά διδάσκει εισαγωγική Φυσική σε μελλοντικούς επιστήμονες, μηχανικούς και σε υποψήφιους εκπαιδευτικούς των Φυσικών Επιστημών). Οι έννοιες «χρονική στιγμή» και «στιγμιαία θέση» του είναι απολύτως απαραίτητες τόσο για να χρησιμοποιήσει τον απειροστικό λογισμό για τον μαθηματικό προσδιορισμό των βασικών κινηματικών εννοιών, όσο και

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

για τη μελέτη της κίνησης εν γένει, από την οποία θα συναχθούν στο τέλος συμπεράσματα για τις επιμέρους κινήσεις.

Τεχνικές και εννοιολογικές δυσκολίες

Μπορούν, όμως, όλα αυτά να διδαχθούν σε ένα γενικό Λύκειο, σε ένα μάθημα γενικής παιδείας, και σε μαθητές που στην πλειοψηφία τους δεν θα γίνουν ούτε φυσικοί (ή χημικοί ή βιολόγοι) ούτε μηχανικοί; Νομίζω ότι είναι απολύτως αδύνατον, κατ' αρχήν, για τουλάχιστον δύο τεχνικούς λόγους. Πρώτον, πρέπει να καταναλωθεί ένα δυσανάλογα μεγάλο ποσοστό του ετήσιου διδακτικού χρόνου της Φυσικής για να διδαχθεί μόνο η κινηματική, εγκαταλείποντας σε συνοπτική διεκπεραίωση άλλες σημαντικότερες έννοιες, όπως π.χ. η «ενέργεια». Δεύτερον, εκτός από ένα μικρό αριθμό εκστασιασμένων με τη Φυσική μαθητών, ο εκπαιδευτικός θα χάσει το ακροατήριό του. Ξέρουμε ότι οι μαθητές χάνουν το ενδιαφέρον τους, αν το παρατραβάμε με ζητήματα που δεν έχουν άμεση χρησιμότητα ή εμφανή σχέση με την καθημερινή ζωή ή που με κάποιο τρόπο δεν τους εντυπωσιάζουν (Checkley, 2005).

Από την άλλη μεριά, οι δυσκολίες που έχουν οι μαθητές με τις κινητικές έννοιες και τις αντίστοιχες εξισώσεις δεν είναι κατά κύριο λόγο εννοιολογικές που αφορούν τη Φυσική. Δεν φαίνεται να έχουν δημιουργηθεί από την εμπειρία ισχυρές αυθόρμητες έννοιες και δομές που να εμποδίζουν τη συγκρότηση από το μαθητή του αντίστοιχου επιστημονικού προτύπου, όπως π.χ. συμβαίνει στη δυναμική (Driver et al, 1998). Αφορούν, ως επί το πλείστον, το λογικο-μαθηματικό υπόβαθρο της κινηματικής, και σχετίζονται κυρίως με την κατανόηση, την ερμηνεία και την ικανότητα χειρισμών και εφαρμογής των αντίστοιχων μαθηματικών συμβόλων και εξισώσεων.

Αυτό δε σημαίνει ότι οι δυσκολίες αυτές είναι μικρότερες από τις εννοιολογικές δυσκολίες του αντίστοιχου φυσικού περιεχομένου. Μπορεί και να είναι πιο σημαντικές. Παραδείγματος χάριν, όπως έχει επισημανθεί ήδη από τη δεκαετία του 1930 από τον Γερμανό φιλόσοφο των μαθηματικών Jacob Klein, αλλά και πρόσφατα από τη καθηγήτρια της διδακτικής των μαθηματικών Anna Sfard, η έννοια του αγνώστου στις αλγεβρικές εξισώσεις έχει υποστεί μια σημαντική εννοιολογική μεταβολή στα νεώτερα μαθηματικά: από σύμβολο που αντιπροσωπεύει ένα συγκεκριμένο αλλά άγνωστο αριθμό (στο Διόφαντο, στους Άραβες, αλλά και στον Cardano), έχει μετατραπεί σε σύμβολο «ενός εκάστου και κάθε αριθμού» (Klein, 1998), δηλαδή σε μια μεταβλητή (από τον Viète και μετά). Την εννοιολογική αυτή μεταβολή δυσκολεύονται να την παρακολουθήσουν οι περισσότεροι μαθητές (Harper, 1987; Sfard, 1991 και 1995). Επιπλέον, με την αντιπροσώπευση των αριθμητικών συντελεστών των εξισώσεων με μη αριθμητικά σύμβολα (γράμματα), δηλαδή με τη μετατροπή των απλών εξισώσεων ($5x+2=12$) σε παραμετρικές εξισώσεις ($ax+b=c$), τα αλγεβρικά σύμβολα δεν αντιπροσωπεύουν πια αριθμούς αλλά είδη αριθμών, και η άλγεβρα δεν είναι πια «λογιστική των αριθμών» αλλά «λογιστική των ειδών» (Viète, 2006). Η κατανόηση και η διαχείριση των εξισώσεων αυτών παρουσιάζει μεγαλύτερες δυσκολίες για τους μαθητές από τις απλές εξισώσεις (Sfard, 1995). Αυτές οι

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

εννοιολογικές ανατροπές έχουν άμεση επίπτωση στη Φυσική, αφού όλες οι εξισώσεις της Φυσικής είναι παραμετρικές και όλα τα αναπαριστώμενα σε αυτές Φυσικά μεγέθη είναι εν δυνάμει μεταβλητές.

Όπως γίνεται φανερό, λόγω των δυσκολιών αυτών, χρειάζεται συστηματική δουλειά στην τάξη με όσο το δυνατόν πιο απλές κινηματικές εξισώσεις, καθώς και άφθονα συγκεκριμένα αριθμητικά παραδείγματα, συνοδευόμενα από την κατασκευή (από τους μαθητές) των αντίστοιχων γραφημάτων, για να αφομοιωθούν οι εξισώσεις αυτές ως συναρτήσεις και τα μεγέθη τους ως μεταβλητές. Προϋπόθεση για να υπάρξει αποτέλεσμα είναι να έχουν εξοικειωθεί οι μαθητές με τις απλές, μη παραμετρικές, εξισώσεις των μαθηματικών, αλλά και να έχουν συνειδητοποιήσει οι εκπαιδευτικοί ότι οι εξισώσεις της Φυσικής βρίσκονται ένα βήμα πιο πάνω, από άποψη αφαίρεσης και εννοιολογικής δυσκολίας, από τις συνήθεις εξισώσεις των μαθηματικών. Η απαραίτητη αυτή δουλειά αφήνει ελάχιστο χρόνο για μεγαλύτερη μαθηματική εκλέπτυνση των κινηματικών εννοιών.

Πρόταση διδακτικής διαχείρισης της κινηματικής

Το κεντρικό πρόβλημα της κινηματικής στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, όπως έχουμε ήδη δει, είναι ότι η μελέτη της κίνησης απαιτεί τον απειροστικό λογισμό, ενώ δεν μπορούμε να τον χρησιμοποιήσουμε. Στο πρόβλημα αυτό, τα προγράμματα απαντούν με ένα ευρύτατα διαδεδομένο διδακτικό μετασχηματισμό: την κατάτμηση της κινηματικής σε μια σειρά απλών περιπτώσεων κίνησης, οι οποίες μπορούν να αντιμετωπισθούν με την άλγεβρα που είναι γνωστή στους μαθητές. Ο παραδοσιακός αυτός μετασχηματισμός, αν τηρηθεί με συνέπεια, θεωρώ ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σήμερα στις τάξεις γενικής παιδείας του Λυκείου, και να λειτουργήσει ικανοποιητικά, σε κάποιο τουλάχιστον βαθμό.

Ένα δεύτερο πρόβλημα έχει να κάνει με τον συνήθη, αλλά όχι αναγκαίο, πολλαπλασιασμό των εννοιών. Συχνά εισάγεται πληθώρα παρόμοιων εννοιών, όπως π.χ. το διάστημα, η μετατόπιση και η θέση· το χρονικό διάστημα και η χρονική στιγμή· η μέση ταχύτητα, η στιγμιαία ταχύτητα, η μέση διανυσματική ταχύτητα και η στιγμιαία διανυσματική ταχύτητα κλπ. Η διάκριση των εννοιών αυτών μεταξύ τους είναι λεπτή και δημιουργεί τρομερή σύγχυση ακόμα και σε άριστους μαθητές.

Προτείνω να εμμείνουμε στον προηγούμενο μετασχηματισμό (τουλάχιστον για τα μαθήματα γενικής παιδείας) και να χρησιμοποιήσουμε μόνο τις απολύτως αναγκαίες έννοιες για τη διεκπεραίωσή του. Μια τέτοια διδακτική πορεία μπορεί να είναι παρόμοια με αυτή που ακολουθεί και ο Hewitt (2004). Μπορούμε να εξαλείψουμε ολοσχερώς την έννοια «χρονική στιγμή», και να χρησιμοποιούμε μόνο «χρονικές διάρκειες», οι οποίες μπορούν να υποδηλώνονται και μόνο με τη λέξη «χρόνος» ή το σύμβολο « t » (όπως κάνει και ο Hewitt). Επίσης, μπορούμε να κρατήσουμε μόνο το «διάστημα» και να απαλείψουμε εντελώς τις έννοιες «θέση στο χώρο» και «μετατόπιση». Στις γραφικές παραστάσεις, τότε, η χρονική συντεταγμένη θα αναπαριστά τις «χρονικές διάρκειες» από κάποια αρχή του χρόνου (π.χ. από τη στιγμή που πατάμε το χρονόμετρο), και η χωρική συντεταγμένη τα διανυόμενα διαστήματα από κάποιο σημείο μέτρησης των διαστημάτων.

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Στα πλαίσια της πορείας αυτής, μπορούμε να ορίσουμε στη συνέχεια (μέσα από συζήτηση στην τάξη) την έννοια της «ταχύτητας» στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση ως το πηλίκο του διανυόμενου διαστήματος προς το αντίστοιχο χρονικό διάστημα (δηλαδή ως $v = s/t$). Η ταχύτητα αυτή πρέπει να δειχθεί (μετά από συζήτηση) ότι ισούται αριθμητικά με το διάστημα που διανύεται στη μονάδα του χρόνου (του χρονικού διαστήματος), όπως άλλωστε υποδηλώνουν και οι μονάδες της. Μια και οι μαθητές είναι αρκετά εξοικειωμένοι με τις μονάδες της ταχύτητας, η σειρά αυτή μπορεί και να αντιστραφεί. Δηλαδή, ξεκινώντας από τις γνωστές στους μαθητές μονάδες ταχύτητας (π.χ. 100 km/h) μπορούμε να ξεκινήσουμε μια συζήτηση για το τι σημαίνει 100 km/h, τι είναι η ταχύτητα και στο τέλος να καταλήξουμε στο $v = s/t$.

Στην ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση μπορεί να προσδιορισθεί η «μέση ταχύτητα» (αναγκαία αν θέλουμε να κάνουμε μαθηματική επεξεργασία της κίνησης αυτής) και, με τη βοήθεια της εμπειρίας (π.χ. κοντέρ αυτοκινήτου) και όχι θεωρητικά, η έννοια της «στιγμιαίας ταχύτητας». Επίσης, ορίζεται η έννοια της «επιτάχυνσης» ως το πηλίκο της μεταβολής της (στιγμιαίας) ταχύτητας προς το αντίστοιχο χρονικό διάστημα, δηλαδή $a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{v_{αρχ} - v_{τελ}}{t}$. Η επιτάχυνση, στη συνέχεια, πρέπει να δειχθεί ότι ισούται αριθμητικά με τη μεταβολή που υφίσταται η ταχύτητα στη μονάδα του χρόνου, χρησιμοποιώντας τις μονάδες επιτάχυνσης που χρησιμοποιούσαν τα παλιότερα αυτοκινητιστικά περιοδικά, π.χ. km/h ανά s (ή km/h/s). Η σειρά αυτή είναι προτιμότερο, να αντιστραφεί, δηλαδή από τον τρόπο που μετρούν την επιτάχυνση τα σημερινά αυτοκινητιστικά περιοδικά (π.χ. 12s για αύξηση ταχύτητας από 0 έως 100km/h), να συζητήσουμε με την τάξη για το τι είναι η επιτάχυνση και να καταλήξουμε στον ορισμό. Η έννοια της επιτάχυνσης, τέλος, μπορεί να επεκταθεί και στην επιβραδυνόμενη κίνηση.

Η έννοια της «επιτάχυνσης» παρουσιάζει, όμως, επιπλέον δυσκολίες, οι οποίες καταγράφονται και στη βιβλιογραφία για τις εναλλακτικές ιδέες ή τις παρανοήσεις των μαθητών. Οι μαθητές δυσκολεύονται να χειρισθούν σωστά την επιτάχυνση και συχνά τη συγχέουν με την ταχύτητα (Knight, 2006). Επεκτείνοντας στη Φυσική την ανάλυση που κάνει η Anna Sfard πάνω στην ανάπτυξη και την οικοδόμηση των μαθηματικών εννοιών (Sfard, 1991 και 1995), οι δυσκολίες αυτές μπορούν να ειπωθούν ως δυσκολίες του μαθηματικού υποβάθρου των εννοιών. Ο προσδιορισμός ή ο υπολογισμός της επιτάχυνσης είναι μια μαθηματική διαδικασία που εφαρμόζεται πάνω σε μια άλλη μαθηματική διαδικασία, εκείνη του προσδιορισμού ή του υπολογισμού της ταχύτητας ($v = s/t$). Είναι δηλαδή μια διαδικασία 2^{ης} τάξης. Σύμφωνα με τη Sfard (1991 και 1995), απαραίτητος όρος για την κατανόηση των δευτερογενών αυτών διαδικασιών και για την πρόσληψή τους ως αυτόνομων και αυθύπαρκτων μαθηματικών αντικειμένων (εννοιών), είναι η εξοικείωση με τις έννοιες-διαδικασίες 1^{ης} τάξης, και η δομική κατανόησή τους (ως δομών – αυθύπαρκτων οντοτήτων - και όχι ως διαδικασιών). Δηλαδή, ο όρος για την κατανόηση της επιτάχυνσης ως αυθύπαρκτης έννοιας είναι η εξοικείωση με την έννοια της «ταχύτητας» και η πρόσληψής της ως οντότητας και όχι απλώς ως διαδικασίας, πέρα

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

από τον προσδιορισμό της επιτάχυνσης με πολλά παραδείγματα και εφαρμογές σε διαφορετικά περιβάλλοντα, για την πρόσληψή της ως αυτόνομης οντότητας χρειάζονται διαδικασίες χειρισμού της σε διαδικασίες ανώτερης τάξης, όπως π.χ. σε εφαρμογές του 2^{ου} νόμου του Νεύτωνα.

Τα κύρια σημεία της πρότασης αυτής, καθώς και οι συνέπειές της, παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Προτάσεις για τη διδασκαλία της κινηματικής και συνέπειες			
Προτάσεις	Τι αντικαθιστούν;	Τι προβλήματα λύνουν;	Τι προβλήματα παραμένουν;
Κατάτμηση σε επιμέρους κινήσεις Απλή άλγεβρα Χρονικό διάστημα και διανυόμενο διάστημα (μόνο) Ταχύτητα στην ευθ. ομαλή κίνηση Η ταχύτητα ως διάνυσμα μόνο εμπειρικά (κατεύθυνση) Μέση ταχύτητα στην επιταχυνόμενη κίνηση Στιγμιαία ταχύτητα μόνο εμπειρικά Επιτάχυνση στην ευθ. ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση Επέκταση της επιτάχυνσης στην ευθ. ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση	Στοιχεία απειροστικού λογισμού Διανυσματικές σχέσεις Πληθώρα παρόμοιων εννοιών: Χρονική στιγμή – χωρική θέση Μετατόπιση Διανυσματική μετατόπιση Στιγμιαία ταχύτητα ως όριο Στιγμιαία διανυσματική ταχύτητα Μέση διανυσματική ταχύτητα Διανυσματική επιτάχυνση	Δεν εισάγονται μαθηματικά που δεν κατανοεί η πλειοψηφία των μαθητών Δεν εισάγονται μαθηματικές σχέσεις που δεν χρησιμοποιούνται Πληθωρισμό εννοιών Εξοικονόμηση διδακτικού χρόνου	Το πρόγραμμα εξακολουθεί να είναι βαρύ για μαθητές που δε θα πάνε στη θετική ή (στα σοβαρά) στην τεχνολογική κατεύθυνση

Πίνακας 1.

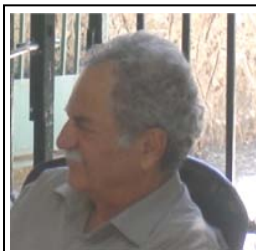
Ακόμα και με το μετασχηματισμό αυτό, παρόλα αυτά, το πρόγραμμα της Α' Λυκείου εξακολουθεί να είναι βαρύ (και ίσως αδιάφορο) για τους μαθητές που δεν ενδιαφέρονται να γίνουν (θετικοί) επιστήμονες, γιατροί ή μηχανικοί. Αν ακολουθηθεί με συνέπεια, όμως, οι δυσκολίες γίνονται περισσότερο διαχειρίσιμες. Μια τέτοια διδακτική πορεία, πάντως, είναι πολύ κοντά σε μια πειραματική διαχείριση της κινηματικής. Στις πειραματικές διδασκαλίες μετράμε πάντοτε χρονικά

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

διαστήματα και διανυόμενα διαστήματα, ακόμα και αν αυτά είναι πολύ μικρά όπως π.χ. στον ticker-timer, και η ταχύτητα και η επιτάχυνση υπολογίζονται πάντα από τους απλούς τύπους $v = \frac{\Delta s}{t}$ και $a = \frac{\Delta v}{t}$, όπου t είναι το χρονικό διάστημα.

Βιβλιογραφία

- Arons A. (1992). *Οδηγός Διδασκαλίας της Φυσικής* (μτφ. Α. Βαλαδάκης). Αθήνα, Τροχαλία.
- Blay M. (2002). *La Science du Mouvement: de Galilée à Lagrange*. Paris, Belin.
- Checkley D. (2005). *High School Students' Perceptions of Physics*. Master Thesis. Lethbridge Alberta, University of Lethbridge.
- Crowe M. (2007). *Mechanics: from Aristotle to Einstein*. Santa Fe, Green Lion Press.
- Driver R. et al (1998). *Οικο-δομώντας τις Έννοιες των Φυσικών Επιστημών: Μια Παγκόσμια Σύνοψη των Ιδεών των Μαθητών* (μετφρ. Μ. Χατζή). Αθήνα, Τυπωθήτω.
- Galileo Galilei. (1974, 1st publ. in Italian 1632). *Two New Sciences, Including Centers of Gravity and Force of Percussion* (transl. S. Drake), Madison WI, University of Wisconsin Press.
- Harper E. (1987). Ghosts of Diofantus. *Educational Studies in Mathematics*, 18, 75-90.
- Hewitt, P. (2004). *Οι Έννοιες της Φυσικής* (μετφρ. Ε. Σηφάκη & Γ. Παπαδόγγονας). Ηράκλειο, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Klein, J. (1998, από κείμενο διάλεξης του 1932). Ο Κόσμος της Φυσικής και ο «Φυσικός Κόσμος». *Νεύσις*, 7, 41-74.
- Knight R. (2006). *Πέντε εύκολα μαθήματα: στρατηγικές για την επιτυχή διδασκαλία της φυσικής* (μετ. Π. Τζαμαλής). Αθήνα, Διάλογος.
- Paty, M. (2003). The Idea of Quantity at the Origin of the Legitimacy of Mathematization in Physics. Στο Could, C. (ed), *Constructivism and Practice: Towards a Social and Historical Epistemology*. Lanham Md. USA, Rowman & Littlefield, p. 109-135.
- Sfard, A. (1991). On the Dual Nature of Mathematical Conceptions: Reflections on Processes and Objects as Different Sides of the Same Coin. *Educational Studies in Mathematics*, 22, 1-36.
- Sfard, A. (1995). The Development of Algebra: Confronting Historical and Psychological Perspectives. *Journal of Mathematical Behavior*, 14, 15-39.
- Viète F. (2006, 1st publ. in Latin in 1591). *The Analytic Art* (transl. R. Witmer). Mineola, New York, Dover.



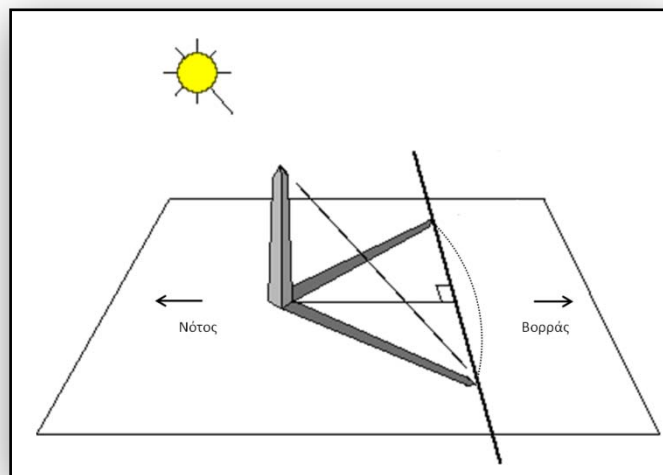
Ο Νίκος Κανδεράκης έχει σπουδάσει Φυσική στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης και έχει κάνει διδακτορικό στην Ιστορία και τη Φιλοσοφία των Επιστημών στο Πανεπιστήμιο Αθηνών. Έχει δουλέψει πολλά χρόνια στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Τα ενδιαφέροντά του εστιάζονται στην Ιστορία της Φυσικής και στη σχέση της με τη διδασκαλία της.

Ο Γνώμονας, ένα απλό αστρονομικό όργανο και οι χρήσεις του στην εκπαίδευση

Σοφία Γκοτζαμάνη και Σταύρος Αυγολύπης

Ο Γνώμονας

Ο Γνώμονας είναι το πιο απλό αστρονομικό όργανο και το πρώτο που χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο για τον προσδιορισμό αστρονομικών μεγεθών. Αποτελείται από μία ράβδο γνωστού μήκους στηριγμένη κατακόρυφα σε ένα οριζόντιο επίπεδο (Εικόνα 1).



Εικόνα 1: Ο Γνώμονας, το πρώτο και το πιο απλό αστρονομικό όργανο. Η διχοτόμος της γωνίας δύο ισομήκων σκιών του μας δίνει τη διεύθυνση Βορρά-Νότου.

Από το μήκος και μόνο της σκιάς που ρίχνει αυτή η κατακόρυφη ράβδος πάνω στο οριζόντιο επίπεδο κατά τη στιγμή της μεσουράνησης του Ήλιου (μεσημβρινή σκιά) μπορούμε να βρούμε:

- 1) Τη διεύθυνση Βορρά – Νότου.
- 2) Τη διάρκεια του έτους.
- 3) Την έναρξη και τη διάρκεια των εποχών.
- 4) Το γεωγραφικό πλάτος του τόπου.

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

- 5) Τη λόξωση της εκλειπτικής, δηλαδή τη γωνία του επιπέδου της ετήσιας περιφοράς της Γης γύρω από τον Ήλιο με το επίπεδο του Ισημερινού της, γνωστού ως ουράνιου Ισημερινού.
- 6) Το ύψος της ημερήσιας φαινόμενης τροχιάς του Ήλιου από τον ουράνιο Ισημερινό, που λέγεται απόκλιση του Ήλιου.
- 7) Την ακτίνα της Γης.

Εισαγωγικές Αστρονομικές Γνώσεις

Ο άξονας περιστροφής της Γης, γνωστός και ως **άξονας του κόσμου**, σχηματίζει με τον ορίζοντα κάθε τόπου και από τη θέση του γεωγραφικού ή αστρονομικού Βορρά γωνία ίση με το **γεωγραφικό πλάτος (φ)** του τόπου, όπου βρισκόμαστε. Πολύ κοντά στο σημείο της ουράνιας σφαίρας από όπου περνάει ο άξονας περιστροφής της Γης βρίσκεται ο τελευταίος αστέρας της ουράς της Μικρής Άρκτου, που είναι και ο πιο λαμπρός αστέρας του αστερισμού αυτού. Για το λόγο αυτό ο αστέρας αυτός μένει ακίνητος στην ουράνια σφαίρα και λέγεται **Πολικός Αστέρας**. Επομένως το ύψος του Πολικού αστέρα είναι ίσο με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου παρατήρησης.

Άρα το επίπεδο του Ισημερινού της Γης με το επίπεδο του ορίζοντα από το Νότο σχηματίζει γωνία συμπληρωματική του γεωγραφικού πλάτους ίση με $90-\varphi$.

Εξ αιτίας της περιστροφής της Γης γύρω από τον άξονά της όλα τα ακίνητα αστέρια της ουράνιας σφαίρας φαίνονται να διαγράφουν τροχιές παράλληλες προς τον ουράνιο Ισημερινό αφού τα επίπεδά τους πρέπει να είναι κάθετα στον άξονα περιστροφής της Γης. Το πόσο πάνω ή κάτω από τον Ισημερινό βρίσκεται η κάθε τροχιά, λέγεται **απόκλιση του αστέρα (δ)**. Τέτοιες φαινόμενες ημερήσιες τροχιές φαίνεται να διαγράφει και ο Ήλιος με τη διαφορά όμως ότι κάθε μέρα η απόκλισή του είναι διαφορετική. Μεταβάλλεται από $\delta=-23^{\circ} 27'$ έως και $\delta=+23^{\circ} 27'$, διότι η γωνία που σχηματίζει το επίπεδο της φαινόμενης ετήσιας τροχιάς του Ήλιου με τον ουράνιο Ισημερινό, που είναι, όπως αναφέραμε προηγουμένως, η επέκταση του γήινου Ισημερινού, είναι ίση με $\omega=23^{\circ} 27'$ και λέγεται **λόξωση της εκλειπτικής**.

Η γωνία αυτή είναι υπεύθυνη για τις εποχές του έτους καθώς εξ αιτίας της μεταβάλλεται η γωνία πρόσπτωσης των ακτίνων του Ήλιου στην επιφάνεια της Γης. Στις 21 Ιουνίου η απόκλιση του Ήλιου γίνεται $\delta=+\omega=+23^{\circ} 27'$ και λέμε ότι ο Ήλιος βρίσκεται στο **θερινό ηλιοστάσιο**. Την ημέρα αυτή έχουμε την έναρξη του θέρους. Στις 21 Μαρτίου και 22 Σεπτεμβρίου έχουμε $\delta=0$, δηλαδή την **εαρινή και φθινοπωρινή ισημερία** με έναρξη της Άνοιξης και του Φθινοπώρου αντίστοιχα. Στις 22 Δεκεμβρίου ο Ήλιος παίρνει την απόκλιση $\delta=-\omega=-23^{\circ} 27'$ και έχουμε το **χειμερινό ηλιοστάσιο**, δηλαδή την έναρξη του Χειμώνα. Ο Ήλιος επομένως δεν ανατέλλει κάθε μέρα από το σημείο της γεωγραφικής Ανατολής παρά μόνο στις ημέρες των ισημεριών. Τις υπόλοιπες ημέρες του έτους ανατέλλει από σημεία του ορίζοντα που βρίσκονται βορειότερα ή νοτιότερα της Ανατολής (Kuhn and Koupelis 2000).

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Τη στιγμή που ο Ήλιος ανατέλλει έχει ύψος μηδέν και η σκιά της κατακόρυφης ράβδου πέφτει προς τη διεύθυνση της Δύσης με θεωρητικά άπειρο μήκος. Το μήκος αυτό της σκιάς καθώς ο Ήλιος ανεβαίνει πάνω από τον ορίζοντα συνεχώς μικραίνει και η σκιά κατευθύνεται προς το Βορρά. Όταν ο Ήλιος μεσουρανή, δηλαδή όταν ο Ήλιος πάρει το μεγαλύτερο ύψος που καθορίζει η ημερήσια τροχιά του, τότε η σκιά, που λέγεται μεσημβρινή σκιά, κατευθύνεται ακριβώς προς το Βορρά και το μήκος της είναι το μικρότερο της ημέρας.

Το μήκος της μεσημβρινής σκιάς μεταβάλλεται από ημέρα σε ημέρα σημειώνοντας το ελάχιστο του έτους στο θερινό ηλιοστάσιο και το μεγαλύτερο του έτους στο χειμερινό ηλιοστάσιο. Επομένως η διάρκεια του έτους βρίσκεται από το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών θερινών ή χειμερινών ηλιοστασίων. Αξίζει να σημειώσουμε ότι η ετήσια τροχιά της Γης γύρω από τον Ήλιο είναι ελλειπτική και έτσι περίπου στις 5 Ιανουαρίου βρίσκεται στο πιο κοντινό της σημείο στον Ήλιο (**περιήλιο**) απέχοντας περίπου 147 εκατομμύρια χιλιόμετρα και στις 5 Ιουλίου βρίσκεται στο πιο μακρινό της σημείο (**αφήλιο**) απέχοντας περίπου 152 εκατομμύρια χιλιόμετρα (Αυγολούπης και Σειραδάκης, 2009)

Η προσπάθεια για την εύρεση της ώρας με τη χρήση της διεύθυνσης της σκιάς του Γνώμονα κατά τη διάρκεια της ημέρας συνάντησε πολλά προβλήματα και εγκαταλείφθηκε πολύ νωρίς. Το πρόβλημα λύθηκε όμως όταν η κατακόρυφη ράβδος του Γνώμονα έγινε παράλληλη προς τη διεύθυνση του άξονα περιστροφής της Γης, διότι σε αυτή τη περίπτωση η σκιά της ράβδου μεταβάλλει μεν το μήκος της ανάλογα με την ώρα, αλλά διατηρεί σταθερή τη διεύθυνσή για την ίδια ώρα της ημέρας μέσα σε ολόκληρο το έτος. Έτσι κατασκευάστηκαν τα ηλιακά ρολόγια γνωστά και ως σκιαθηρικά ρολόγια με την έννοια ότι «κυνηγούν» τη σκιά του Ήλιου (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Οριζόντιο ηλιακό ρολόι στον Εθνικό Κήπο [<http://el.wikipedia.org>].

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Τα ηλιακά ρολόγια διακρίνονται σε οριζόντια και σε κατακόρυφα ανάλογα με τη θέση του επιπέδου πάνω στα οποία στηρίζεται η ράβδος και πέφτει η σκιά της. Μ' αυτά προσδιορίζεται ο Αληθής Ηλιακός Χρόνος και μετά για να βρούμε τον επίσημο χρόνο των ρολογιών χρειαζόμαστε κάποιες διορθώσεις, που δε θα τις αναφέρουμε στην παρούσα εργασία. Για την κατασκευή όμως των ηλιακών ρολογιών είναι απαραίτητη η εύρεση της διεύθυνσης Βορρά-Νότου, που αναφέρουμε στη συνέχεια (Αυγολούπης, 2008).

Χρήσεις του Γνώμονα

α) Προσδιορισμός της διεύθυνσης Βορρά – Νότου

Σημειώνουμε την ακριβή σκιά που ρίχνει η ράβδος του Γνώμονα πάνω στο οριζόντιο επίπεδο, καθώς φωτίζεται από τον Ήλιο. Η διεύθυνση της μικρότερης σκιάς που ρίχνει ο Γνώμονας κατά τη μεσουράνηση του Ήλιου, και που κατευθύνεται προς το Βορρά, βρίσκεται πρακτικά ως η διχοτόμος της γωνίας δύο ισομήκων σκιών. Τέτοιες ισομήκεις σκιές σχηματίζονται όταν ο Ήλιος βρίσκεται σε ίσα ύψη πριν και μετά τη μεσουράνησή του.

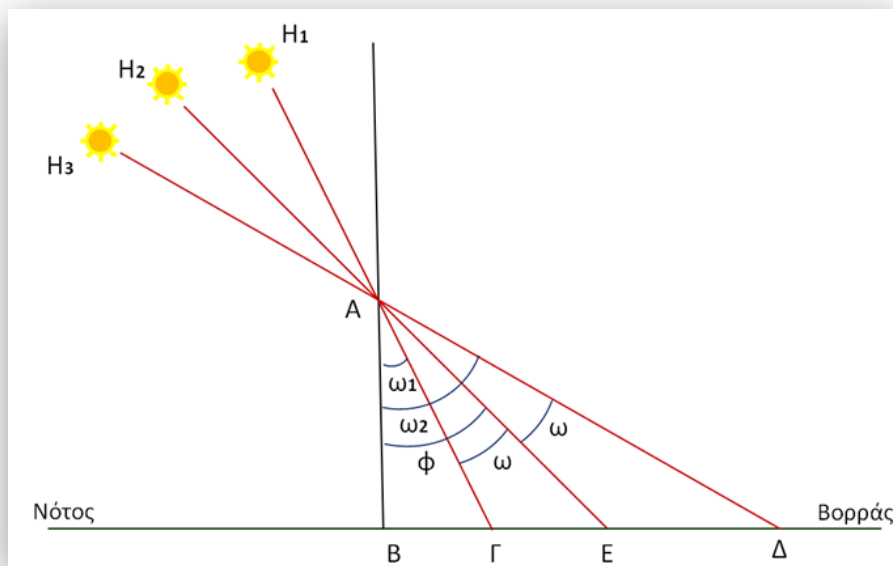
Για τον πιο ακριβή προσδιορισμό της διεύθυνσης Βορρά-Νότου, που είναι απαραίτητη για την κατασκευή ηλιακών ρολογιών, παίρνουμε περισσότερα ζεύγη ισομήκων σκιών και ως τελική διεύθυνση της μεσημβρινής γραμμής Βορρά-Νότου παίρνουμε την κοινή διχοτόμο όλων των γωνιών αυτών (Εικόνα 1).

β) Προσδιορισμός της διάρκειας του έτους και των εποχών, του γεωγραφικού πλάτους του τόπου παρατήρησης και της λόξωσης της εκλειπτικής.

Η ετήσια περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο, όπως αναφέραμε προηγουμένως, γίνεται πάνω στο επίπεδο της εκλειπτικής, το οποίο σχηματίζει με τον Ισημερινό γωνία $\omega = 23^\circ 27'$ (λόξωση της εκλειπτικής). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η ημερήσια φαινόμενη τροχιά του Ήλιου (δηλαδή ο κύκλος απόκλισής του), να μην είναι σταθερή αλλά να απομακρύνεται πάνω ή κάτω από τον Ισημερινό μέχρι $23^\circ 27'$.

Έτσι το μήκος της μεσημβρινής σκιάς, που ρίχνει η ράβδος κατά την άνω μεσουράνηση του Ήλιου, να είναι μεν το μικρότερο της ημέρας, αλλά να μεταβάλλεται από ημέρα σε ημέρα. Το μικρότερο μεσημβρινό μήκος (ΒΓ) παίρνει η σκιά όταν ο Ήλιος (H_1) βρίσκεται στο θερινό ηλιοστάσιο και το μεγαλύτερο (ΒΔ) όταν ο Ήλιος (H_3) βρίσκεται στο χειμερινό ηλιοστάσιο, ενώ ενδιάμεσα στη θέση (H_2) βρίσκεται στις ισημερίες ($H_1AH_2=H_2AH_3$) ρίχνοντας τη σκιά (ΒΕ) (Εικόνα 3).

Επειδή $E\hat{A}D = E\hat{A}G = \omega$ και $B\hat{E}A = 90 - \varphi$ (γωνία επιπέδου ισημερινού με επίπεδο του ορίζοντα) έχουμε $\varphi = \frac{1}{2}(\omega_1 + \omega_2)$ και $\omega = \frac{1}{2}(\omega_2 - \omega_1)$, όπου $\epsilon\varphi\omega_1 = \frac{(B\Gamma)}{(AB)}$ και $\epsilon\varphi\omega_2 = \frac{(B\Delta)}{(AB)}$.



Εικόνα 3: Υπολογισμός του γεωγραφικού πλάτους και της λόξωσης της εκλειπτικής.

Από το ορθογώνιο τρίγωνο ABE υπολογίζουμε και το μήκος της μεσημβρινής σκιάς του Γνώμονα κατά τις ισημερίες $(BE)=(AB)\cdot\epsilon\phi\phi$ και έτσι προσδιορίζουμε την αρχή της Άνοιξης και του Φθινοπώρου. Επομένως, έτσι βρίσκουμε τη διάρκεια του έτους καθώς επίσης την έναρξη και τη διάρκεια των εποχών.

Ο Μέτων ο Αθηναίος, που έζησε κατά το δεύτερο ήμισυ του 5ου αιώνα π.Χ., κατασκεύασε μια τελειοποιημένη μορφή του Γνώμονα, το «ηλιοτρόπιον» και με τη βοήθειά του ανακάλυψε την ανισότητα των εποχών. Η διάρκεια της Άνοιξης θα ήταν ίση με τη διάρκεια του Καλοκαιριού και του Φθινοπώρου με τον Χειμώνα μόνο αν ο άξονας της ελλειπτικής τροχιάς της Γης γύρω από τον Ήλιο συνέπιπτε με τη γραμμή των τροπών, που συνδέει τα δύο Ηλιοστάσια.

γ) Προσδιορισμός της απόκλισης του Ήλιου

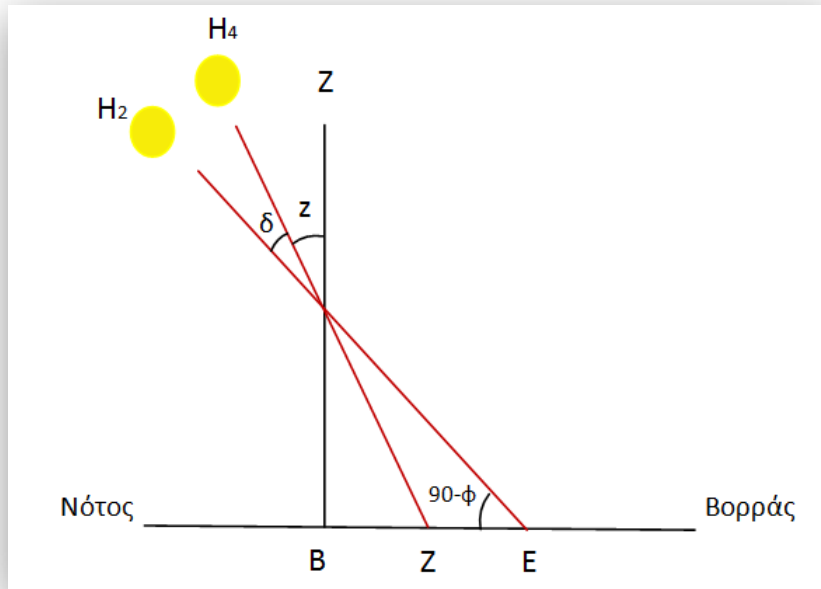
Για να βρούμε την απόκλιση του Ήλιου μια οποιαδήποτε ημέρα του χρόνου αρκεί να βρούμε τη γωνία δ , δηλαδή το πόσο πάνω ή κάτω από τον Ισημερινό βρίσκεται ο Ήλιος εκείνη την ημέρα. Αν (BZ) είναι η μεσημβρινή σκιά του Γνώμονα εκείνη την ημέρα (Εικόνα 4) τότε $\delta=\phi-z$, όπου $\epsilon\phi z = \frac{(BZ)}{(AB)}$, αφού H_2 , όπως αναφέραμε στη προηγούμενη εικόνα, είναι η θέση της μεσουράνησης του Ήλιου κατά τις ισημερίες, τότε που ο Ήλιος βρίσκεται πάνω στον Ισημερινό.

δ) Υπολογισμός της ακτίνας της Γης

Με τη βοήθεια του Γνώμονα και με τη μέθοδο που αναπτύξαμε προηγουμένως αν υπολογίσουμε τα γεωγραφικά πλάτη ϕ_1 και ϕ_2 δύο τόπων, που βρίσκονται στον ίδιο μεσημβρινό της Γης ή σε πολύ

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

κοντινούς, αλλά και σε γνωστή μεταξύ τους απόσταση (s) τότε με την απλή σκέψη ότι σε τόξο της επιφάνειας της Γης $\varphi_2 - \varphi_1$ αντιστοιχεί μήκος s βρίσκουμε το μήκος της περιφέρειας της Γης, καθώς την θεωρούμε σφαιρική.

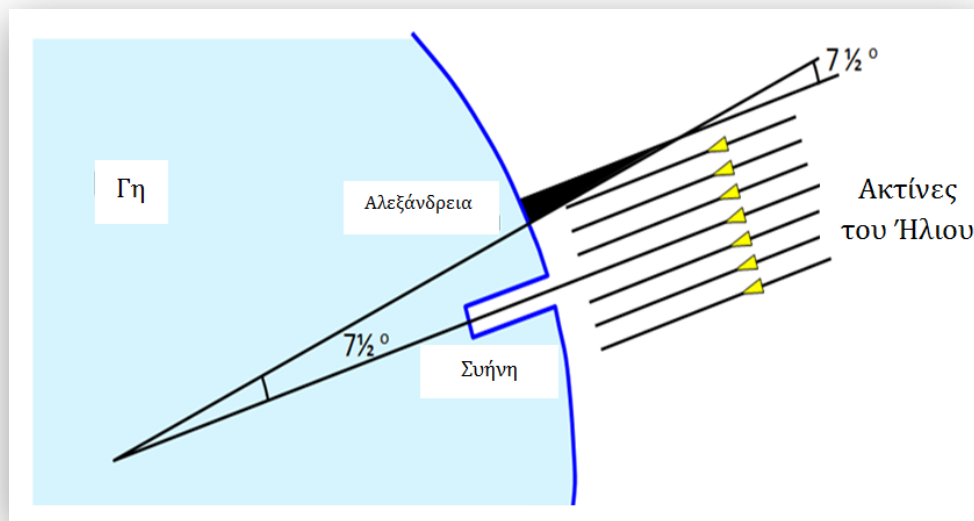


Εικόνα 4: Υπολογισμός της ημερήσιας απόκλισης του Ήλιου.

Κατά τη διάρκεια της νύχτας με πολύ απλό τρόπο μπορούμε να βρούμε το ύψος u_1 και u_2 του πολικού αστέρα των δύο αυτών τόπων οπότε πάλι με τον ίδιο τρόπο βρίσκουμε την ακτίνα της Γης, αφού $u_1 = \varphi_1$ και $u_2 = \varphi_2$.

Την ίδια μέθοδο ακριβώς χρησιμοποίησε και ο Ερατοσθένης καθώς γνώριζε ότι η Αλεξάνδρεια και η Συήνη (το σημερινό Ασουάν) της Αιγύπτου βρίσκονται στον ίδιο γήινο μεσημβρινό και ότι απέχουν μεταξύ τους 800 km. Γνώριζε επίσης ότι μια συγκεκριμένη ημέρα του έτους ο Ήλιος κατά τη μεσουράνησή του βρίσκονταν στο Ζενίθ στη Συήνη, καθώς εκείνη τη στιγμή ο Ήλιος καθρεπτιζόταν στα νερά ενός πηγαδιού μεγάλου βάθους. Την ίδια στιγμή ο Ήλιος μεσουρανούσε και στην Αλεξάνδρεια. Τη στιγμή της μεσουράνησης με τη βοήθεια του Γνώμονα υπολόγισε το ύψος του Ήλιου στην Αλεξάνδρεια και το βρήκε $82,5^\circ$ (Εικόνα 5).

Επομένως, αφού οι ακτίνες του Ήλιου πέφτουν παράλληλες στη Γη (λόγω της μεγάλης απόστασής του) και την ίδια στιγμή στη Συήνη πέφτουν κάθετα, ενώ στην Αλεξάνδρεια αποκλίνουν από την κατακόρυφο κατά $90^\circ - 82,5^\circ = 7,5^\circ$, σημαίνει ότι το μήκος των 800 Km πάνω στη Γη αντιστοιχεί στο γήινο τόξο των 7,5 μοιρών και έτσι βρήκε την περιφέρεια και την ακτίνα της Γης, θεωρώντας τη Γη σφαιρική.



Εικόνα 5. Υπολογισμός της ακτίνας της Γης με τη μέθοδο του Ερατοσθένη
[<http://makolas.blogspot.gr/2013/06/projects.html>].

Προτάσεις για διδακτική αξιοποίηση

Ο Γνώμονας είναι το αρχαιότερο και το πιο απλό αστρονομικό όργανο που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος για αστρονομικές παρατηρήσεις και μετρήσεις. Η περιγραφή των αστρονομικών παρατηρήσεων και των μετρήσεων, που προηγήθηκαν στην παρούσα εργασία, μπορούν να αξιοποιηθούν διδακτικά κυρίως στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (στο μάθημα της Γεωγραφίας είτε στο πλαίσιο ερευνητικών εργασιών ή προγραμμάτων περιβαλλοντολογικής εκπαίδευσης) ενώ πειραματικές δραστηριότητες, όπως για παράδειγμα η εύρεση της μεσημβρινής γραμμής στην αυλή του σχολείου, μπορεί να απασχολήσουν και τους μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Οι ερωτήσεις που ακολουθούν ευελπιστούμε ότι μπορεί να αποτελέσουν έναυσμα για μια εισαγωγή των μαθητών στην παρατήρηση του μεγάκοσμου και στη μελέτη του χώρου που μας περιβάλλει, με στόχο την καλλιέργεια της ερευνητικής σκέψης.

1. Γιατί προτιμούμε οι προσόψεις των σπιτιών στη χώρα μας να είναι στραμμένες προς το Νότο; Συμβαίνει το ίδιο και σε αντίστοιχες χώρες του Νότιου ημισφαιρίου του ίδιου γεωγραφικού πλάτους;
2. Για τους κατοίκους του Ισημερινού υπάρχει μια τέτοια προτίμηση; Προς ποια κατεύθυνση;
3. Υπάρχει περίοδος του έτους που η μεσημβρινή σκιά μας διευθύνεται προς το Νότο;
4. Ένας ηλιακός συλλέκτης στην οροφή του σπιτιού μας, τι γωνία πρέπει να σχηματίζει με το οριζόντιο επίπεδο για να έχει την μέγιστη απόδοση κατά το χειμερινό Ηλιοστάσιο;
5. Ο Ήλιος ανατέλλει πάντα από το γεωγραφικό σημείο της Ανατολής του ορίζοντα κάθε τόπου;

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

6. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ο Ήλιος ανατέλλει από σημεία του ορίζοντα που βρίσκονται νοτιότερα ή βορειότερα της Ανατολής;
7. Πώς καθορίζουμε αν ο Ήλιος ανατέλλει από δεξιά ή από αριστερά; Στη χώρα μας ο Ήλιος ανατέλλει από δεξιά μας ή από αριστερά μας;
8. Μπορείτε να βρείτε αναφορές του Ηρόδοτου σχετικά με τους θαλασσοπόρους Φοίνικες που είδαν τον Ήλιο να ανατέλλει από αριστερά τους; Γιατί συνέβη αυτό;
9. Πώς καθορίζεται ο διαχωρισμός της εύκρατης από τη διακεκαυμένη ζώνη πάνω στη Γη με τη βοήθεια της σκιάς του Γνώμονα;
10. Αφού η Γη βρίσκεται πιο κοντά στον Ήλιο περίπου στις 5 Ιανουαρίου (περίηλιο της τροχιάς της) γιατί εμείς στο Βόρειο ημισφαίριο έχουμε Χειμώνα;
11. Για το ίδιο γεωγραφικό πλάτος του Βόρειου και του Νότιου ημισφαιρίου της Γης, πού είναι το θερμότερο Καλοκαίρι και πού ο ψυχρότερος Χειμώνας και γιατί;
12. Η διεύθυνση του γεωγραφικού Βορρά ταυτίζεται με τη διεύθυνση του μαγνητικού Βορρά;
13. Που οφείλεται η ανισότητα των εποχών του έτους;
14. Ένας αστέρας, όταν παρατηρείται από τόπους με διαφορετικό γεωγραφικό πλάτος, δεν έχει το ίδιο ύψος κατά τη μεσουράνησή του. Αυτό αποτέλεσε για τον Αριστοτέλη μια από τις αποδείξεις της σφαιρικότητας της Γης. Γιατί;
15. Η μεταβολή του μεσημβρινού ύψους ενός αστέρα, για δύο τόπους που βρίσκονται στον ίδιο μεσημβρινό της Γης, πώς θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της ακτίνας της Γης;
16. Για την προηγούμενη άσκηση γιατί θα προτιμούσατε τον Πολικό αστέρα, ή έναν τυχαίο αστέρα, προκειμένου να υπολογίσετε την ακτίνα της Γης;
17. Η μεταβολή του μεσημβρινού ύψους του Ήλιου, όπως αυτή υπολογίζεται με τη βοήθεια του Γνώμονα, για δύο τόπους, που η μεσουράνηση του Ήλιου συμβαίνει την ίδια ώρα, πώς θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της ακτίνας της Γης; Η άσκηση αυτή μπορεί να γίνει στο πλαίσιο συνεργασίας δύο σχολείων. Με ποιο κριτήριο θα επιλέγατε σχολεία για τη συνεργασία αυτή;
18. Η εύρεση της διεύθυνσης Βορρά – Νότου, που είναι απαραίτητη για τη κατασκευή ενός ηλιακού ρολογιού, γιατί δεν μπορεί να γίνει με τη βοήθεια της μαγνητικής βελόνας;
19. Μπορείτε να βρείτε για καθένα από τους παρακάτω φιλοσόφους τι επέτυχαν με τη χρήση του Γνώμονα; 1. Θαλής ο Μιλήσιος 2. Αναξίμανδρος ο Μιλήσιος 3. Δημόκριτος ο Αβδηρίτης 4. Μέτων ο Αθηναίος 5. Εύδοξος ο Κνίδιος
20. Καταγράψτε τους πιο διάσημους οβελίσκους που κοσμούν σήμερα τις πλατείες πολλών μεγάλων πόλεων και είναι κατακόρυφοι Γνώμονες που χρησιμοποιούνταν για αστρονομικές παρατηρήσεις και μετρήσεις.



Εικόνα 5. Αιγυπτιακός οβελίσκος στο Παρίσι [<http://commons.wikimedia.org/>].

Βιβλιογραφία

Αυγολούπης, Σ. (2008). *Το Εγγύς Διαστημικό Περιβάλλον της Γης – Ιστορία, Τεχνολογία και Επιστήμη της Αστρονομίας*. Εκδόσεις Πλανητάριο Θεσσαλονίκης.

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

Kuhn, K.F., Koupelis T. (2000). *In quest of the Universe*. Jones and Bartlett Publishers, USA.



Η Σοφία Γκοτζαμάνη είναι πτυχιούχος του Μαθηματικού Τμήματος και του ΤΕΦΑΑ του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Μέσα από τα προπτυχιακά μαθήματα Αστρονομίας, αλλά και από τις εξωπανεπιστημιακές δράσεις της, απέκτησε μια ιδιαίτερη σχέση με το αντικείμενο της Αστρονομίας. Τις γνώσεις και την αγάπη της για την Αστρονομία φροντίζει να μεταδίδει μέσα από την διδασκαλία σε δημόσια σχολεία αλλά και με την πολυετή δράση της σε παιδικές κατασκηνώσεις.



Ο Σταύρος Αυγολούπης είναι καθηγητής Αστρονομίας στο Π.Τ.Δ.Ε. του Α.Π.Π.. 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

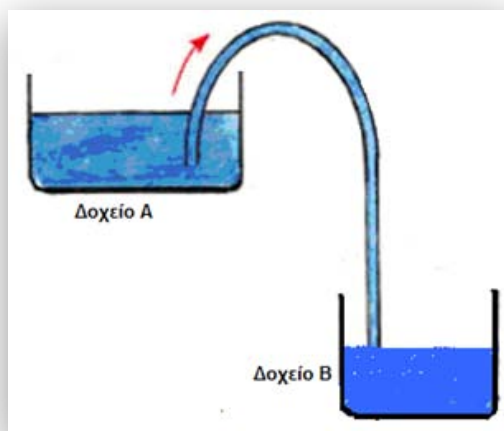
Ο όρος “Αστικός μύθος” ή “Αστικός θρύλος” χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει κάτι ευρύτατα διαδεδομένο το οποίο όμως δεν στηρίζεται σε γεγονότα, ούτε στη βιβλιογραφία. Στη στήλη “Αστικοί μύθοι και διδακτικοί θρύλοι” θα δημοσιεύονται απόψεις ευρύτατα διαδεδομένες και μάλλον αποδεκτές από πολλούς οι οποίες αφορούν είτε το περιεχόμενο των Φυσικών Επιστημών είτε τη διδακτική των Φυσικών Επιστημών, που έρχονται, όμως, σε αντίθεση με την οικεία επιστήμη.

Πως λειτουργεί ο σίφωνας; ;

Παναγιώτης Κουμαράς

Εισαγωγή

Ο σίφωνας είναι ένας καμπυλωμένος σωλήνας (ένα λάστιχο), με δύο άνισα σκέλη. Γεμίζεται με κάποιο υγρό, και με κλειστά τα άκρα του, το κοντό σκέλος βυθίζεται σε δοχείο που περιέχει ίδιο υγρό. Όταν, στη συνέχεια ανοιχτούν τα δυο του άκρα, το υγρό εκρέει από το ελεύθερο άκρο του σωλήνα που βρίσκεται χαμηλότερα από την επιφάνεια του υγρού στο δοχείο. Ενδιάμεσα το υγρό, κατά μήκος του κοντού σκέλους του, έχει ακολουθήσει ανοδική πορεία. Διαδεδομένη είναι η άποψη ότι ο σίφωνας λειτουργεί λόγω της ατμοσφαιρικής πίεσης. Όμως πειραματικά έχειδειχτεί ότι ο σίφωνας μπορεί να λειτουργήσει: α) ακόμη και στο κενό και β) και αν ακόμη το ύψος του κοντού σκέλους του είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο ύψος του υγρού που μπορεί να συγκρατηθεί από την ατμοσφαιρική πίεση (Nokes M., 1948).



Σχήμα 1. Σίφωνας σε λειτουργία

Για τη λειτουργία του σίφωνα υπάρχει εκτεταμένη βιβλιογραφία με αντιπαραθέσεις, η οποία αναζωπυρώθηκε τα τελευταία χρόνια μετά την επισήμανση (Hughes 2010) ότι ο ορισμός στο λεξικό της Οξφόρδης, μεταξύ πολλών λεξικών που δίνουν αντίστοιχο ορισμό, είναι λάθος γιατί αναφέρει ότι η δύναμη που ξεκινάει τη λειτουργία του σίφωνα είναι η δύναμη που προκαλείται από την ατμοσφαιρική πίεση και όχι η βαρύτητα. Μια σειρά άρθρων που είχαν προηγηθεί (Nokes, 1948; Potter & Barnes, 1971; Benenson, 1991; Ganci & Yagorenkon, 2008) ή ακολούθησαν (Planinšič & Sliško, 2010; Hughes, 2011; Richert & Binder, 2011; Boatwright, Puttick & Licence, 2011; Nanayakkara & Rosa, 2012; McGuire, 2012) δίνοντας εξηγήσεις για τη λειτουργία του σίφωνα δείχνει το ενδιαφέρον για το θέμα. Πρώτη γραπτή αναφορά και ερμηνεία της λειτουργίας του σίφωνα γίνεται από τον Ήρωνα τον Αλεξανδρινό στα “Πνευματικά” (Woodcroft, 1851, σελίδες 12-13).

Πως λειτουργεί ο σίφοντας;

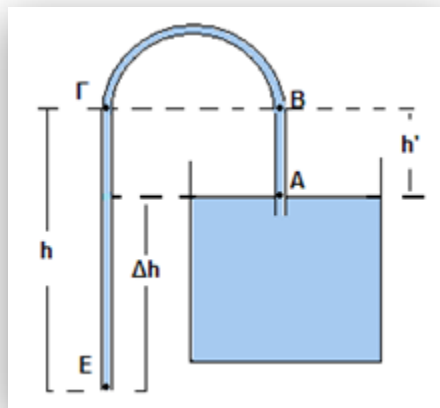
I. Ερμηνείες που στηρίζονται στην Υδροστατική

A) Από τους Ganci και Yegorenkon (2008) καταγράφεται μια από τις παλιότερες ερμηνείες για τη λειτουργία του σίφωνα, δίνεται το 1714 στο “Histoire de l’ Académie royale”. Η ερμηνεία σε γενικές γραμμές:

Οι πιέσεις στο A και στο E, Σχήμα 2, είναι ίσες με την ατμοσφαιρική δηλαδή, $p_E = p_A = p_{\text{ατμ}}$. Στο B η πίεση είναι $p_B = p_A - dgh'$ ή $p_B = p_{\text{ατμ}} - dgh'$, όπου d η πυκνότητα του υγρού, g η επιτάχυνση της βαρύτητας και h' το ύψος της στήλης AB. Στο Γ (στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο με το B) είναι $p_\Gamma = p_E - dgh$ ή $p_\Gamma = p_{\text{ατμ}} - dgh$, όπου h το ύψος της στήλης ΓΕ. Άρα μεταξύ των σημείων B και Γ υπάρχει μια διαφορά πίεσης

$$\Delta p = p_B - p_\Gamma = (p_{\text{ατμ}} - dgh') - (p_{\text{ατμ}} - dgh) = dg(h - h')$$

που κάνει το υγρό να ρέει από το B στο Γ και στη συνέχεια να εκρέει. Η ατμοσφαιρική πίεση στο A συντηρεί τη ροή.



Σχήμα 2. Διάγραμμα του σίφωνα, υδροστατική αντιμετώπιση

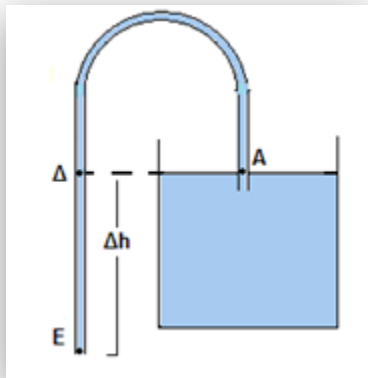
Σύμφωνα με τους Ganci και Yegorenkon (2008) η εξήγηση αυτή αναπαράγεται και παρουσιάζεται στα κύρια σχολικά βιβλία του 19^{ου} αιώνα αλλά συναντάται και σε βιβλία του 20^{ου}.

Η παραπάνω ερμηνεία είναι **λάθος**: Αν το υγρό είναι στατικό (οι σχέσεις $p_B = p_{\text{ατμ}} - \rho gh'$ και $p_{\Gamma} = p_{\text{ατμ}} - \rho gh$ είναι από την “υδροστατική”) οι πιέσεις στα σημεία B και Γ, που βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο, δεν είναι δυνατό να είναι διαφορετικές μεταξύ τους, ισχύει $p_B = p_{\Gamma}$

B) Από τους Potter και Barnes (1971) αναφέρεται ότι η συνήθης ερμηνεία που δίνεται στα βιβλία επιπέδου GCE O και A επιπέδου του 20^{ου} αιώνα είναι, σε γενικές γραμμές η εξής:

Έστω A, Δ και E σημεία μέσα στο υγρό του σίφωνα, Σχήμα 3. Στο σημείο A η πίεση, p_A , είναι ίση με την ατμοσφαιρική. Στο σημείο Δ η πίεση είναι ίση με την πίεση στο σημείο A, αφού Δ και A είναι στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο, δηλαδή, $p_{\Delta} = p_A = p_{\text{ατμ}}$ (1). Η πίεση στο E είναι $p_E = p_{\Delta} + \rho g \Delta h$ και από την (1) προκύπτει $p_E = p_A + \rho g \Delta h$ ή $p_E = p_{\text{ατμ}} + \rho g \Delta h$, δηλαδή η πίεση στο E είναι μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική κατά τον παράγοντα $\rho g \Delta h$, και για αυτό το νερό εκρέει. Η ατμοσφαιρική πίεση στο A συντηρεί τη ροή.

Έχω καταγράψει την άποψη αυτή ως την πλέον διαδεδομένη μεταξύ των Φυσικών στη χώρα μας.



Σχήμα 3. Διάγραμμα του σίφωνα, υδροστατική αντιμετώπιση

Η ερμηνεία αυτή, όμως, **είναι σωστή μόνο όταν δεν υπάρχει ροή**. Τα όριά της είναι φανερά: περιγράφει μια (υδρο)στατική κατάσταση, άρα επαρκεί μόνο στιγμιαία για το ξεκίνημα της λειτουργίας του σίφωνα. Όταν ο σίφοντας λειτουργεί, έχουμε ροή και άρα επιβάλλεται να αναζητήσουμε (υδρο)δυναμικές απαντήσεις για τη συνέχεια της λειτουργίας του.

Στην ερώτηση: «Λειτουργεί ο σίφοντας στο κενό» και οι δυο παραπάνω ερμηνείες απαντούν: «Όχι!» Από τους Ganci και Yegorenkon (2008) αναφέρονται βιβλία που σαφώς δίνουν αυτή την απάντηση.

Σημείωση: Ο Epstein στο βιβλίο του «στις γειτονιές της φυσικής» καταγράφει ως συνηθισμένη την άποψη ότι ο σίφοντας λειτουργεί «λόγω διαφοράς ατμοσφαιρικής πίεσης στις άκρες του», δηλαδή στα

σημεία Α και Ε του σχήματος 3 (Erstein, 1989, σελ.143). Την άποψη αυτή έχω και εγώ καταγράψει. Αν βέβαια ίσχυε αυτό η λειτουργία του σίφωνα θα έπρεπε να γίνεται κατά την αντίθετη κατεύθυνση.

II. Ερμηνεία που στηρίζεται στην Υδροδυναμική

Κατά τη λειτουργία του σίφωνα έχουμε ροή υγρού σε σωλήνα. Από τη δυναμική των ρευστών για ασυμπίεστα ρευστά, χωρίς ιξώδες που ρέουν χωρίς στροβίλους και με στρωτή ροή για δυο σημεία 1 και 2 του υγρού έχουμε:

την εξίσωση της συνέχειας:

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 = \text{σταθερό} \quad (2)$$

και την εξίσωση του Bernoulli

$$p_1 + \frac{1}{2} d v_1^2 + d g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} d v_2^2 + d g h_2 = \text{σταθερό} \quad (3)$$

όπου d η πυκνότητα του υγρού, S το εμβαδόν της διατομής του σωλήνα στο σημείο που μας απασχολεί, v η ταχύτητα ροής του υγρού σε αυτό το σημείο και h η απόσταση του σημείου μας από επίπεδο που έχουμε ορίσει ως επίπεδο αναφοράς (Serway 1990, σελ. 390-393).

Υποθέτουμε ότι η διατομή του δοχείου είναι πολύ μεγάλη σε σχέση με τη διατομή του σωλήνα, που αποτελεί τον σίφωνα, και ότι η διατομή του σωλήνα είναι παντού η ίδια. Από τις υποθέσεις μας, με βάση τη σχέση 2, προκύπτει: α) η καθοδική ταχύτητα της επιφάνειας του υγρού στο δοχείο είναι ουσιαστικά μηδενική, δηλαδή η επιφάνεια του υγρού μένει πρακτικά αμετάβλητη και β) η ταχύτητα ροής του υγρού παντού μέσα στο σωλήνα του σίφωνα είναι σταθερή, παντού ή ίδια. Στη συνέχεια ως επίπεδο αναφοράς ορίζεται η επιφάνεια του υγρού στο δοχείο.

Η εφαρμογή της εξίσωσης του Bernoulli για ένα σημείο Κ της επιφάνειας του υγρού στο δοχείο και για ένα σημείο Α (Σχήμα 4) που βρίσκεται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο, αλλά μέσα στο σίφωνα μας δίνει:

$$p_K + \frac{1}{2} d v_K^2 + d g h = p_A + \frac{1}{2} d v_A^2 + d g h \quad (4)$$

Είναι $v_K=0$, $v_A=v$, $h=0$, διότι ως επίπεδο αναφοράς ορίσαμε την επιφάνεια του υγρού στο δοχείο, και $p_K=p_{\text{ατμ}}$, στο σημείο Κ έχουμε μόνο ατμοσφαιρική πίεση. Άρα η (4) γράφεται:

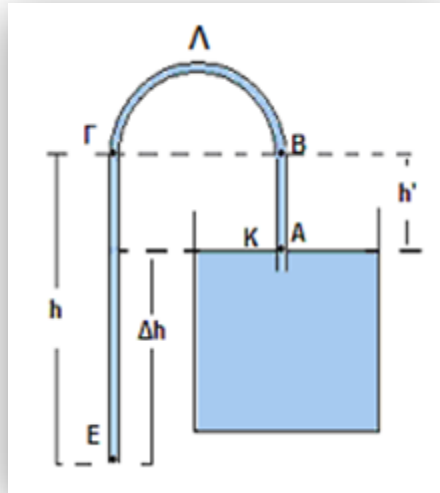
$$p_{\text{ατμ}} + 0 + 0 = p_A + \frac{1}{2} d v^2 + 0 \Rightarrow p_A = p_{\text{ατμ}} - \frac{1}{2} d v^2$$

Θυμίζω ότι η υδροστατική αντιμετώπιση για το σημείο Α έδινε $p_A=p_{\text{ατμ}}$. Η εξίσωση του Bernoulli για τα σημεία Κ και Β, δίνει:

$$p_K = p_B + \frac{1}{2} d v_B^2 + d g h' \Rightarrow p_K = p_B + \frac{1}{2} d v^2 + d g h'$$
$$p_B = p_K - \frac{1}{2} d v^2 - d g h'$$

Η υδροστατική για το σημείο Β έδινε $p_B=p_{\text{ατμ}}-d g h'$.

Άρα η υδροδυναμική δίνει την πίεση σε κάθε σημείο μέσα στο σίφωνα ελαττωμένη, από την πίεση που δίνει για το ίδιο σημείο η υδροστατική, κατά τον παράγοντα $1/2dv^2$, κάτι αναμενόμενο λόγω της ροής του υγρού.



Σχήμα 4. Διάγραμμα σίφωνα, υδροδυναμική αντιμετώπιση

Σήμερα υπάρχει γενική συναίνεση ότι η λειτουργία ενός σίφωνα μπορεί να εξηγηθεί ικανοποιητικά χρησιμοποιώντας την εξίσωση του Bernoulli (Potter & Barnes 1971; Serway, 1990; Benenson, 1991; Richert & Binder, 2011; Boatwright, Puttick & Licence, 2011). Αρχικά από τους Potter and Barnes (1971) γίνονται διορθώσεις για υγρά με ιξώδες και διορθώσεις εξαρτώμενες από τη διατομή του σωλήνα του σίφωνα. Αντίστοιχες διορθώσεις έχουν γίνει από τους Beneston (1991) και τους Synolakis and Badeer (1989). Δίνονται ακόμη και διορθώσεις λόγω διαταραχής των υδροδυναμικών γραμμών στην είσοδο του σωλήνα.

Ας δούμε τώρα με βάση τη σχέση

$$p_X = p_{\text{ατμ}} - \frac{1}{2}dv^2 - dgh_X$$

όπου X ένα τυχαίο σημείο, την εξήγηση της λειτουργίας του σίφωνα. Ας υποθέσουμε ότι στο Σχήμα 4 το δοχείο και ο σίφοντας είναι γεμάτα με ένα υγρό και η άκρη E του σίφωνα είναι κλειστή. Όταν ανοίξει η κλειστή άκρη E, τότε η πίεση στο E στιγμιαία είναι:

$$p_E = p_{\text{ατμ}} - \frac{1}{2}dv^2 - dg(-\Delta h)$$

$$p_E = p_{\text{ατμ}} + dg\Delta h$$

δεδομένου ότι η ταχύτητα του υγρού είναι 0, δηλαδή η p_E είναι στιγμιαία μεγαλύτερη από την εξωτερική πίεση $p_{\text{ατμ}}$ κατά το ποσό $dg\Delta h$ (βλ. και υδροστατική αντιμετώπιση, Σχήμα 3). Λόγω αυτής της διαφοράς πίεσης το υγρό θα αρχίσει να εκρέει από τον σωλήνα με αυξανόμενη ταχύτητα μέχρις

όπου η p_E να γίνει ίση με την $p_{ατμ}$. Ας υποθέσουμε ότι όταν $p_E=p_{ατμ}$ το υγρό ρέει μέσω του σωλήνα με ταχύτητα v . Σύμφωνα με την υδροδυναμική αντιμετώπιση που έγινε παραπάνω (Σχήμα 4) η πίεση στο Κ είναι $p_{ατμ}$ και η πίεση στο Α, ακριβώς στο ίδιο επίπεδο αλλά στο εσωτερικό της εισόδου του σωλήνα, είναι $p_A=p_{ατμ}-1/2\rho v^2$. Αυτή η διαφορά πίεσης κατά μήκος της εισόδου του σωλήνα, μέσα και έξω από το σωλήνα, διατηρεί τη ροή του υγρού (Potter & Barnes, 1971).

Ερωτήσεις: 1) Ας υποθέσουμε ότι η διάταξη του σχήματος 4 είναι σε χώρο στον οποίο μπορεί να μεταβάλλεται η εξωτερική πίεση. Τι προσδιορίζει την ελάχιστη τιμή πίεσης για να λειτουργεί ο σίφωνας; 3) Ας υποθέσουμε ότι η διάταξη του σχήματος 4 βρίσκεται στο κενό και ο αρχικά γεμισμένος με υγρό σίφωνας είναι κλειστός με αντίστοιχες βαλβίδες στα σημεία Α και Ε. Θα λειτουργήσει ο σίφωνας αν ανοίξουν ταυτόχρονα οι δυο βαλβίδες;

III. Ερμηνεία της λειτουργίας του σίφωνα που στηρίζεται στην ύπαρξη δυνάμεων συνοχής.

Ο Nokes το 1948 αρχίζει την εργασία του «The siphon» ως εξής:

“Η δράση του σίφωνα φαίνεται να μη γίνεται πλήρως κατανοητή από τους συγγραφείς ορισμένων σχολικών βιβλίων. Ίσως οι ακόλουθες παρατηρήσεις θα μπορούσαν να χρησιμεύσουν για να δώσουν μια σαφέστερη εικόνα των αρχών πάνω στις οποίες στηρίζεται η λειτουργία του σίφωνα:

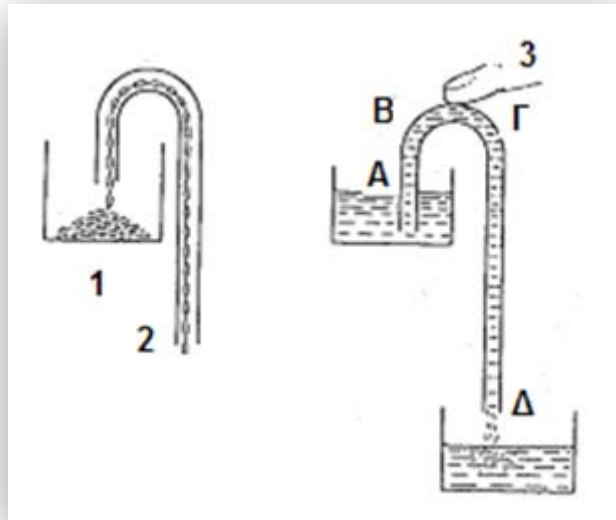
i. Ένας σίφωνας μπορεί να λειτουργεί στο κενό

ii. Το ύψος του σωλήνα με την προς τα πάνω ροή του υγρού (δηλαδή το ΑΛ στο Σχήμα 4) δεν περιορίζεται από το βαρομετρικό ύψος του υγρού” (Nokes 1948).

Ο Nokes έδειξε πειραματικά: 1. τη λειτουργία σίφωνα (χρησιμοποιώντας εναλλακτικά νερό, υδράργυρο, φθαλικό διβουτυλεστέρα) στο κενό και 2. τη μετάγχιση υδραργύρου σε συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης (βαρομετρικό ύψος για υδράργυρο: 76 cm Hg) με σίφωνα, το κοντό σκέλος του οποίου ήταν από 80 έως 84 cm. Από τον Minor αναφέρεται λειτουργία σίφωνα υδραργύρου, σε συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης, το κοντό σκέλος του οποίου είναι 110 cm (Minor, 1914). Ο σιφωνισμός στο κενό παρουσιάζει ιδιαίτερες πειραματικές δυσκολίες. Απαιτεί να αποφευχθούν παράγοντες όπως: αέριο διαλυμένο στο υγρό, μόρια αερίου προσκολλημένα στα τοιχώματα του σωλήνα, μηχανικό σοκ και τυρβώδης ροή του υγρού (Nokes 1948). Το πείραμα επαναλήφθηκε με σύγχρονα μέσα και υλικά από τους Boatwright *et al.* (2011).

Ο Nokes πρώτος χρησιμοποιείσαι για την ερμηνεία της λειτουργίας του σίφωνα την αναλογία που δείχνεται στο Σχήμα 5. Έκτοτε η αναλογία αυτή χρησιμοποιείται συχνά, όπως π.χ. από τον Epstein (1989, σελ. 143). Η αλυσίδα βρίσκεται στο δοχείο 1. Περνάμε τη μια άκρη της από το κοντό σκέλος του σίφωνα και την βγάζουμε από το μακρύ. Η άκρη 2 της αλυσίδας είναι χαμηλότερα από το δοχείο 1. Αν αφήσουμε την άκρη 2 της αλυσίδας, αυτή πέφτοντας θα ανεβάσει ένα τμήμα της αλυσίδας στο κοντό σκέλος του σίφωνα και τελικά θα πέσει ολόκληρη στο μέρος της άκρης 2. Αυτό θα συμβεί γιατί

το βάρος της αλυσίδας στο μακρύ σκέλος είναι μεγαλύτερο από το βάρος στο κοντό σκέλος και οι κρίκοι της αλυσίδας συνδέονται μεταξύ τους.



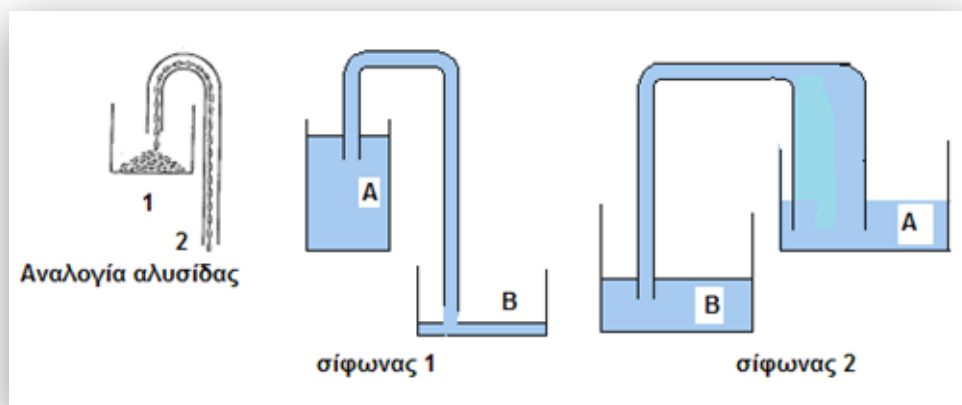
Σχήμα 5. Αναλογία της λειτουργίας του σίφωνα

Έτσι οι συνολικά βαρύτεροι κρίκοι του σκέλους 2 τραβάνε και ανεβάζουν τους κρίκους στο σκέλος 1, αυτοί στη συνέχεια πέφτουν τραβώντας τους επόμενους κτλ. Αντίστοιχα τα μόρια του υγρού συνδέονται μεταξύ τους με δυνάμεις συνοχής και αν αυτές δεν «σπάσουν» έχουμε μηχανισμό αντίστοιχο με τους κρίκους της αλυσίδας. Μέσω των δυνάμεων συνοχής το υγρό αντέχει σε μηχανικές τάσεις. Από τους Potter and Barnes αναφέρονται έρευνες που έχουν δείξει ότι αν το νερό έχει βράσει ή έχει υποβληθεί σε μεγάλη πίεση, η οποία αφαιρεί όλες τις φυσαλίδες αέρα, μπορεί να δώσει στήλες που αντέχουν σε σημαντικές μηχανικές τάσεις. Η αντοχή της υγρής στήλης στις μηχανικές τάσεις εξαρτάται επίσης από το υλικό και τη φύση των τοιχωμάτων των δοχείων που περιέχουν το υγρό, την παρουσία ξένων σωμάτων στα τοιχώματα κτλ. (Potter & Barnes, 1971). Στη σχολική πράξη, προφανώς οι παραπάνω περιορισμοί δεν επιτρέπουν τη δυνατότητα παρατήρησης λειτουργίας σίφωνα στο κενό κτλ, ουσιαστικά εδώ η ατμοσφαιρική πίεση είναι αυτή που συντελεί στο να μη «σπάσει» η στήλη του υγρού και η οποία περιορίζει το ύψος του κοντού σκέλους.

Σχολιάζοντας την αναλογία που έχει προταθεί για την εξήγηση της λειτουργίας του σίφωνα

Κάθε αναλογία λύνει ένα πρόβλημα αλλά μπορεί αν επεκταθεί να γεννήσει τέρατα. Ας δούμε που μπορούμε να οδηγηθούμε από την επέκτασή της «αναλογίας της αλυσίδας». Με αυτήν ερμηνεύεται η λειτουργία του σίφωνα 1 (Σχήμα 6), πράγματι το νερό ρέει από το δοχείο A στο B όπως κινείται μια (ομοιόμορφη) αλυσίδα από το A στο B. Η «αναλογία της αλυσίδας» (όχι ομοιόμορφης) όμως προβλέπει ότι ο σίφοντας 2 θα πρέπει να ανεβάζει το νερό από το δοχείο B στο δοχείο A. Το κοντό και

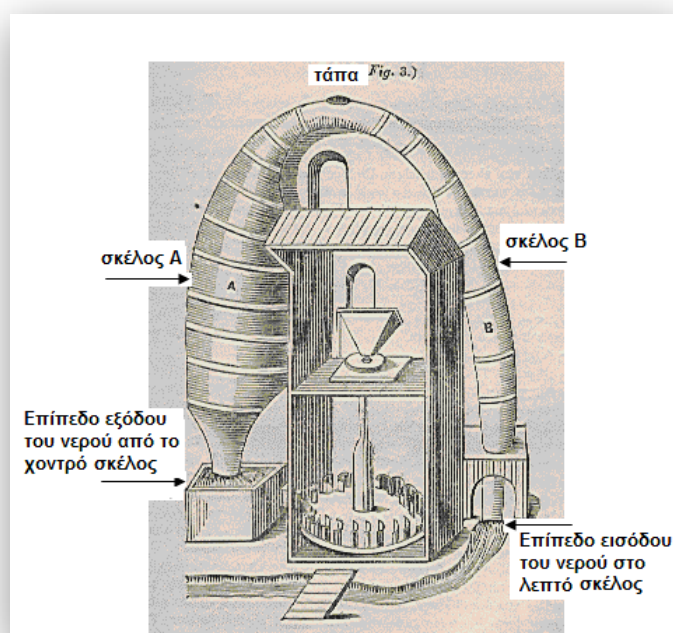
χοντρό κομμάτι της αλυσίδας, ως βαρύτερο, μπορεί και ανεβάζει το μακρύ και λεπτό. Αυτό γίνεται στα στερεά, Όχι όμως στα ρευστά!



Σχήμα 6. Τα όρια της “αναλογίας της αλυσίδας”

Αν η «αναλογία της αλυσίδας» λειτουργούσε στα ρευστά, θα μπορούσαμε να έχουμε ένα αεικίνητο: Ο σίφωνας 1 θα κατέβαζε το νερό από το A στο B και ο σίφωνας 2 θα το ανέβαζε πάλι στο A. Το νερό στον αέναο κύκλο του θα μπορούσε να κινεί κάτι, βλέπε το Μύλο του Vittorio Zonca. Με την «αναλογία της αλυσίδας» φέραμε στα υγρά μια αναλογία από τα στερεά. Στα υγρά όμως έχει σημασία το ύψος της στήλης τους και όχι το συνολικό τους βάρος, σκεφτείτε το υδροστατικό παράδοξο.

Στο Σχήμα 7 έχουμε, από χαλκογραφία, το μύλο του Vittorio Zonca. Μια πρόταση του 1600 για αεικίνητο (Simanek 2012).



Σχήμα 7. Ο μύλος του Vittorio Zonca (1607)

Ο μύλος αποτελείται από ένα μεγάλο κλειστό σωλήνα, σχήματος ανεστραμμένου U, με ανισοπαχή σκέλη. Το χοντρό (και κοντό) σκέλος A του σωλήνα τελειώνει πιο πάνω από το λεπτό (και μακρύ) σκέλος B (Σχήμα 7). Ο σωλήνας, κλείνοντας τα άκρα του, γεμίζεται με νερό από την «τάπα πληρώσεως» που φαίνεται στο πάνω μέρος. Γεμίζονται επίσης οι περιοχές από την έξοδο του σκέλους A μέχρι την είσοδο του σκέλους B. Αν ανοιχτούν ταυτόχρονα οι δυο άκρες του σωλήνα, το νερό στο σκέλος A είναι βαρύτερο και πέφτοντας ανεβάζει το νερό στο σκέλος B. Τελικά το νερό κάνει έναν αέναο κύκλο. Το νερό ρέοντας από την έξοδο του σωλήνα A προς την είσοδο του B θέτει σε λειτουργία ένα μύλο για άλεσμα δημητριακών. Ο Zonca και οι σύγχρονοί του πίστευαν ότι η διάταξη του σχήματος 6 θα έπρεπε να λειτουργεί, απέδιδαν το γεγονός της μη λειτουργίας σε τεχνικές ατέλειες (Simanek 2012).

Σχόλια

[1]. Όταν $p_E = p_{ατμ}$ από τη σχέση $p_E = p_{ατμ} - 1/2 \rho v^2 - \rho g(-\Delta h)$ προκύπτει $1/2 \rho v^2 = \rho g \Delta h$ και άρα $v^2 = 2g \Delta h$ όπου v η ταχύτητα εκροής του υγρού από το σίφωνα

[2]. δηλαδή το ύψος στο οποίο μπορεί να κρατηθεί λόγω της ατμοσφαιρικής πίεσης στήλη του υγρού αυτού, π.χ. για τον υδράργυρο το βαρομετρικό ύψος είναι 76 cm, για το νερό 10,33m

Βιβλιογραφία

- Benenson R., 1991. The Hyphenated Siphon. *The Physics Teacher* 29, p.188.
- Boatwright A., Puttick S., Licence P., 2011. Can a Siphon work in Vacuum? *J. Chem. Educ.* 88, p.1547-1550.
- Erstein L., 1989. *Στις γειτονιές της φυσικής*. Εκδόσεις Κάτοπτρο. Αθήνα
- Ganci S., Yagorenkov V., 2008. Historical and pedagogical aspects of a humble instrument. *Eur. J. Phys.* 29 p. 421-430
- Hughes St., 2010. A practical example of a siphon at work. *Physics Education* 45 p. 162-166.
- Hughes St., 2011. The Secret Siphon. *Physics Education* 46, p.p. 298-302
- McGuire A., 2012. *On the Physics of Siphons*. Διαθέσιμο στη διεύθυνση:
http://reu.eng.hawaii.edu/harp/sites/reu.eng.hawaii.edu.harp/files/mcguire_finalpresentation.pdf
- Minor R., 1914. Would a siphon flow in a vacuum? Experimental answers. *School science and mathematics*. Vol.14, 2. p 152-155.
- Nanayakkara N.W.K.T.R., Rosa S.R.D. 2012. *Revisiting the Physics behind Siphon Action*. Proceedings of the 28th Technical Sessions, 28 (2012) 106-112. Kelaniya, Sri Lanka. Διαθέσιμο στη διεύθυνση:
<http://www.ip-sl.org/procs/2012/ips12-16.pdf>
- Nokes M., 1948. The siphon. *Sch.sci. Rev.* p. 233-234
- Planinšič G. and Sliško J., 2010. The pulley analogy does not work for every siphon. *Physics Education* 45(4) p. 356-361.
- Potter A., Barnes F., 1971. The siphon. *Phys. Educ.* 6 p. 362-366
- Richert A., Binder P-M, 2011. Siphons, Revisited. *The Physics Teacher* 49, p.78-80.

Serway R., 1990. *Physics for Scientists & Engineers*. Τόμος Ι: Μηχανική. Ελληνική μετάφραση. Τρίτη έκδοση, βιβλιοπωλείο Κορφιάτη. Αθήνα.

Simanek D., 2012. *Perpetual Futility. A short history of the search for perpetual motion*. <http://www.lhup.edu/~dsimanek/museum/people/people.htm>, (ημερομηνία ανάκτησης 29/11/2013)

Synolakis E., Badder H., 1989. On combining the Bernoulli and Poiseuille equation – A plea to authors of college Physics texts. *Am.J.Phys.* 57 (11) p. 1013-1019.

Woodcroft B., 1851. *The pneumatics of Hero von Alexandria from the original greek* (Translated for and edited by Bennet Woodcroft). Taylor Walton and Maberly. London



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

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.

Πειραματικός υπολογισμός της επιτάχυνσης g της βαρύτητας με χρήση του φαινομένου της επαγωγής και λογισμικού επεξεργασίας ήχου

Παναγιώτης (Τάκης) Λάζος

Εισαγωγή

Ο πειραματικός υπολογισμός της επιτάχυνσης g της βαρύτητας είναι ένα από τα πιο κλασικά πειράματα στην εκπαιδευτική διαδικασία. Δεν είναι, λοιπόν, τυχαίος ο μεγάλος αριθμός παραλλαγών που έχουν αναπτυχθεί στο πέρασμα του χρόνου.

Σε μια από τις σχετικά λιγότερο γνωστές παραλλαγές ένας μαγνήτης αφήνεται να εκτελέσει ελεύθερη πτώση διερχόμενος από ένα ή περισσότερα πηνία (Σιανούδης, 2006; Picotech, 2014). Η μεταβολή της μαγνητικής ροής που διέρχεται από τη διατομή των πηνίων δημιουργεί τάση από επαγωγή στα άκρα των πηνίων, τα οποία έχουν συνδεθεί στην είσοδο παλμογράφου. Η τάση καταγράφεται στον παλμογράφο και από τη μελέτη της σχετικής καμπύλης είναι δυνατόν να υπολογιστεί το χρονικό διάστημα στο οποίο ο μαγνήτης διήνυσε συγκεκριμένη και γνωστή κατακόρυφη απόσταση (Chachan, χ.η.). Στην περίπτωση διάταξης δύο πηνίων, γνωρίζοντας την απόσταση h (Εικόνα 1) πηνία και τον αντίστοιχο χρόνο t που απαιτείται για να διανυθεί αυτή η απόσταση υπολογίζεται εύκολα η επιτάχυνση g της βαρύτητας από τη σχέση: $g = \frac{2h}{t^2}$ (Βλάχος κ.α., 2014, σ. 91).

Στην παραλλαγή της διάταξης που προτείνει η παρούσα εργασία ο παλμογράφος υποκαθίσταται από την κάρτα ήχου ενός υπολογιστή (Μουρούζης, 1999) στον οποίον έχει εγκατασταθεί το ελεύθερο πρόγραμμα επεξεργασίας ήχου Audacity (Audacity, 2014). Τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης πρότασης είναι προφανή. Το κόστος των παλμογράφων είναι αρκετά υψηλό, ενώ ταυτόχρονα πρόκειται για αρκετά εξειδικευμένες συσκευές. Ακόμα και αν το εργαστήριο διαθέτει παλμογράφους (όπως συμβαίνει σε πολλά Λύκεια), η μέτρηση του παραπάνω χρόνου t με αυτή τη διάταξη δεν μπορεί

να γίνει αφού οι παλμογράφοι που υπάρχουν συνήθως στα σχολεία δεν είναι ηλεκτρονικοί παλμογράφοι μνήμης, αλλά απλοί παλμογράφοι καθοδικής δέσμης

Αντίθετα, σήμερα οι υπολογιστές υπάρχουν σχεδόν σε κάθε σπίτι όπως και στο σχολικό εργαστήριο Φυσικών Επιστημών και οι μαθητές είναι σε μεγάλο βαθμό εξοικειωμένοι με τη χρήση τους. Το απαραίτητο λογισμικό είναι δωρεάν και η χρήση του μαθαίνεται σε ελάχιστο χρόνο. Κατά συνέπεια με μηδενικό κόστος και αμελητέα προσπάθεια οι μαθητές αποκτούν πρόσβαση σε μια ισχυρή και ενδιαφέρουσα πειραματική διάταξη.

Λογισμικό επεξεργασίας ήχου Audacity

Το λογισμικό Audacity είναι ένα ελεύθερο ημιαπαγγελματικό λογισμικό επεξεργασίας ήχου. Προσφέρει πληθώρα επιλογών επεξεργασίας ήχου από τις οποίες χρειαζόμαστε μόνο τις επιλογές εγγραφής ήχου από μικρόφωνο. Το Audacity καταγράφει ήχο με προεπιλεγμένο ρυθμό δειγματοληψίας¹ 44100 Hz (με δυνατότητα επέκτασης στα 96000 Hz) και αυτό το καθιστά ένα εξαιρετικό εργαλείο για τον υπολογισμό χρονικών διαστημάτων. Στην είσοδο του μικρόφωνου στον υπολογιστή μπορεί να συνδεθεί οποιοδήποτε σήμα, αρκεί να ληφθούν μέτρα προστασίας της κάρτας ήχου για ισχυρά σήματα. Κάτι τέτοιο δεν είναι αναγκαίο στην προτεινόμενη διάταξη καθώς δεν αναπτύσσεται στα πηνία τάση από επαγωγή μεγαλύτερη από 2 Volt.

Ο περιορισμός που θέτει το Audacity σε πειραματικές διατάξεις στις οποίες υποκαθιστά έναν παλμογράφο είναι η δυσκολία στην βαθμονόμηση του σήματος. Το λογισμικό «θεωρεί» πως καταγράφει ήχο και η βαθμονόμηση είναι σε dB. Είναι δυνατόν να γίνει βαθμονόμηση αλλά αφενός μια τέτοια διαδικασία θα καταργούσε την απλότητα – βασικό πλεονέκτημα της προτεινόμενης διάταξης - αφετέρου δεν είναι απαραίτητο κάτι τέτοιο αφού εκείνο που μας ενδιαφέρει είναι μόνο η μέτρηση του χρονικού διαστήματος κατά το οποίο το λογισμικό «θεωρεί» ότι καταγράφει ήχο.

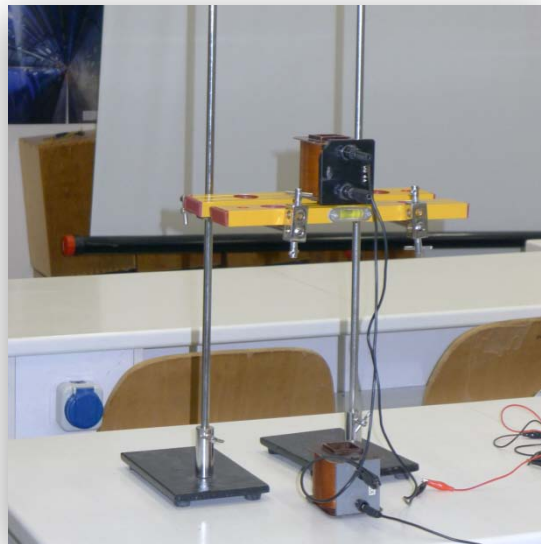
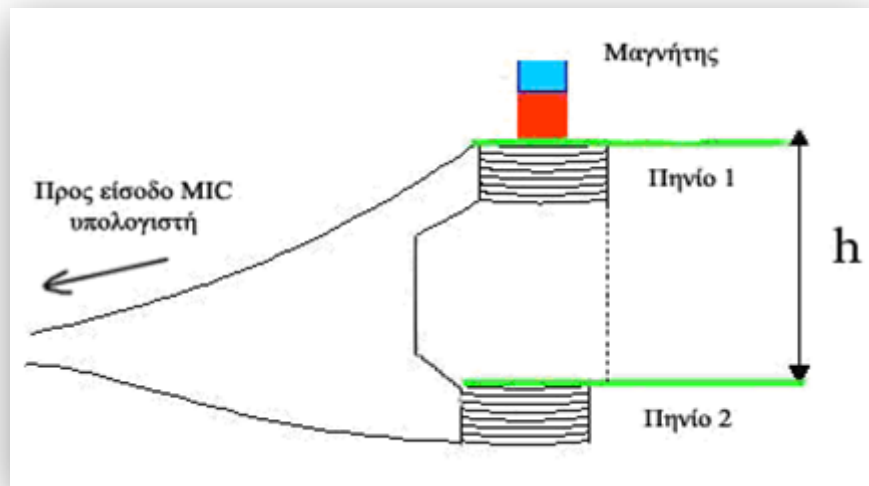
Πρέπει να τονίσουμε πως το Audacity, όπως και κάθε λογισμικό επεξεργασίας ήχου, όταν δέχεται τάση στην είσοδο δεν καταγράφει την τιμή της τάσης αλλά τον ρυθμό μεταβολής της (δηλαδή την πρώτη παράγωγο της τάσης). Για παράδειγμα, αν δοθεί ως είσοδος μια συνεχής τάση η καταγραφή από το λογισμικό θα είναι μηδενική.

Πειραματική διαδικασία

Τα υλικά που χρειάζονται για την πειραματική διάταξη είναι τα ακόλουθα:

Δύο πηνία 300 σπειρών, ένας μαγνήτης (κατά προτίμηση από νεοδύμιο ώστε να είναι αρκετά ισχυρός), δύο βάσεις από χυτοσίδηρο (ΓΕ.010.0²), δύο αεροστάθμες, δύο μεταλλικές ράβδοι 0.80 m (ΓΕ.030.3), δύο μεταλλικές ράβδοι 0.30 m (ΓΕ.030.1), τέσσερις σύνδεσμοι περιστρεφόμενοι (ΓΕ.025.0), μία μετροταινία και καλώδια και ηλεκτρονικός υπολογιστής με εγκατεστημένο το λογισμικό Audacity.

Στην Εικόνα 1 παρουσιάζεται η βασική ιδέα της διάταξης και η πραγματική διάταξη. Τοποθετούμε τα δύο πηνία στις κατάλληλες θέσεις και τα συνδέουμε σε σειρά. Τα καλώδια από το ελεύθερο άκρο από κάθε πηνίο οδηγούνται σε έναν ακροδέκτη τύπου Jack και αυτός συνδέεται στην είσοδο του μικρόφωνου στον υπολογιστή (Εικόνα 2). Είναι σημαντικό να μην υπάρχει κανένα αντικείμενο που έλκει τον μαγνήτη σε απόσταση μικρότερη των 5 cm από τη νοητή ευθεία που ενώνει τα δύο πηνία ώστε να μην επηρεάζεται η κίνηση του μαγνήτη. Αυτή είναι η αιτία που στερεώνουμε το πάνω πηνίο πάνω στις αεροστάθμες (Εικόνα 3). Πιθανόν, οι μαθητές σας να σκεφτούν και να προτείνουν εναλλακτικές λύσεις στερέωσης του πηνίου.

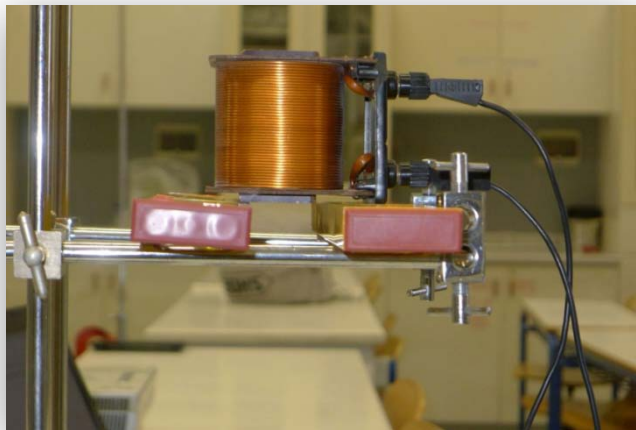


Εικόνα 1. Σχεδιάγραμμα της σύνδεσης των πηνίων με τον υπολογιστή (πάνω) και η πραγματική διάταξη (κάτω). (Σκίτσο και Φωτογραφία Τ. Λάζος).



Εικόνα 2. Τα καλώδια από τα ελεύθερα άκρα των δύο πηνίων έχουν συγκολληθεί σε ακροδέκτη τύπου Jack. Ο ακροδέκτης θα τοποθετηθεί στην είσοδο για μικρόφωνο του υπολογιστή. (Φωτογραφία Τ. Λάζος)

Για να προσδιορίσουμε με ακρίβεια, από το διάγραμμα που παρέχει το Audacity, τότε ο μαγνήτης διέρχεται από την κάτω πράσινη γραμμή στην Εικόνα 1 (οπότε ολοκληρώνει την υπό μελέτη κίνησή του), τοποθετούμε το Πηνίο 2 σε τέτοια θέση ώστε ο μαγνήτης κατά την πτώση του να μην διέρθει μέσα από αυτό αλλά να προσκρούσει στο πάνω μέρος του. Με τον τρόπο αυτόν εξασφαλίζουμε μια πολύ απότομη αλλαγή στην ταχύτητα του μαγνήτη και κατά συνέπεια στην επαγωγική τάση που παράγεται (που οδηγεί στην εμφάνιση απότομης κορυφής στο διάγραμμα που παράγει το Audacity).



Εικόνα 3. Τρόπος στερέωσης του πρώτου πηνίου. (Φωτογραφία Τ. Λάζος)

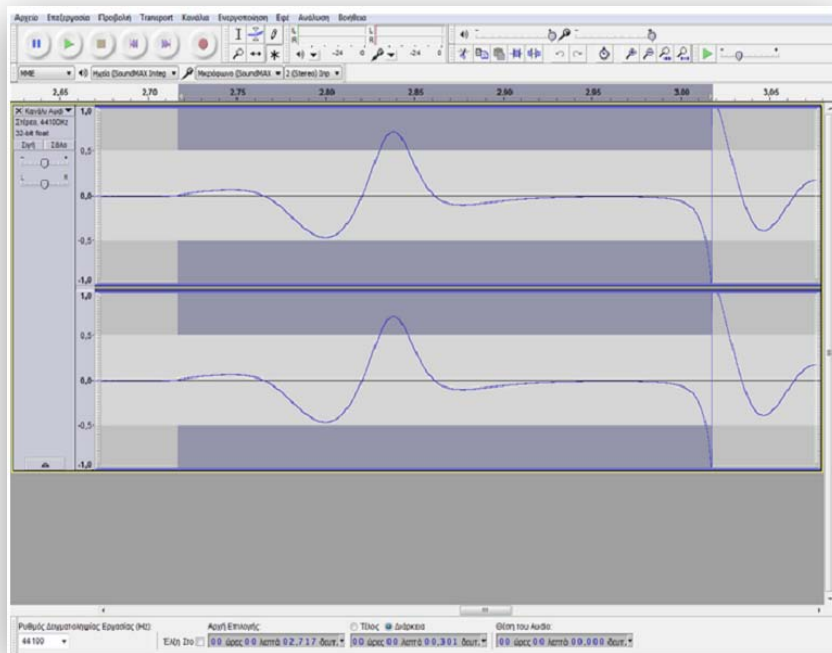
Μετρούμε και καταγράφουμε με μία μετροταινία την απόσταση h ανάμεσα στο πάνω μέρος του Πηνίου 1 και το πάνω μέρος του Πηνίου 2. Στη συνέχεια ανοίγουμε το πρόγραμμα Audacity και ξεκινάμε την καταγραφή δεδομένων επιλέγοντας *Record* (το κουμπί με το κόκκινο κέντρο στην

Εικόνα 4). Κρατούμε ακίνητο το μαγνήτη ακριβώς στο πάνω μέρος του Πηνίου 1 και τον αφήνουμε να πέσει χωρίς να του προσδώσουμε αρχική ταχύτητα. Μετά την πρόσκρουσή του με το πάνω μέρος του Πηνίου 2 διακόπτουμε τη συλλογή δεδομένων επιλέγοντας το κουμπί *Stop* (το κουμπί με το κίτρινο τετράγωνο στην Εικόνα 4).



Εικόνα 4. Τα κουμπιά ελέγχου εγγραφής στο Audacity

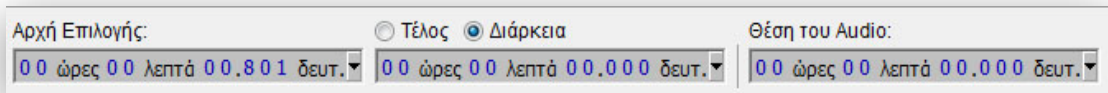
Μελετούμε το διάγραμμα που προέκυψε από την εγγραφή (Εικόνα 5). Μπορούμε εύκολα να αναγνωρίσουμε τις χρονικές στιγμές που ο μαγνήτης αρχίζει να διέρχεται από το Πηνίο 1 (οπότε η επαγωγική τάση παύει να είναι μηδέν) και της πρόσκρουσής του στο Πηνίο 2 (οπότε η επαγωγική τάση παρουσιάζει μια απότομη –σχεδόν ασυνεχή- μεταβολή).



Εικόνα 5. Μεταβολή της τάσης από επαγωγή στα άκρα του συστήματος των δύο πηνίων.

Επιλέγοντας το κουμπί *Μεγέθυνση* (μεγεθυντικός φακός) μεγεθύνουμε την εικόνα ώστε να προσδιορίσουμε με ακρίβεια το χρονικό διάστημα ανάμεσα στις δύο παραπάνω χρονικές στιγμές. Διατηρώντας πατημένο το αριστερό πλήκτρο σέρνουμε τον κέρσορα από τη πρώτη χρονική στιγμή μέχρι τη δεύτερη (Εικόνα 5).

Η χρονική διάρκεια t της πτώσης αναγράφεται τότε στο μεσαίο πλαίσιο στο κάτω μέρος της οθόνης (Εικόνα 6), εφόσον είναι επιλεγμένη η επιλογή *Διάρκεια*.



Εικόνα 6: Πλαίσιο με πληροφορίες για τη χρονική διάρκεια.

Με δεδομένο ότι η αρχική ταχύτητα του μαγνήτη είναι μηδέν, υπολογίζουμε την επιτάχυνση g της βαρύτητας από τη σχέση:

$$g = \frac{2h}{\Delta t^2}$$

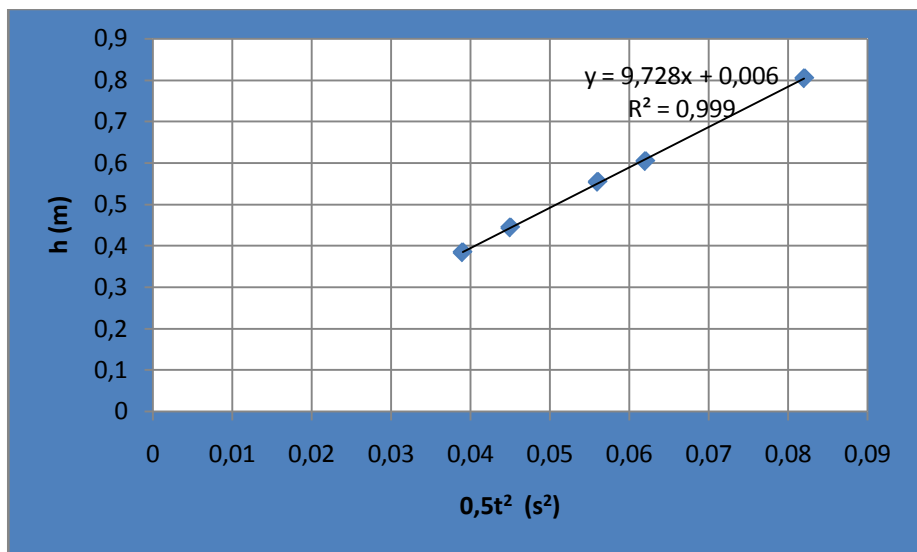
Επαναλαμβάνοντας τη διαδικασία για διαφορετικές αποστάσεις h , μπορούμε να υπολογίσουμε τη μέση τιμή της επιτάχυνσης g της βαρύτητας ή σχεδιάζοντας το διάγραμμα $h = f(0,5 \cdot t^2)$ να υπολογίσουμε την κλίση k της ευθείας, που είναι ίση με το g .

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι μετρήσεις και οι υπολογισμοί στις οποίες κατέληξε μεικτή ομάδα μαθητών Α' και Β' τάξης στα πλαίσια σχολικής ομάδας πειραμάτων.

h(m)	t(s)	g(m/s ²)
0,385	0,280	9,82
0,445	0,301	9,82
0,555	0,336	9,83
0,605	0,352	9,77
0,805	0,406	9,77

Πίνακας 1

Η μέση τιμή των μετρήσεων είναι $g=9,80 \pm 0,03 \text{ m/s}^2$, τιμή εξαιρετικά κοντά στη θεωρητική τιμή των $9,81 \text{ m/s}^2$ που ισχύει για ελεύθερη πτώση στο κενό για το γεωγραφικό πλάτος της Ελλάδας.



Σχήμα 1. Διάγραμμα $h=f(0,5 \cdot t^2)$

Στο Σχήμα 1 απεικονίζονται γραφικά τα δεδομένα του Πίνακα 1 και δίνεται η ευθεία ελαχίστων τετραγώνων, από την κλίση της οποίας προκύπτει ότι $g=9,73 \text{ m/s}^2$.

Συμπεράσματα

Η πειραματική διάταξη που παρουσιάστηκε στις προηγούμενες ενότητες είναι μια εύκολη, οικονομική, δοκιμασμένη και αποτελεσματική διάταξη για τον υπολογισμό της επιτάχυνσης g της βαρύτητας. Δίνει ακριβή και επαναλήψιμα αποτελέσματα ενώ μπορεί να στηθεί σχετικά εύκολα και γρήγορα.

Υπάρχουν ωστόσο κάποια προβλήματα που αξίζει να συζητηθούν.

Αρχικά, θα μπορούσε κάποιος να ισχυριστεί, σωστά, ότι η κίνηση του μαγνήτη όσο αυτός διασχίζει το Πηνίο 1, αλλά και πολύ κοντά σε αυτό ενώ το έχει διασχίσει, δεν είναι ελεύθερη πτώση λόγω της μαγνητικής δύναμης που ασκείται σε αυτόν (το πηνίο διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα δημιουργώντας μαγνητικό πεδίο που αλληλεπιδρά με το μαγνήτη). Μία ακριβέστερη λύση θα ήταν να μετράμε την απόσταση h από το κάτω μέρος του Πηνίου 1. Ωστόσο, στη μέτρηση που επιχειρήσαμε δεν λάβαμε υπόψη το παραπάνω φαινόμενο και μετρήσαμε το h από το πάνω μέρος του Πηνίου 1, για δύο λόγους: πρώτον, γιατί θεωρήσαμε αμελητέα την επίδραση του φαινομένου (λόγω του μικρού μήκους του πηνίου σε σχέση με την διανυθείσα απόσταση h) και δεύτερον, γιατί θα ήταν πολύ δύσκολο να διαχειριστούμε διδακτικά την γραφική απεικόνιση της Εικόνας 4 για να προσδιορίσουμε τότε ο μαγνήτης βγαίνει από το Πηνίο 1. Κι αυτό γιατί με το υπάρχον πρόγραμμα σπουδών η ελεύθερη πτώση διδάσκεται στην Α' τάξη του Λυκείου, ενώ η επαγωγή στην Β' τάξη (Ιωάννου κ.α., 1999) και αυτό δυσκολεύει την ερμηνεία του πώς λειτουργεί η διάταξη και ποια η φυσική σημασία των διάφορων καμπυλών της Εικόνας 4 στους μαθητές της Α' τάξης.

Η αξιοποίηση του φαινομένου της επαγωγής στην Α' Λυκείου οδηγεί επίσης στη σύνταξη ενός Φύλλου Εργασίας το οποίο είναι περισσότερο επικεντρωμένο στην επαλήθευση της σχέσης προσδιορισμού της επιτάχυνσης της βαρύτητας και τον προσδιορισμό των πειραματικών σφαλμάτων παρά στην ανακαλυπτική μέθοδο που θα ήταν ίσως προτιμότερο. Μια τέτοια προσέγγιση θα μπορούσε ενδεχομένως να ακολουθηθεί για μαθητές της Β' Λυκείου στο πλαίσιο κάποιας ερευνητικής εργασίας, οπότε θα είχε ενδιαφέρον να ερμηνευτεί η καμπύλη της Εικόνας 4.

Ο συγγραφέας της εργασίας δοκίμασε τη συγκεκριμένη ιδέα στο σχολικό έτος 2013-2014 στην εθελοντική Ομάδα Πειραμάτων του Γενικού Λυκείου στο οποίο διδάσκει. Η ομάδα αποτελούταν από μαθητές της Α' και Β' τάξης. Οι μετρήσεις και τα αποτελέσματα έχουν παρατεθεί στον Πίνακα 1 και στο Σχήμα 1. Πέρα από την αξιοσημείωτη ακρίβεια των μετρήσεων, η διαδικασία επέτρεψε στους μαθητές της Β' τάξης να κατανοήσουν βαθύτερα την έννοια της επαγωγής και της σχέσης της με το ρυθμό μεταβολής της μαγνητικής ροής. Παράλληλα, οι μαθητές της Α' τάξης γνώρισαν μία εναλλακτική μέθοδο υπολογισμού της επιτάχυνσης g και ήρθαν σε μια πρώτη επαφή με το φαινόμενο της επαγωγής.

Σχόλια

[1]. Ο ρυθμός δειγματοληψίας ή συχνότητα δειγματοληψίας μετράει τον αριθμό των δειγμάτων ανά δευτερόλεπτο που λαμβάνονται από το δειγματολήπτη, στην περίπτωσή μας από την κάρτα ήχου του υπολογιστή με τη βοήθεια του λογισμικού Audacity. Όσο μεγαλύτερος είναι αυτός ο ρυθμός τόσο μεγαλύτερη χρονική διακριτική ικανότητα έχει ο χρονομετρητής που χρησιμοποιούμε.

[2]. Οι κωδικοί των υλικών αναφέρονται στην κωδικοποίηση που υιοθετείται στους Μπισδικιάν και Μολοχίδη (2000).

Βιβλιογραφία

Audacity. Manuals and documentation. Ανακτήθηκε 19/2/2014 από:

<http://audacity.sourceforge.net/help/documentation>

Khachan, J. (χ.η.) *The emf signal from a solenoid due to a bar magnet falling through it*. Ανακτήθηκε 20/6/2014 από: http://www.physics.usyd.edu.au/~khachan/PTF/magnet_and_solenoid.pdf

Picotech (2014). Experiment to measure the acceleration due to gravity. Ανακτήθηκε 25/6/2014 από http://www.picotech.com/experiments/gravity_acceleration/

Βλάχος, Ι. Γραμματικάκης, Ι. Καραπαναγιώτης, Β. Κόκκοτας, Π. Περιστερόπουλος, Π. Τιμοθέου, Γ. κ.ά. (2014). *Φυσική Γενικής Παιδείας Α' τάξης*. Αθήνα: ΙΤΥΕ

Ιωάννου, Α. Ντάνος, Γ. Πήττας, Α. Ράπτης, Σ. (1999). *Φυσική Θετικής & Τεχνολογικής κατεύθυνσης Β' τάξης*. Αθήνα: ΟΕΔΒ

Μουρούζης, Π. (1999). Κατασκευή ηλεκτρονικού χρονομετρητή με τη χρήση Η/Υ. Ανακτήθηκε 20/5/2014 από: http://dide.ker.sch.gr/ekfe/epiloges/5_kataskeves/7xronometr/xronometr.htm

Μπισδικιάν, Γ., Μολοχίδης, Τ. (2000). *Κατάλογος Οργάνων και Συσκευών Εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών*. ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Σιανούδης Ι. (2006). Πειράματα με τη χρήση νέων τεχνολογιών στο εργαστήριο Φυσικής: Ελεύθερη πτώση σώματος. e-Περιοδικό Επιστήμης και Τεχνολογίας (e-JST), 3-2006, 66-78. Ανακτήθηκε 1/6/2014, από http://e-jst.teiath.gr/issue_3_2006/sianoudis_3.pdf



Ο Παναγιώτης (Τάκης) Λάζος έχει σπουδάσει Φυσική στο Πανεπιστήμιο Αθηνών, Φωτογραφία στο ΤΕΙ Αθήνας, έχει μεταπτυχιακό στην Ιστορία και Φιλοσοφία των Επιστημών και της Τεχνολογίας στο Πανεπιστήμιο Αθηνών, ενώ είναι υποψήφιος διδάκτορας στο ίδιο Πανεπιστήμιο. Είναι εκπαιδευτικός στο Μαράσλειο Λύκειο. 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.

Μέτρηση της Γης με Smartphone και mobile apps

Παναγιώτης Πετρίδης

Ένα βασικό θέμα που αφορά τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο είναι το πώς μπορεί αυτή να επικεντρωθεί στην καθημερινότητα των μαθητών ώστε να καταστεί ελκυστική. Καλώς ή κακώς, πρωταγωνιστικό ρόλο στην καθημερινότητα των μαθητών διαδραματίζει πλέον το κινητό τους τηλέφωνο. Επομένως, η χρήση του τηλεφώνου για την πραγματοποίηση εργαστηριακών δραστηριοτήτων θα μπορούσε να αποτελέσει το «δούρειο ίππο» που θα φέρει τους μαθητές πιο κοντά στη Φυσική.

Η ιδέα είναι παλιά, του Ερατοσθένη του Κυρηναίου ο οποίος έδωσε το όνομα στην πειραματική δραστηριότητα που ακολουθεί: η μέτρηση της Γης. Η μέθοδος όμως που προτείνουμε είναι σύγχρονη και διαφοροποιείται από άλλες επίσης σύγχρονες προτάσεις (Δαπόντες, 2013): τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται είναι τρεις εφαρμογές (mobile apps) για “έξυπνα” τηλέφωνα και η γνωστή διαδικτυακή εφαρμογή χαρτογράφησης Google Maps (<https://www.google.gr/maps/>). Έτσι, η διαδικασία μέτρησης της ακτίνας της Γης με τον συγκεκριμένο τρόπο καθίσταται ελκυστική τόσο για τους μαθητές, όσο και για τους συναδέλφους εκπαιδευτικούς.

Η δραστηριότητα απευθύνεται σε μαθητές της Α΄ Λυκείου και θα μπορούσε να σχετιστεί με τον ορισμό της μονάδας μέτρησης του μέτρου στο μάθημα της Φυσικής (Βλάχος κ.α., 2013) ή να ενταχθεί στο πλαίσιο κάποιας ερευνητικής εργασίας. Υλοποιείται αυστηρά κατά τη διάρκεια της εαρινής ή της φθινοπωρινής ισημερίας δηλαδή στις 21 Μαρτίου ή στις 22 Σεπτεμβρίου.

Το έξυπνο κινητό τηλέφωνο απαιτείται να διαθέτει λειτουργικό σύστημα Android (οποιαδήποτε έκδοση), ώστε να έχουν την δυνατότητα οι μαθητές να “κατεβάσουν” δωρεάν τις σχετικές εφαρμογές από το Google Play Store (<https://play.google.com/store/apps>).

Οι εφαρμογές

Η πρώτη εφαρμογή που απαιτείται είναι η εφαρμογή “My location” (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.themelix.mylocation>) (Εικόνα 1). Η εφαρμογή

ενημερώνει το χρήστη σχετικά με την τρέχουσα θέση του (γεωγραφικό πλάτος και μήκος), ενώ εάν υπάρχει σύνδεση στο διαδίκτυο, δείχνει στο χάρτη την τρέχουσα θέση του και τη διεύθυνση του δρόμου. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μεταξύ κανονικής ή δορυφορικής απεικόνισης του χάρτη, μπορεί να αποθηκεύσει τις τοποθεσίες του και να τις μοιραστεί μέσω SMS, e-mail, Facebook, Google+, Skype, Twitter, ενώ λειτουργεί και χωρίς GPS, με την χρήση WiFi ή/και CellId (πληροφορίες κυψέλης).



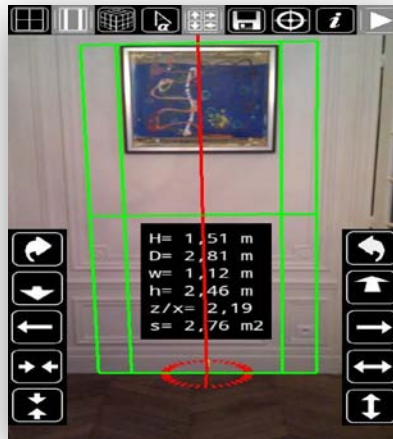
Εικόνα 1. Η διεπιφάνεια χρήσης της εφαρμογής *my location*.

Η δεύτερη εφαρμογή που απαιτείται είναι η εφαρμογή “*spirit level*” (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.keuwl.spiritlevel>). Είναι μια εφαρμογή που χρησιμοποιεί το ενσωματωμένο επιταχυνσιόμετρο που σχεδόν κάθε “έξυπνο” τηλέφωνο διαθέτει. Βοηθά στο να διατηρηθεί το τηλέφωνο απολύτως οριζόντια ή κάθετα, αν προσαρμόσει ο χρήστης μία διαθέσιμη εικονική φυσαλίδα μεταξύ των δύο διπλών γραμμών που εμφανίζονται (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Η διεπιφάνεια χρήσης της εφαρμογής *spirit level*.

Η τρίτη εφαρμογή είναι η εφαρμογή “Measure & Align - 3D Plumb-bob” (https://play.google.com/store/apps/details?id=com.assysto.android.plumb_bob). Είναι ένα επαγγελματικό σύνολο εργαλείων για την μέτρηση, την επεξεργασία και την παρουσίαση των μετρήσεων. Ο χρήστης μπορεί να μετρήσει διαστάσεις σε αντικείμενα, μπορεί να μετρήσει γωνίες και στο τέλος να προσαρμόσει και να επεξεργαστεί τις μετρήσεις του ή να τις παρουσιάσει σε άλλους χρήστες. Όλα αυτά αφού πρώτα βαθμονομήσει με ακρίβεια την συσκευή του (Εικόνα 3).



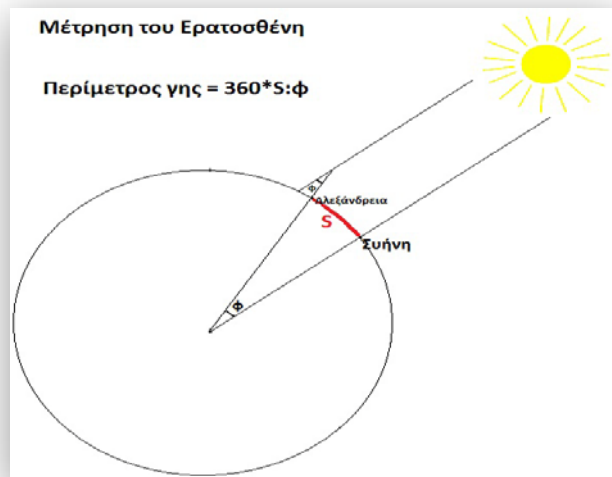
Εικόνα 3. Η διεπιφάνεια χρήσης της εφαρμογής Measure & Align

Πώς θα μετρήσουμε τη Γη;

Το πρόβλημα της μέτρησης της Γης, δηλαδή ο υπολογισμός του σχήματος και των διαστάσεων της Γης, απασχόλησε τους Αρχαίους Έλληνες από τον 3ο π.Χ. αιώνα. Από το σχήμα της σκιάς που ρίχνει η Γη στη Σελήνη κατά τη διάρκεια μιας έκλειψης της Σελήνης μπορεί, μεταξύ άλλων, κανείς να συμπεράνει πως η Γη είναι σφαίρα.

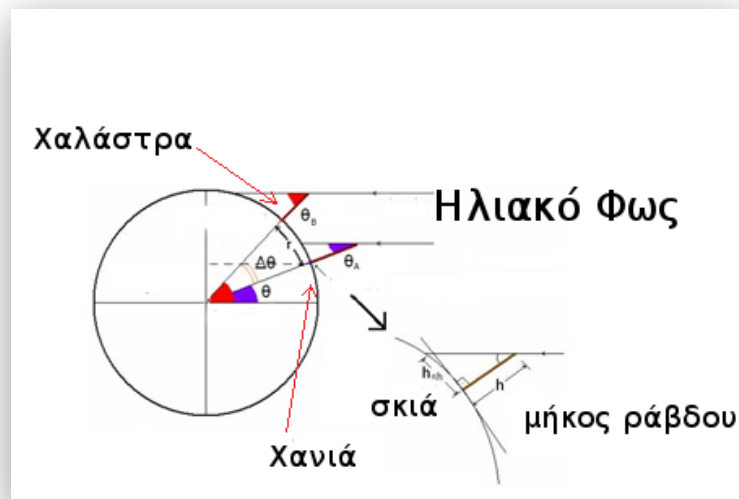
Ο Ερατοσθένης υπέθεσε ότι ο Ήλιος βρίσκεται τόσο μακριά που οι ακτίνες του είναι ουσιαστικά παράλληλες όταν πέφτουν στη Γη, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1.

Παρατήρησε επίσης ότι το μεσημέρι της πρώτης μέρας του καλοκαιριού, στις 21 Ιουνίου, το φως του Ήλιου καθρεφτιζόταν στον πάτο ενός βαθιού πηγαδιού στη Συήνη της Αιγύπτου. Με άλλα λόγια ο Ήλιος εκείνη τη στιγμή ήταν ακριβώς στην κατακόρυφη διεύθυνση (στο Ζενίθ του τόπου). Την ίδια στιγμή στην Αλεξάνδρεια, οι ακτίνες του σχημάτιζαν γωνία περίπου 7° με μία κατακόρυφη ράβδο (Σχήμα 1). Ο Ερατοσθένης συμπέρανε πως η Συήνη και η Αλεξάνδρεια, όντας πάνω στον ίδιο μεσημβρινό, πρέπει να απέχουν απόσταση ίση με το $7^\circ/360^\circ \approx 1/50$ ενός μεγάλου κύκλου της Γης. Καταφέροντας, με πολύ κόπο και προσπάθεια¹, να μετρήσει την απόσταση μεταξύ των δύο πόλεων και εξισώνοντάς την με το $1/50$ της περιφέρειας της Γης, υπολόγισε την περιφέρεια και στη συνέχεια την ακτίνα της Γης (Osserman, 2008).



Σχήμα 1. Η μέτρηση της Γης από τον Ερατοσθένη (τα μεγέθη δεν εμφανίζονται υπό κλίμακα).

Για να μετρήσουμε από το σχολείο μας την ακτίνα της Γης ακολουθήσαμε την μέθοδο του Ερατοσθένη, εισάγοντας όμως κάποιες παραλλαγές, χάρη στην τεχνολογία που είναι πλέον διαθέσιμη. Το ρόλο της Αλεξάνδρειας έπαιξε το Γε.Λ. Χαλάστρας και το ρόλο της Συήνης έπαιξε το 1^ο Γε.Λ. Χανίων. Επειδή τα δύο σχολεία δεν βρίσκονται στον ίδιο μεσημβρινό, στην ανάλυσή μας (που ακολουθεί παρακάτω) χρειάστηκε να αξιοποιήσουμε και ένα βοηθητικό σημείο (περιοχή Α στο Σχήμα 2) το οποίο βρίσκεται στον ίδιο μεσημβρινό με τη Χαλάστρα (έχουν το ίδιο γεωγραφικό μήκος) και ταυτόχρονα βρίσκεται στο ίδιο γεωγραφικό πλάτος με τα Χανιά.



Σχήμα 2. Στην περιοχή Β βρίσκεται το Γε.Λ. Χαλάστρας και στην περιοχή Α (στον ίδιο μεσημβρινό με την περιοχή Β) βρίσκεται ένα βοηθητικό σημείο που έχει το ίδιο γεωγραφικό πλάτος με το 1^ο Γε.Λ. Χανίων. Η απόσταση των δύο σχολείων, τα μήκη των ράβδων και οι σκιές τους δεν απεικονίζονται υπό κλίμακα.

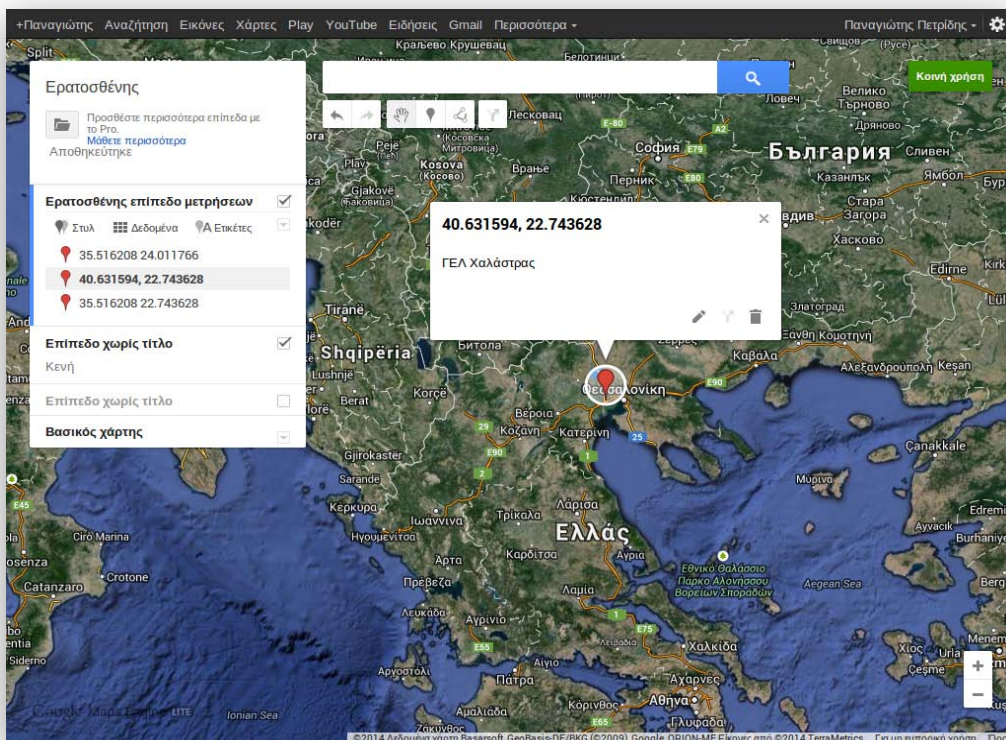
Οι μετρήσεις μας έγιναν κατά τη διάρκεια της εαρινής ισημερίας, στις 21 Μαρτίου 2014. Την συγκεκριμένη ημερομηνία ο άξονας της Γης είναι κάθετος προς τις ακτίνες του Ήλιου καθώς ο Ήλιος βρίσκεται πάνω στον ισημερινό της ουράνιας σφαίρας. Έτσι, οι γωνίες που σχηματίζουν οι ακτίνες του Ήλιου με κατακόρυφες ράβδους, σε κάθε τόπο, ακριβώς το μεσημέρι (κατά τη στιγμή της μεσουράνησης του Ήλιου) είναι ίσες με τα γεωγραφικά πλάτη των τόπων της παρατήρησης (Γκοτζαμάνη και Αυγολούπης, 2014)

Μετρώντας τη Γη

Συλλογή δεδομένων

Το ταξίδι της μέτρησης της Γης ξεκινάει με την εκκίνηση της εφαρμογής "*spirit level*" για να ελέγξουμε αν ο πάγκος εργασίας μας είναι οριζόντιος (ώστε να μετράμε σωστά τα μήκη των σκιών). Η ίδια εφαρμογή θα χρησιμοποιηθεί αργότερα, κατά την διάρκεια της μέτρησης του μήκους της σκιάς του τηλεφώνου, για να εξασφαλιστεί ότι το κινητό τηλέφωνο θα παραμένει κατακόρυφο.

Ακολουθως χρησιμοποιούμε την εφαρμογή "*My location*" για να καταγράψουμε το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος της θέσης μας. Με γνωστές αυτές τις συντεταγμένες σημειώνουμε (τοποθετώντας μια κόκκινη πινέζα) πάνω στον χάρτη της Google την ακριβή μας θέση όπως φαίνεται στην Εικόνα 4 (εναλλακτικά, επειδή οι δύο εφαρμογές συνεργάζονται, τα δεδομένα θέσης μπορούν να μεταφερθούν αυτόματα από τη μια εφαρμογή στην άλλη)².

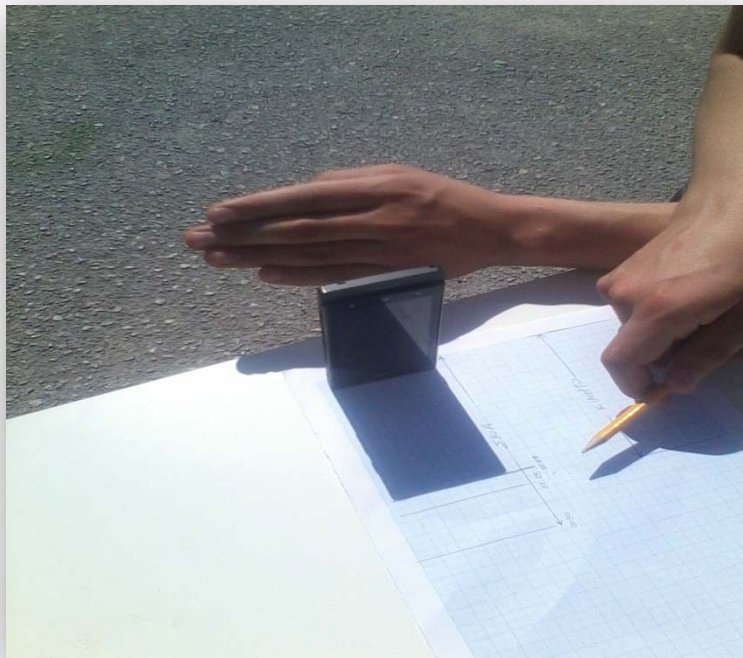


Εικόνα 4. Γεωγραφικές συντεταγμένες του Γε.Λ. Χαλάστρας

Ενημερώνουμε τους μαθητές ότι όπως συνηθίζεται στα περισσότερα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (Geographic Information Systems, GIS), οι τιμές για το γεωγραφικό πλάτος και γεωγραφικό μήκος εκφράζονται ως δεκαδικά κλάσματα και όχι ως μοίρες, λεπτά και δευτερόλεπτα. Οι μαθητές γνωρίζουν ότι τα θετικά γεωγραφικά πλάτη βρίσκονται βόρεια τού Ισημερινού ενώ τα αρνητικά γεωγραφικά πλάτη νότια τού Ισημερινού, τα θετικά γεωγραφικά μήκη βρίσκονται ανατολικά του Μεσημβρινού που διέρχεται από το Γκρήνουιτς ενώ τα αρνητικά γεωγραφικά μήκη δυτικά του ίδιου Μεσημβρινού. Δεν γνωρίζουν όμως, συνήθως, ότι η μετατροπή μιας τιμής GIS (D μοίρες, M λεπτά και S δεύτερα) σε δεκαδικό αριθμό γίνεται με την ακόλουθη σχέση:

$$GIS \text{ (δεκαδικός αριθμός)} = D + \frac{M}{60} + \frac{S}{3600}$$

Τέλος, ανοίγουμε την τρίτη εφαρμογή, "Measure & Align", η οποία προτού χρησιμοποιηθεί πρέπει πρώτα να βαθμονομηθεί. Αυτό γίνεται πολύ εύκολα ακολουθώντας τις οδηγίες της εφαρμογής και εισάγοντας την τιμή ενός γνωστού μήκους. Το επόμενο βήμα είναι να μετρήσουμε το μήκος του κινητού και το μήκος της σκιάς του στις 12 το μεσημέρι ακριβώς (Εικόνα 5). Είμαστε τότε σε θέση (Σχήμα 2) να υπολογίσουμε την εφαπτομένη της γωνίας και άρα την γωνία θ που σχηματίζουν οι ακτίνες του Ήλιου με την κατακόρυφο του τόπου, και επομένως το γεωγραφικό πλάτος του τόπου (μην ξεχνάτε ότι η μέτρηση γίνεται κατά την εαρινή ισημερία για αυτόν ακριβώς το λόγο!)



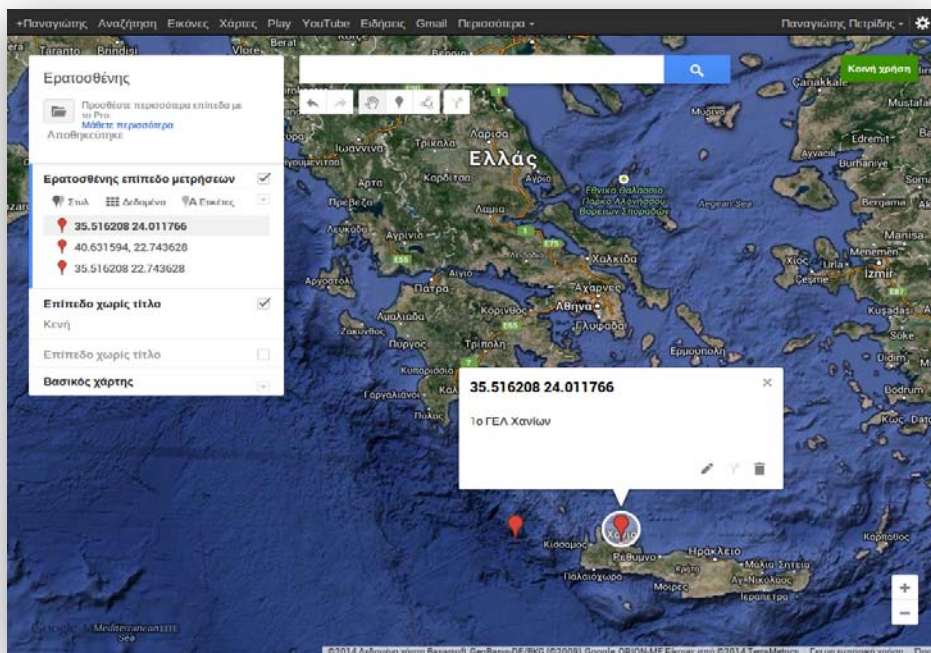
Εικόνα 5. Μέτρηση της σκιάς του κινητού με δύο τρόπους: με την εφαρμογή "Measure & Align" και, για λόγους επιβεβαίωσης της μέτρησης, με τη βοήθεια χιλιοστομετρικού χαρτιού.

Τα δεδομένα που προέκυψαν δίνονται στον Πίνακα 1. Όπως φαίνεται υπάρχει απόκλιση περίπου μισής μοίρας ανάμεσα στο γεωγραφικό πλάτος του σχολείου, όπως προκύπτει από την εφαρμογή “My location” και τις μετρήσεις που κάναμε.

Γεωγραφικό πλάτος (“My location”)	40,631594
Γεωγραφικό μήκος (“My location”)	22,743628
Μήκος κινητού	11,6 cm
Μήκος σκιάς κινητού	10,1 cm
Εφαπτομένη της γωνίας θ	0,87
Γωνία θ _A (γεωγραφικό πλάτος)	41,02°

Πίνακας 1. Τα δεδομένα του Γε.Λ. Χαλάστρας

Ακολουθώντας ακριβώς την ίδια διαδικασία, την ίδια ακριβώς ώρα και ημέρα, ο συνάδελφος Σπύρος Κούρτης, μαθηματικός στο 1^ο Γε.Λ. Χανίων (Εικόνα 7) κατέγραψε τις μετρήσεις του Πίνακα 2.



Εικόνα 7. Γεωγραφικές συντεταγμένες του 1^{ου} Γ.ε.Λ. Χανίων

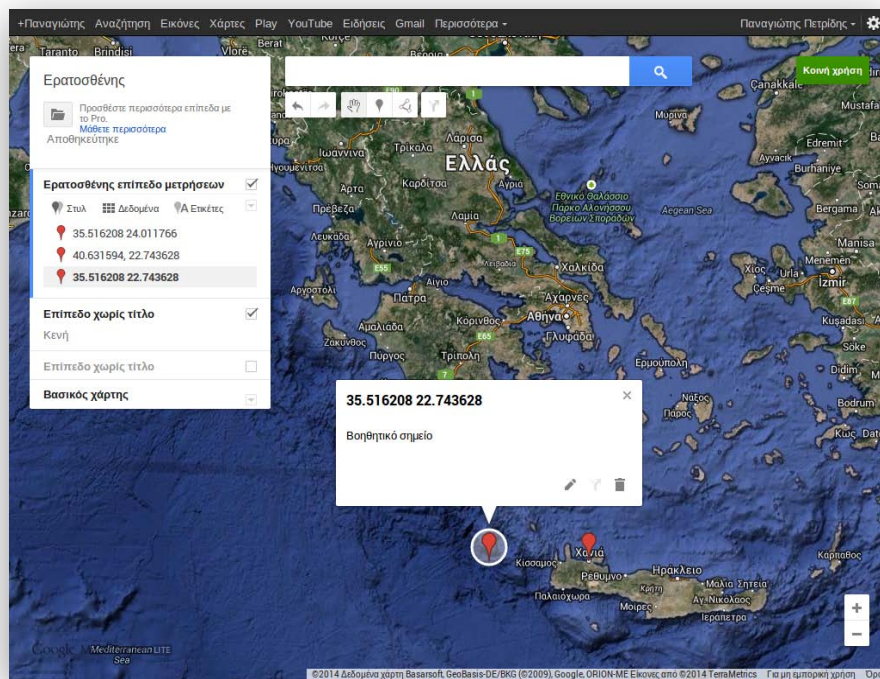
Και σε αυτή την περίπτωση καταγράφεται μία απόκλιση περίπου μισής μοίρας ανάμεσα στην «πραγματική» τιμή του γεωγραφικού πλάτους και της μέτρησης που έγινε.

Γεωγραφικό πλάτος ("My location")	35,516208
Γεωγραφικό μήκος ("My location")	24,011766
Γωνία θ _B (γεωγραφικό πλάτος)	35,01°

Πίνακας 2. Τα δεδομένα του 1^{ου} Γε.Λ. Χανίων

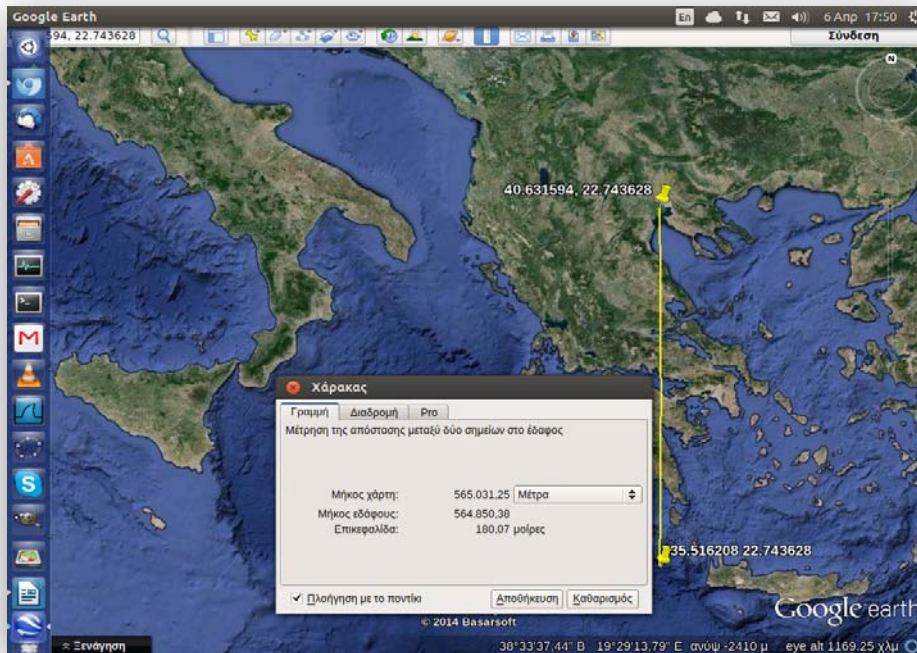
Επεξεργασία δεδομένων

Για την μέτρηση της ακτίνας της Γης θα έπρεπε τα δύο σχολεία να βρίσκονται στον ίδιο μεσημβρινό. Επειδή αυτό δεν ήταν εφικτό, χρειάστηκε να προσφύγουμε σε ένα βοηθητικό σημείο με γεωγραφικό πλάτος το γεωγραφικό πλάτος του 1^{ου} Γε.Λ. Χανίων και γεωγραφικό μήκος το γεωγραφικό μήκος του Γε.Λ. Χαλάστρας (Εικόνα 9).



Εικόνα 9. Γεωγραφικές συντεταγμένες βοηθητικού σημείου.

Ο υπολογισμός της απόστασης του βοηθητικού σημείου από το Γε.Λ. Χαλάστρας έγινε με τη βοήθεια της εφαρμογής Google Earth (Εικόνα 10). Η απόσταση βρέθηκε ίση με $s=564.850,38$ m.



Εικόνα 10. Υπολογισμός της απόστασης μεταξύ του βοηθητικού σημείου και του Γε.Λ. Χαλάστρας.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι το μήκος του τόξου ανάμεσα στη Χαλάστρα και το βοηθητικό σημείο είναι, σύμφωνα με τις μετρήσεις μας, $\Delta\phi = 41,02^\circ - 35,01^\circ = 6,01^\circ$, από τη σχέση $\Gamma = s \cdot 360 / \Delta\phi$, προκύπτει ότι η περιφέρεια της Γης έχει μήκος 33.834.631,76 m. Τότε η ακτίνα της Γης προκύπτει ίση με $R = 5.387.680,22$ m. Το σφάλμα της μέτρησής μας είναι πολύ μεγάλο, περίπου 15% (Πίνακας 3).

$\Delta\phi$	$41,02^\circ - 35,01^\circ = 6,01^\circ$
Απόσταση s	564.850,38 m
Μήκος περιφέρειας	33.834.631,76 m
Ακτίνα της Γης	5.387.680,22 m
Πραγματική ακτίνα ³	6.371.000 m
Σφάλμα μέτρησης	15,43%

Πίνακας 3.

Αντίστοιχα, στον Πίνακα 4 δίνονται τα δεδομένα και οι μετρήσεις που προκύπτουν θεωρώντας τις τιμές γεωγραφικού πλάτους που προκύπτουν από την εφαρμογή "My location".

$\Delta\varphi$	$40,63^\circ - 35,51^\circ = 5,12^\circ$
Απόσταση s	564.850,38 m
Μήκος περιφέρειας	39.716,04 m
Ακτίνα της Γης	6.324,21 m
Πραγματική ακτίνα ³	6.371.000 m
Σφάλμα μέτρησης	0,73%

Πίνακας 4.

Συμπεράσματα

Αμέσως μετά τις μετρήσεις και τους υπολογισμούς οι μαθητές κλήθηκαν να σχολιάσουν το πολύ μεγάλο σφάλμα και να προτείνουν πιθανούς λόγους που οδήγησαν σε αυτό. Οι απαντήσεις εστίασαν στα σφάλματα που καταγράφηκαν στον προσδιορισμό του γεωγραφικού πλάτους τόσο της Χαλάστρας όσο και των Χανίων (Πίνακες 1 και 2 αντίστοιχα).

Οι μαθητές παρατήρησαν ότι στη Χαλάστρα το γεωγραφικό πλάτος (ή για την ακρίβεια, η γωνία που σχημάτισαν οι ακτίνες του Ήλιου με το κατακόρυφο κινητό τους στις 12 το μεσημέρι) υπολογίστηκε μεγαλύτερο από ό,τι είναι πραγματικά. Άρα, κατέληξαν ότι αυτό μπορεί να οφείλεται σε δύο λόγους: σε σφάλμα στη μέτρηση της σκιάς του κινητού τηλεφώνου ή στο γεγονός ότι ο Ήλιος δεν είχε φτάσει στο μεγαλύτερο ύψος του (δεν μεσουρανούσε) κατά τη διάρκεια της μέτρησης.

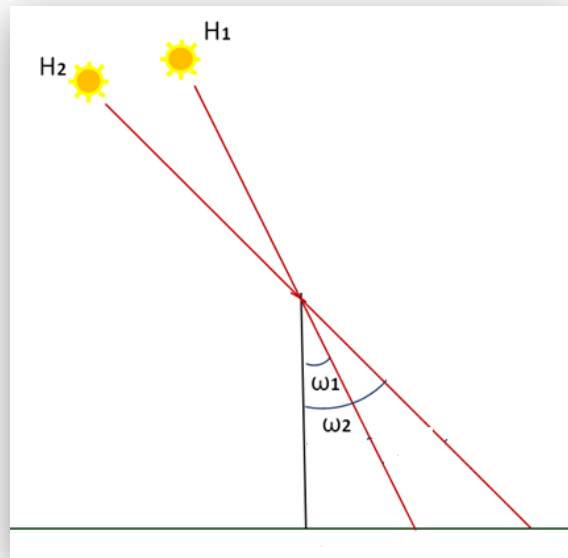
Το πρώτο ενδεχόμενο απορρίφθηκε καθώς το μήκος της σκιάς υπολογίστηκε με δύο τρόπους που συμφωνούσαν μεταξύ τους, ενώ η καθετότητα του κινητού και η οριζοντοποίηση του πάγκου εργασίας είχαν ελεγχθεί εξαντλητικά. Τέθηκε λοιπόν το ερώτημα της ακρίβειας της μέτρησης του χρόνου: μήπως τα ρολόγια μας δεν έδειχναν σωστά τον “τοπικό” χρόνο;

Οι μαθητές καθοδηγήθηκαν να αναζητήσουν πληροφορίες σχετικά με τις διαφορές του επίσημου χρόνου ενός κράτους, ο οποίος σχετίζεται με τις 24 ωριαίες ατράκτους που χωρίζεται η επιφάνεια της Γης, και στον “τοπικό” χρόνο, ο οποίος σχετίζεται με το πότε μεσουρανή ο Ήλιος σε ένα συγκεκριμένο τόπο.

Ο επίσημος χρόνος σχετίζεται με τον τοπικό χρόνο στο μέσο μίας ωριαίας ατράκτου. Για την Ελλάδα, η οποία έχει υιοθετήσει το χρόνο της 2^{ης} ωριαίας ατράκτου, ο μεσημβρινός του τόπου που καθορίζει τον επίσημο χρόνο βρίσκεται σε γεωγραφικό μήκος 30° . Άρα, όσες περιοχές βρίσκονται ανατολικά από το μεσημβρινό που διέρχεται από τη μέση της ωριαίας ατράκτου ο Ήλιος μεσουρανή πριν τις 12 το μεσημέρι (σύμφωνα με τα ρολόγια των κατοίκων) και σε όσες περιοχές βρίσκονται δυτικότερα μεσουρανή μετά τις 12 το μεσημέρι.

Η Χαλάστρα βρίσκεται δυτικότερα από το συγκεκριμένο μεσημβρινό, άρα όταν τα ρολόγια μας έδειχναν 12 το μεσημέρι ο Ήλιος δεν είχε ακόμη μεσουρανήσει (δεν είχε φτάσει στο ψηλότερο σημείο

του από τον ορίζοντα) οπότε η γωνία των ακτινών του με το κατακόρυφο κινητό τηλέφωνο σχημάτιζε γωνία μεγαλύτερη από το γεωγραφικό πλάτος της Χαλάστρας (Εικόνα 11).



Εικόνα 11. Όταν ο Ήλιος βρίσκεται στο μεγαλύτερο ύψος του (όταν μεσουρανεί), θέση H₁, η γωνία των ακτινών με την κατακόρυφη ράβδο είναι $\omega_1 < \omega_2$ που είναι η αντίστοιχη γωνία που σχηματίζεται όταν ο Ήλιος βρίσκεται σε χαμηλότερο ύψος (θέση H₂)

Οι μαθητές ψάχνοντας βρήκαν ότι στις 21 Μαρτίου 2014 ο Ήλιος στη Θεσσαλονίκη (και άρα με σχετική ακρίβεια και στη Χαλάστρα) μεσουρανεί περίπου στις 12 και 35 λεπτά. Μετρώντας λοιπόν τον ίσκιο του κινητού τηλεφώνου στις 12 το μεσημέρι ακριβώς επιβεβαίωσαν ότι πράγματι μέτρησαν μεγαλύτερο ίσκιο που ισοδυναμεί με μεγαλύτερο γεωγραφικό πλάτος.

Τα Χανιά είναι ανατολικότερα της Χαλάστρας εκεί ο Ήλιος στις 21 Μαρτίου μεσουρανεί περίπου στις 12 και 22 λεπτά (Αυγολούπης 2008, σελίδες 74 - 76). Θα περιμέναμε ότι αν η μέτρηση της σκιάς ήταν σωστή θα έπρεπε να βρουν κάτι περισσότερο από 35,516208, λιγότερο όμως από τη μισή μοίρα διαφορά που βρήκαμε στη Χαλάστρα μια και στα Χανιά ο Ήλιος ήταν πιο κοντά στη μεσουράνηση. Αντί όμως για αυτό βρήκαν μισή μοίρα λιγότερο από το 35,516208. Κατέληξαν ότι μάλλον έκαναν λάθος στις μετρήσεις μήκους, είτε της σκιάς είτε του κινητού είτε και των δυο.

Προκειμένου να αποφευχθεί το σφάλμα που παρουσιάστηκε, αποφασίστηκε στην επόμενη μέτρηση της ακτίνας της Γης, που προγραμματίστηκε για την επόμενη εαρινή ισημερία, να γίνουν διαδοχικές μετρήσεις του μήκους της σκιάς από τις 11:30 έως τις 13:30 το μεσημέρι, με σκοπό τον προσδιορισμό της ελάχιστης τιμής του μήκους της σκιάς, τη στιγμή που ο Ήλιος πραγματικά θα μεσουρανεί στον τόπο μέτρησης, καθώς και της καταγραφής της μεταβολής του σφάλματος της μέτρησης.

Σχόλια

[1]. Μία εξαιρετική μυθιστορηματική περιγραφή του πώς ο Ερατοσθένης κατάφερε να μετρήσει την απόσταση των δύο πόλεων και τελικά να υπολογίσει την ακτίνα της Γης, δίνεται στο μυθιστόρημα του Ντενί Γκετζ *Τα αστέρια της Βερενίκης*, εκδόσεις Ψυχογιός.

[2]. Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να τονίσουμε ότι οι πληροφορίες που παρέχονται από την εφαρμογή “My location” θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν άμεσα και να οδηγήσουν στον υπολογισμό της περιφέρειας της Γης, όπως περιγράφεται στο κείμενό μας. Μάλιστα οι πληροφορίες αυτές είναι διαθέσιμες οποιαδήποτε στιγμή της ημέρας, κάθε ημέρα του χρόνου και με πολύ μεγάλη ακρίβεια. Ωστόσο, με αυτόν τον τρόπο χάνεται η ευκαιρία οι μαθητές να γνωρίζουν τη μεγάλη ιδέα του Ερατοσθένη και να διαπιστώσουν πώς με πολύ απλά μέσα, 23 αιώνες πριν, κατέστη δυνατή μία μέτρηση με ακρίβεια που εντυπωσιάζει.

Από την άλλη, επιμείναμε στη χρήση της εφαρμογής “My location” για δύο λόγους:

Πρώτον, θεωρώντας ως πραγματική και με μεγάλη ακρίβεια τις τιμές θέσεις που προσφέρει η εφαρμογή, για να μπορέσουν οι μαθητές να ανιχνεύσουν τυχόν σφάλματα που υπεισέρχονται στις μετρήσεις της σκιάς, σύμφωνα με τη μέθοδο του Ερατοσθένη.

Δεύτερον, για να διαπιστώσουν οι μαθητές από πρώτο χέρι, πώς μεταβάλλονται οι γεωγραφικές συντεταγμένες ακόμη και για μικρές μετακινήσεις. Πράγματι, η μετακίνηση ενός κινητού τηλεφώνου από ένα θρανίο σε γειτονικό του μετέβαλλε τα τελευταία δεκαδικά ψηφία της τιμής που παρέχει η εφαρμογή.

[3]. <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%93%CE%B7>

Βιβλιογραφία

Osserman, R. (2008). *Η ποίηση του Σύμπαντος*. Εκδόσεις Κάτοπτρο.

Αυγολούπης, Σ. 2008. *Το εγγύς διαστημικό περιβάλλον της Γης - Ιστορία, Τεχνολογία και Επιστήμη της Αστρονομίας*. Εκδόσεις Πλανητάριο. Θεσσαλονίκη

Βλάχος, Ι. Γραμματικάκης, Ι. Καραπαναγιώτης, Β. Κόκκοτας, Π. Περιστερόπουλος, Π. Τιμοθέου, Γ. κ.ά. (2014). *Φυσική Γενικής Παιδείας Α' τάξης*. Αθήνα: ΙΤΥΕ

Γκοτζαμάνη Σ., Αυγολούπης Σ. (2014). Ο Γνώμονας, ένα απλό αστρονομικό όργανο και οι χρήσεις του στην εκπαίδευση. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, τεύχος 4, Φθινόπωρο 2014, σσ. 39-47.

Δαπόντες, Ν. (2013). *Ερατοσθένης: ο Ήλιος μετράει τη Γη. Ιδέες για projects*. Διαθέσιμο στη διεύθυνση: <http://makolas.blogspot.gr/2013/06/projects.html>



Ο Παναγιώτης Πετρίδης είναι Φυσικός με μεταπτυχιακή εξειδίκευση στα πληροφοριακά συστήματα. Πριν διοριστεί στην Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση το 2004, εργάστηκε ως καθηγητής στην ιδιωτική εκπαίδευση. Έχει ασχοληθεί με τη μελέτη και χρήση υπηρεσιών κοινωνικής δικτύωσης στην ηλεκτρονική μάθηση. Στον ελεύθερο χρόνο του δημιουργεί web εφαρμογές με την γλώσσα Ruby και μοντέλα προσομοίωσης της πραγματικότητας με την γλώσσα Python.

Στη στήλη “Σκουπιδομαζέματα – επιστημοσκοπίσματα” 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.

Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση ενός ηλεκτρικού στοιχείου: ενδυναμώνοντας το διερευνητικό χαρακτήρα της Φυσικής της Α' Γυμνασίου

Νικόλαος Φανουράκης και Ελευθερία Φανουράκη

Εισαγωγή

Η διδασκαλία της Φυσικής στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση συνδέεται, μέσα από την καθημερινή σχολική πρακτική, κυρίως με την ποσοτική και μαθηματική αντιμετώπισή της, δηλαδή με την αναγραφή και επίλυση τύπων, την αντικατάσταση σε αυτούς αριθμητικών τιμών, την εύρεση αποτελεσμάτων. Συνήθως, τα αποτελέσματα αυτά και η μηχανιστική διαδικασία εξαγωγής τους ελάχιστα προσελκύουν τους μαθητές. Στο γεγονός αυτό, μεταξύ άλλων, οφείλεται και το φαινόμενο της μείωσης του ενδιαφέροντος των μαθητών για τη Φυσική κατά τη διαδρομή τους από το Δημοτικό στο Λύκειο (Σάββας και Καλκάνης, 1999). Ωστόσο, η διδασκαλία της Φυσικής με χρησιμοποίηση υλικών και καταστάσεων από την καθημερινή ζωή μπορεί να συμβάλει στην επίγνωση των φαινομένων και στη δημιουργία θετικής στάσης του μαθητή προς το μάθημα στα πρώτα στάδια της μαθητικής πορείας του (Κουμαράς, 2009).

Το εργαστηριακού προσανατολισμού μάθημα της Φυσικής Α' Γυμνασίου, που εισήχθη στο αναλυτικό πρόγραμμα του Γυμνασίου το σχολικό έτος 2013-14, αποτελεί καινοτομία για το Ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα και μπορεί να θεωρηθεί ότι, παρόλα τα προβλήματα που έχουν εντοπιστεί (Φασουλόπουλος, 2013), φαίνεται να κινείται προς τη «σωστή» κατεύθυνση.

Στο άρθρο αυτό θα εστιάσουμε την προσοχή μας στην ιδιοκατασκευή/πείραμα 6 του 10ου Φύλλου Εργασίας που προτείνεται από το σχολικό βιβλίο της Φυσικής Α' Γυμνασίου (Καλκάνης κ.α. 2013, σ. 47) και αφορά στην κατασκευή από τους μαθητές ενός ηλεκτρικού στοιχείου, δηλαδή μίας μπαταρίας. Η συγκεκριμένη κατασκευή είναι εύκολο να πραγματοποιηθεί και πιθανότατα προκαλεί το ενδιαφέρον των μαθητών. Είναι όμως μία ακόμη συνταγή εκτέλεσης οδηγιών που αποστεώνει τον

διατυπωμένο διερευνητικό χαρακτήρα του μαθήματος (Καλκάνης κ.α. 2013, σσ. i-ii). Αναρωτηθήκαμε, λοιπόν, πώς θα μπορούσε να εμπλουτιστεί η συγκεκριμένη εργαστηριακή δραστηριότητα ώστε να βάλει τους μαθητές απέναντι σε μία αυθεντική κατάσταση και θα τους υποχρεώσει να υποθέσουν, να προτείνουν πειραματικές δράσεις, να ενεργοποιηθούν και να καταλήξουν σε συμπεράσματα.

Ψάχνοντας στο διαδίκτυο μπορεί κανείς να βρει πολλά βίντεο και αναφορές που αφορούν στην κατασκευή ηλεκτρικού στοιχείου χρησιμοποιώντας απλά υλικά τόσο για ηλεκτρολύτες (π.χ. διάλυμα αλατόνευρο, χλωρίνη, ξύδι) όσο και για ηλεκτρόδια (π.χ. κέρματα, βίδες, φύλλα μετάλλων). Δυστυχώς όμως, πολλές φορές δε μπορεί να αναπαραχθεί το φαινόμενο που παρουσιάζεται λόγω ελλιπούς περιγραφής της διαδικασίας και των υλικών που χρησιμοποιούνται αλλά και διαφορών στις ποιότητες των υλικών.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να μελετήσουμε τους παράγοντες που επηρεάζουν την κατασκευή και την απόδοση της ιδιοκατασκευής ηλεκτρικού στοιχείου. Οι παράγοντες που εξετάστηκαν περιλαμβάνουν τον τύπο και τη συγκέντρωση του ηλεκτρολύτη και την επιφάνεια των ηλεκτροδίων. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι υλικά καθημερινής χρήσης που μπορεί εύκολα να βρει κάθε ενδιαφερόμενος. Τα αποτελέσματά μας μπορούν να αξιοποιηθούν από τους εκπαιδευτικούς που διδάσκουν το μάθημα της Φυσικής στην Α' Γυμνασίου ώστε να κατευθύνουν την διερευνητική πορεία των μαθητών τους στο αντίστοιχο Φύλλο Εργασίας του σχολικού εγχειριδίου.

Η ανατομία ενός ηλεκτρικού στοιχείου

Με τον όρο ηλεκτρικό στοιχείο περιγράφεται μία διάταξη που μπορεί να δημιουργεί ηλεκτρικό ρεύμα σε ένα κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα μέσω χημικών αντιδράσεων. Κάθε ηλεκτρικό στοιχείο απαρτίζεται από την άνοδο, την κάθοδο και τον ηλεκτρολύτη. Η άνοδος, συνιστώντας το αρνητικό ηλεκτρόδιο, απελευθερώνει αρνητικά φορτία στο κύκλωμα, μέσω του μηχανισμού της οξειδωσης. Η κάθοδος, συνιστώντας το θετικό ηλεκτρόδιο, «παραλαμβάνει» θετικά φορτία μέσω του μηχανισμού της αναγωγής. Ο ηλεκτρολύτης αποτελεί το συνδετικό κρίκο διαμέσου του οποίου μετακινούνται τα φορτία δημιουργώντας κλειστό κύκλωμα.

Πειραματική μεθοδολογία

Επίδραση του τύπου του ηλεκτρολύτη

Το πρώτο ερώτημα που τέθηκε προς διερεύνηση ήταν πώς οι διάφοροι ηλεκτρολύτες επηρεάζουν την τάση εξόδου του ηλεκτρικού στοιχείου και την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που αυτό δημιουργεί σε κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα.

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για ηλεκτρολύτες ήταν τα εξής:

A. Ξύδι έξι βαθμών (6%), δηλαδή σε κάθε 100 ml διαλύματος ξυδιού περιέχονται 6 g οξικού οξέος (6% w/v).

Σκουπιδομαζέματα-επιστημοσκορπίσματα

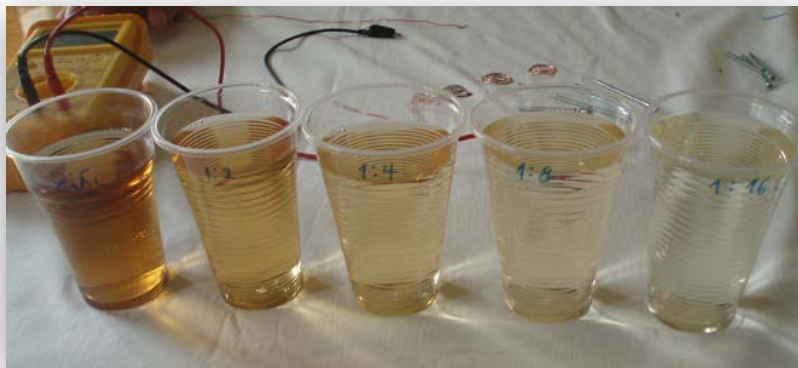
Β. Κορεσμένο διάλυμα αλατόνευρο το οποίο παρασκευάστηκε προσθέτοντας αλάτι εμπορίου (χλωριούχο νάτριο) σε απιονισμένο νερό και αναδεύοντας συνεχώς για να πετύχουμε τη μέγιστη διάλυση. Όταν παράχθηκε ίζημα αδιάλυτου αλατιού, το κορεσμένο υπερκείμενο διάλυμα μεταφέρθηκε σε νέο δοχείο για να αποτελέσει το διάλυμα εργασίας (ηλεκτρολύτης κορεσμένο διάλυμα αλατόνευρο).

Γ. Διάλυμα χλωρίνης εμπορίου (υποχλωριώδους νατρίου) με συγκέντρωση 4,8 g υποχλωριώδες νάτριο σε 100 g νερό (4,8 w/w).

Οι ηλεκτρολύτες τοποθετήθηκαν σε πλαστικά διάφανα ποτήρια.

Επίδραση της συγκέντρωσης του ηλεκτρολύτη

Το δεύτερο ερώτημα που τέθηκε προς διερεύνηση ήταν πώς η συγκέντρωση του ηλεκτρολύτη επηρεάζει την τάση εξόδου του ηλεκτρικού στοιχείου και την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που αυτό δημιουργεί σε ένα κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα.



Εικόνα 1. Ηλεκτρολύτης ξύδι σε διάφορες συγκεντρώσεις. (Φωτογραφία Ε. Φανουράκη).

Για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκαν διαδοχικές αραιώσεις του αρχικού διαλύματος του εκάστοτε ηλεκτρολύτη (ξύδι, αλατόνευρο και χλωρίνη) ως εξής: 1:2, 1:4, 1:8 και 1:16 (1 μέρος ξύδι και 1 μέρος απιονισμένο νερό, 1 μέρος ξύδι και 3 μέρη απιονισμένου νερού, κ.ο.κ, αντίστοιχα) (Εικόνα 1).

Επίδραση του εμβαδού επιφάνειας των ηλεκτροδίων

Το τρίτο ερώτημα που τέθηκε προς διερεύνηση ήταν πώς το μέγεθος της επιφάνειας των ηλεκτροδίων επηρεάζει την τάση εξόδου του ηλεκτρικού στοιχείου και την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος αυτό δημιουργεί.

Σε κάθε περίπτωση τα ηλεκτρόδια που χρησιμοποιήθηκαν ήταν κοινός μονόκλωνος χάλκινος αγωγός κυκλικής διατομής που βρίσκουμε σε κάθε σπίτι, π.χ. σε φωτιστικά κ.λ.π., (κωδικός για αναζήτηση σε καταστήματα ηλεκτρολογικού υλικού: 1x1 mm² H05V-U PVC κατά IEC ή NYA όπως το

Σκουπιδομαζέματα-επιστημοσκορπίσματα

γνωρίζουν οι παλιότεροι ηλεκτρολόγοι), διαμορφωμένο σε σχήμα κοχλία και μήκος 10 cm και ξυλόβιδες ψευδαργύρου μήκους 7 cm (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Υλικά για τα ηλεκτρόδια που χρησιμοποιήθηκαν στη διάρκεια των πειραμάτων (Φωτογραφία Ν. Φανουράκης).

Για τη μελέτη της επίδρασης της επιφάνειας των ηλεκτροδίων έγιναν τέσσερις διατάξεις στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν 1, 2, 3 ή 4 κομμάτια χάλκινων αγωγών σε σχήμα κοχλία ενωμένα μεταξύ τους και αντίστοιχος αριθμός από ξυλόβιδες (διατάξεις 1-1, 2-2, 3-3, 4-4, αντίστοιχα) (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Διατάξη 4-4 με χρήση τεσσάρων χάλκινων αγωγών σε σχήμα κοχλία (αριστερά) και 4 ξυλόβιδων (δεξιά) (Φωτογραφία Ν. Φανουράκης).

Όργανα μέτρησης

Για την μέτρηση της τάσης εξόδου κάθε ηλεκτρικού στοιχείου χρησιμοποιήθηκε πολύμετρο σε κλίμακα 2 Volt και για την μέτρηση της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος σε κλίμακα 2 mA και 20 mA (Εικόνα 4).

Εναλλακτικά, για εποπτικούς λόγους, χρησιμοποιήθηκε μία φωτοδίοδος (LED) με σκοπό να καταγραφεί πόσο έντονα ανάβει και για πόσο χρόνο φωτοβολεί, όταν τροφοδοτηθεί από τα

ηλεκτρικά στοιχεία που κατασκευάστηκαν. Τα χαρακτηριστικά της ήταν τα εξής: πτώση τάσης κατά τη λειτουργία: 1,8-2.2 VDC, μέγιστο ρεύμα λειτουργίας: 20 mA, προτεινόμενο ρεύμα: 16-18 mA, φωτεινότητα ή φωτεινή ένταση: 150-200 mcd.



Εικόνα 4. Πειραματική διάταξη μέτρησης ηλεκτρικού στοιχείου (Διάταξη 1-1 με ένα σύρμα χαλκού και μία ξυλόβιδα). (Φωτογραφία Ε. Φανουράκη).

Η θερμοκρασία περιβάλλοντος στη διάρκεια των πειραμάτων ήταν σταθερά ίση με 17°C εκτός από τα πειράματα με τη δίοδο που πραγματοποιήθηκαν στους 30 °C.

Επεξεργασία δεδομένων

Προκειμένου να καταλήξουμε σε ασφαλή συμπεράσματα έγινε επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν με το λογισμικό στατιστικής ανάλυσης Sigma Stat 3.1 (SYSTAT Software Inc., Germany). Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκε ανάλυση διασποράς με δύο παράγοντες (Two Way Analysis of Variance, ANOVA). Οι παράγοντες που ελέγχθηκαν ανά δύο, ήταν ο τύπος του ηλεκτρολύτη, η αραιώση του διαλύματος του ηλεκτρολύτη και η επιφάνεια των ηλεκτροδίων. Στην περίπτωση που προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά, χρησιμοποιήθηκε το τεστ πολλαπλής σύγκρισης Holm-Sidak (All Pairwise Multiple Comparison Procedures) για την ταυτοποίηση των ομάδων που διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. Το επίπεδο σημαντικότητας ήταν $P = 0,05$.

Αποτελέσματα

Επίδραση του τύπου του ηλεκτρολύτη

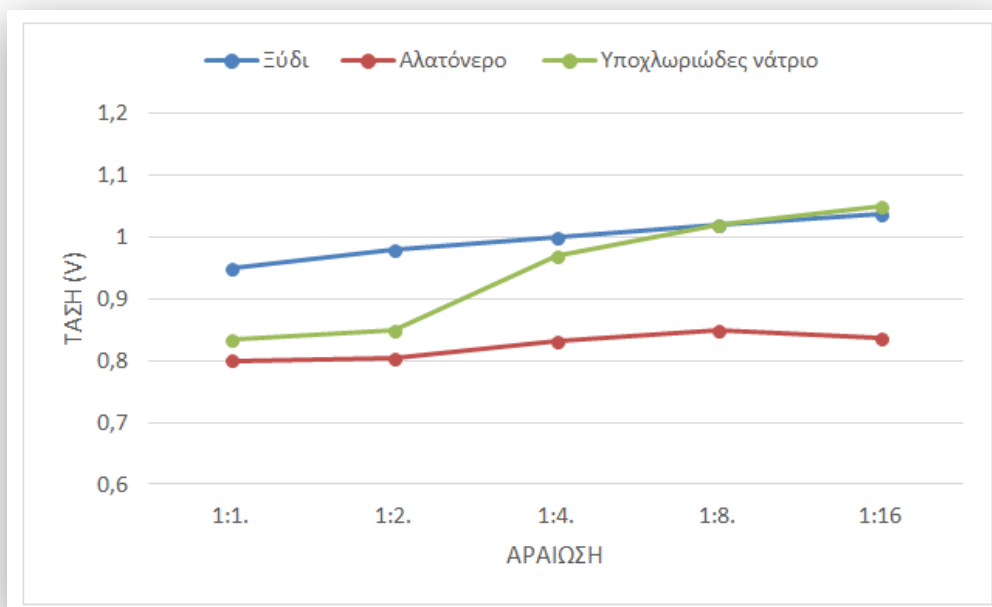
Οι τιμές της τάσης εξόδου που μετρήθηκαν (δίνονται στην Εικόνα 5 για διάφορες συγκεντρώσεις) βρέθηκε να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ των τριών τύπων ηλεκτρολύτη ($P < 0,001$). Συγκεκριμένα η τάση στο κορεσμένο διάλυμα αλατόνευρο ήταν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερη

από την τάση που μετρήθηκε στους άλλους δύο ηλεκτρολύτες (μεταξύ των οποίων δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά).

Αντίστοιχα, οι τιμές της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος, μετά από τη μετατροπή τους σε λογαριθμική κλίμακα λόγω του ότι δεν πληρούνταν η κανονικότητα της κατανομής τους (Normality Test), κυρίως λόγω του μεγίστου που παρουσιάζει η χλωρίνη στην αραιώση 1:4, δεν έδειξαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών τύπων ηλεκτρολύτη ($P = 0.253$) (Εικόνα 6).

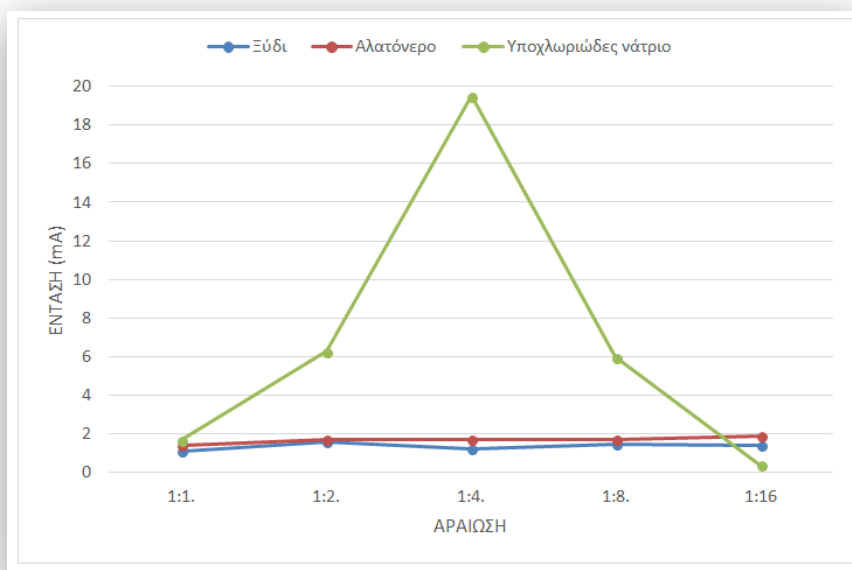
Επίδραση της συγκέντρωσης του ηλεκτρολύτη

Οι τιμές της τάσης εξόδου μολονότι δείχνουν μια μικρή αύξηση με την αύξηση της αραιώσης και για τους τρεις ηλεκτρολύτες (Εικόνα 5) δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ των διαφορετικών συγκεντρώσεων του ίδιου ηλεκτρολύτη ($P = 0,05$).



Εικόνα 5. Τιμές τάσης (V) σε τρεις τύπους ηλεκτρολύτη (Ξύδι, Αλατόνερο και Χλωρίνη (Υποχλωριώδες νάτριο)) σε πέντε διαφορετικές συγκεντρώσεις.

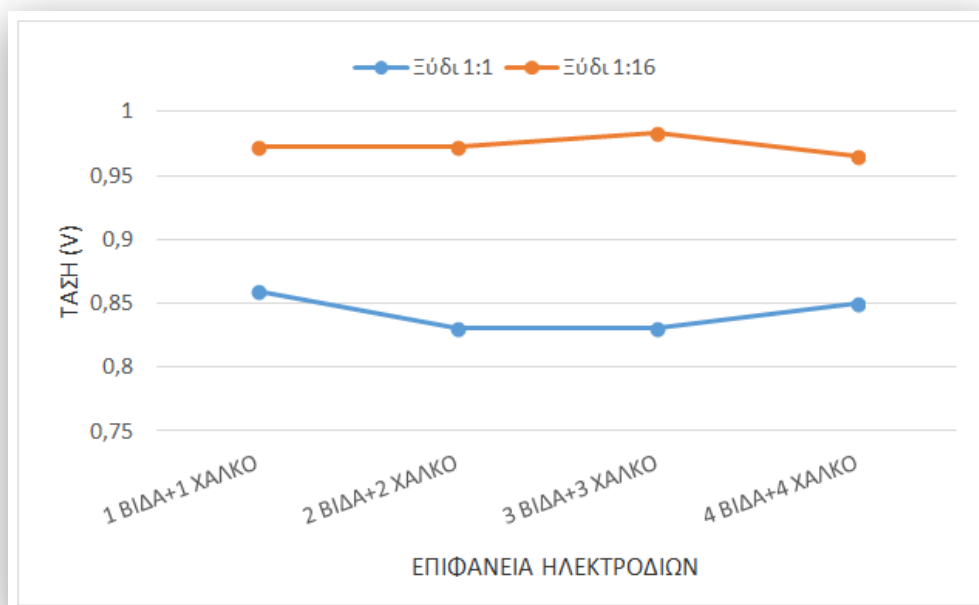
Οι τιμές της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ούτε και μεταξύ των διαφορετικών συγκεντρώσεων των ηλεκτρολυτών ($P = 0,457$) παρόλο που το διάλυμα χλωρίνης παρουσίασε τη μέγιστη τιμή έντασης στην αραιώση 1:4 (Εικόνα 6), διαφορά όμως που εξομαλύνεται μετά τη λογαριθμικοποίηση των τιμών. Ενδεχομένως, η υψηλή, σχετικά, τιμή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος για την αραιώση 1:4 στη χλωρίνη, να μπορεί να αξιοποιηθεί σε αντίστοιχες πειραματικές δραστηριότητες, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα κατάλληλα μέτρα ασφαλείας.



Εικόνα 6. Τιμές έντασης (mA) σε τρεις τύπους ηλεκτρολύτη (Ξύδι, Αλατόνερο και Χλωρίνη (Υποχλωριώδες νάτριο)) σε πέντε διαφορετικές συγκεντρώσεις.

Επίδραση του εμβαδού επιφάνειας των ηλεκτροδίων

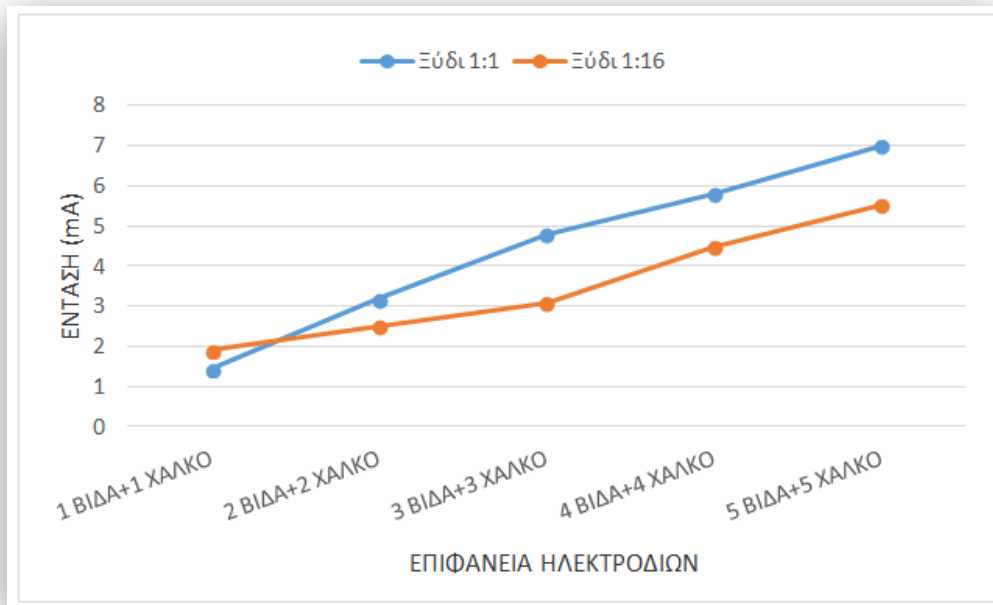
Όσον αφορά στην επίδραση της επιφάνειας των ηλεκτροδίων, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η τάση δεν είχε διαφορά μεταξύ των διαφορετικών επιφανειών των ηλεκτρολυτών ($P=0.804$) εντός της κάθε αραιώσης αλλά ήταν σημαντικά υψηλότερη στην αραιώση 1:16 του ξυδιού σε σχέση με το μη αραιωμένο ξύδι των 6 βαθμών ($P = 0.001$) (Εικόνα 7).



Εικόνα 7. Τιμές τάσης (V) σε τέσσερις διαφορετικές επιφάνειες ηλεκτροδίων σε δύο συγκεντρώσεις ηλεκτρολύτη (Ξύδι).

Σκουπιδομαζέματα-επιστημοσκορπίσματα

Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος έδειξε ανοδική τάση με στατιστικά σημαντική άνοδο ($P = 0.009$) για τη διάταξη 4-4 (4 κομμάτια χαλκού και 4 ξυλόβιδες) σε σχέση με την 1-1 (1 κομμάτι χαλκός και 1 ξυλόβιδα) και την 2-2 (2 κομμάτια χαλκός και 2 ξυλόβιδες) αλλά όπως είχε φανεί και στο πρώτο μέρος του πειράματος δεν επηρεάζεται από τη διαφορετική συγκέντρωση του ηλεκτρολύτη ($P = 0.071$) (Εικόνα 8).



Εικόνα 8. Τιμές έντασης ηλεκτρικού ρεύματος (mA) σε τέσσερις διαφορετικές επιφάνειες ηλεκτροδίων σε δύο συγκεντρώσεις ηλεκτρολύτη (Ζύδι).

Λάμπα LED

Πέρα από τις μετρήσεις τιμών τάσης και ρεύματος με το πολύμετρο, επιχειρήθηκε η αξιολόγηση των ηλεκτρικών στοιχείων που κατασκευάστηκαν ως προς τη δυνατότητά τους να ανάβουν μία φωτοδίοδο (LED).

Για τη λειτουργία της λάμπας LED χρειάστηκε να συνδέσουμε σε σειρά τρία (3) ηλεκτρικά στοιχεία τα οποία κατασκευάστηκαν με βάση τα προηγούμενα αποτελέσματα. Επελέγη ο ηλεκτρολύτης και η αραιώση με την καλύτερη απόδοση, δηλαδή ζύδι με αραιώση 1:16 και για λόγους οικονομίας υλικών σε ένα σχολικό εργαστήριο από 1 κομμάτι σύρματος χαλκού και 1 ξυλόβιδα σε κάθε ηλεκτρικό στοιχείο. Η συνολική τάση που επιτεύχθηκε από τη συστοιχία τριών (3) ηλεκτρικών στοιχείων σε σειρά ήταν περίπου 2,8 V σε ανοικτό κύκλωμα και η πτώση τάσης που έδινε η λάμπα LED στη διάρκεια της λειτουργίας της ήταν περίπου 1,8 V, πράγμα που σημαίνει ότι τόση είναι η τάση που χρειάζεται να εφαρμοσθεί στα άκρα της για να τεθεί σε λειτουργία και να ανάψει (βίντεο 1: <http://youtu.be/ShJUGyksobM>).

Επιπλέον, η συστοιχία των τριών ηλεκτρικών στοιχείων με τα παραπάνω χαρακτηριστικά μπορεί να διατηρεί αναμμένη τη λάμπα LED για 8.5 ± 0.8 h σε θερμοκρασία 30°C. Η ένταση της λάμψης της λάμπας είχε αρχίσει να εξασθενεί αισθητά μετά τις πρώτες έξι ώρες περίπου (βίντεο 2: <https://www.youtube.com/watch?v=G-LuNLhdkXc>).

Συζήτηση

Από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, σύμφωνα με τις τιμές της τάσης και της έντασης, αλλά και με βάση την επικινδυνότητα των υλικών (τοξικότητα και αναθυμιάσεις χλωρίνης), φάνηκε ότι για την ακίνδυνη και αποδοτική κατασκευή ηλεκτρικού στοιχείου στη σχολική τάξη καταλληλότερος ηλεκτρολύτης είναι το ξύδι και τα ηλεκτρόδια σύρματος χαλκού και βίδες ψευδαργύρου. Η χρήση του χαλκού και του ψευδάργυρου έχει πλεονεκτήματα έναντι των υπολοίπων υποψηφίων μετάλλων λόγω κόστους και διαθεσιμότητας στην κατάλληλη μορφή.

Επιπλέον, φάνηκε ότι το ηλεκτρικό στοιχείο είναι ελαφρώς αποδοτικότερο όσον αφορά στην τάση όταν γίνει αραιώση του ηλεκτρολύτη με απιονισμένο νερό (1:16, δηλαδή 1 μέρος ξύδι και 15 μέρη απιονισμένο νερό) (Εικόνα 5), γεγονός που πιθανόν να οφείλεται στην αύξηση του βαθμού ιοντισμού (α) του ηλεκτρολύτη. Το ξύδι (CH_3COOH) είναι ασθενές οξύ, άρα σύμφωνα με το νόμο αραιώσεως του Ostwald, για σταθερή τιμή θερμοκρασίας (K) όσο αραιώνουμε ένα διάλυμα ασθενούς ηλεκτρολύτη τόσο η τιμή του βαθμού ιοντισμού (α) του ηλεκτρολύτη αυξάνει (Λιοδάκης κ.α., 2002).

Αντίστοιχα, η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που δημιουργούσε το στοιχείο ήταν σημαντικά υψηλότερη με την αύξηση της επιφάνειας των ηλεκτροδίων, ενώ δεν επηρεάζεται από τη διαφορετική συγκέντρωση του ηλεκτρολύτη (Εικόνες 4 και 6 αντίστοιχα). Τα αποτελέσματα αυτά συνάδουν με τα δεδομένα που βρίσκουμε στη βιβλιογραφία, όπου αναφέρεται ότι η χωρητικότητα μιας μπαταρίας είναι ανάλογη της επιφάνειας των ηλεκτροδίων που είναι εκτεθειμένη στον ηλεκτρολύτη (Τσιουμπρή, 2012).

Η παρούσα έρευνα έχει την αφετηρία της στη Φυσική της Α' Γυμνασίου, προσδοκώντας να βοηθήσει του συναδέλφους να κατευθύνουν διερευνητικές απόπειρες των μαθητών τους αποφεύγοντας αποτυχημένες ή επικίνδυνες προσπάθειες και γνωρίζοντας, με βάση τους πειραματισμούς που παρουσιάστηκαν, τι να αναμένουν σε ό,τι αφορά την εξέλιξη και τα αποτελέσματα που προκύπτουν. Πιστεύουμε ωστόσο, ότι μπορεί να αξιοποιηθεί επίσης από όσους διδάσκουν Φυσική στη Γ' Γυμνασίου, στην Α' Λυκείου Γενικής Παιδείας (στα Γενικά και Επαγγελματικά Λύκεια), Βασική Ηλεκτρολογία στον τομέα Μηχανολογίας, Ηλεκτρικό Σύστημα Οχημάτων στον τομέα Οχημάτων, Ηλεκτροτεχνία I & II στον τομέα Ηλεκτρολογίας και στον τομέα Ηλεκτρονικής. Ταυτόχρονα, μπορεί να αξιοποιηθεί και από συναδέλφους της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης στην κατασκευή αποδοτικού ηλεκτρικού στοιχείου και συστοιχίας ηλεκτρικών στοιχείων στην τάξη με φθηνά υλικά καθημερινής χρήσης (Φυσικά Ε' τάξη).

Βιβλιογραφία

Καλκάνης Γ. Θ., Γκικοπούλου, Ο., Καπότης, Ε., Γουσόπουλος, Δ., Πατρινόπουλος, Μ., Τσάκωνας, Π., Δημητριάδης, Π., Παπατσιμπα, Α., Μιτζήθρας, Κ., Καπόγιαννης, Α., Σωτηρόπουλος, Δ.Ι., Πολίτης Σ. και τα μέλη των συγγραφικών ομάδων των βιβλίων "Φυσικά - Ερευνώ και Ανακαλύπτω" της Ε' και Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου (2013). Η Φυσική με Πειράματα Α' Γυμνασίου.

Κουμαράς, Π. (2009). Επιστημονικός - Τεχνολογικός Αλφαριθμητισμός. Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Χριστοδουλίδη.

Λιοδάκης Σ., Γάκης Δ., Θεοδωρόπουλος Δ. και Θεοδωρόπουλος Π. (2002). Χημεία Γ' Γενικού Λυκείου - Θετικής Κατεύθυνσης, Έκδοση Γ'/2002, Κεφ.3.

Σάββας, Στ., Καλκάνης, Γ. (1999). Κρίση στο μάθημα της Φυσικής. Η εξέλιξη της στάσης των μαθητών και η αποτελεσματικότητα του μαθήματος. Ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας και πρώτη ερευνητική προσέγγιση στην ελληνική πραγματικότητα. Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογής των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, σελ 288-293. Εκδόσεις Κ. Χριστοδουλίδης, Θεσσαλονίκη.

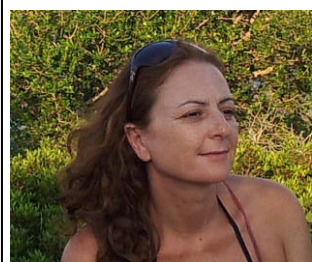
Τσιουμπρή Ε. (2012). Διπλωματική εργασία «Συσσωρευτές στα Φωτοβολταϊκά Συστήματα. Αντιμετώπιση των συνηθισμένων προβλημάτων των συσσωρευτών μολύβδου οξέος στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα». Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών, Πολυτεχνική Σχολή Πανεπιστημίου Πατρών.

Φασουλόπουλος, Γ. (2013). Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο: "Η Φυσική με Πειράματα, Α Γυμνασίου". Μια διδακτική πρόκληση, μπορεί να εξελιχθεί σε διδακτική ευκαιρία; Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση, Τεύχος 1-Χειμώνας 2013.

Hann, J. (1991). How Science Works. Reader's Digest Association in Pleasantville, N.Y.



Ο Νικόλαος Φανουράκης είναι Εκπαιδευτικός Τεχνολόγος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και διδάσκει στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση από το 2004. Ανήκει οργανικά στο 6ο Επαγγελματικό Λύκειο Ηρακλείου και υπηρετεί ως υπεύθυνος του εργαστηρίου Στοιχείων Ηλεκτρολογίας στο 1ο Εργαστηριακό Κέντρο Ηρακλείου. Διαχειρίζεται το ιστολόγιο fanourakisnikos.blogspot.gr/



Η Ελευθερία Φανουράκη είναι εκπαιδευτικός στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, Διδάκτορας του τμήματος Βιολογίας του Πανεπιστημίου Κρήτης στην κατεύθυνση της Φυσιολογίας Ιχθύων και τις Ιχθυοκαλλιέργειες. Από το 2011 είναι Υπεύθυνη στο 1ο Εργαστηριακό Κέντρο Φυσικών Επιστημών Ηρακλείου, όπου ασχολείται με την εργαστηριακή διδασκαλία των φυσικών επιστημών σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Διαχειρίζεται τον ιστότοπο του 1ου ΕΚΦΕ Ηρακλείου: <http://1ekfe.ira.sch.gr/>

Το αβγό μέσα από τα μάτια της Χημείας

Πέννυ Στεφανίδου

Υπάρχουν πολλές αναφορές στη διεθνή βιβλιογραφία που υποστηρίζουν ότι πολλοί μαθητές «απομακρύνονται» από τις τάξεις των Φυσικών Επιστημών (Hofstein, Eilks & Bybee 2011; Yore, Anderson & Chiu, 2010). Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται και στη χώρα μας (Siatras, Koumaras & Seroglou, 2011; Τσαπαρλής & Καμπουράκης 2012) Μία από τις σημαντικότερες αιτίες που συμβαίνει αυτό είναι ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να νοηματοδοτήσουν τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών (Sadler, 2011). Με άλλα λόγια οι διδασκαλίες εστιάζονται σε ένα αυστηρά μαθηματικοποιημένο και ακαδημαϊκό περιεχόμενο το οποίο προϋποθέτει αρκετή αφαιρετική σκέψη, χωρίς να προκύπτει αβίαστα η χρησιμότητα των διδασκομένων και κυρίως χωρίς να υπάρχει σύνδεση με την καθημερινότητα των μαθητών.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται μια σειρά από δραστηριότητες με πρωταγωνιστή το αβγό, ένα υλικό γνωστό και προσβάσιμο σε όλους τους μαθητές. Σκοποί μας είναι να ενδυναμώσουμε τον ισχυρισμό ότι δεν απαιτούνται ειδικά υλικά και εργαστηριακός εξοπλισμός για να πραγματοποιηθούν εργαστηριακές δραστηριότητες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο, καθώς και η προσέλκυση του ενδιαφέροντος των μαθητών μέσα από τη χρήση υλικών του κόσμου τους.

	Δραστηριότητα
Φυσική	Η καταστατική εξίσωση και το αβγό.
	Καρτέλες αβγών και πίεση.
Βιολογία	Μετουσίωση πρωτεϊνών. Τι είναι, και πότε συμβαίνει;
	Αβγά – αλλεργία. Αλήθειες και μύθοι.
	Ανατομία ενός αβγού. Περιγράφοντας το μεγαλύτερο κύτταρο.
	Χοληστερόλη. Φίλος ή εχθρός;
Μαθηματικά	Πώς να υπολογίσετε τον όγκο του αβγού με χαρτί και μολύβι.
	Η φυσική παρατηρεί, τα μαθηματικά ερμηνεύουν. Εξήγηση της αναπήδησης του αβγού, λόγω της αυτοπεριστροφής του.

Πίνακας 1.

Μολονότι θα εστιάσουμε σε δραστηριότητες που σχετίζονται κυρίως με τη Χημεία, το αβγό μπορεί να αποτελέσει το επίκεντρο γύρω από το οποίο είναι δυνατόν να αναπτυχθούν δραστηριότητες και στις υπόλοιπες Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά. Ενδεικτικά μερικές τέτοιες δραστηριότητες δίνονται στον Πίνακα 1 (Στεφανίδου, 2014)

Το αβγό μέσα από τα μάτια της Χημείας

Θα χωρίσουμε τις παρακάτω δραστηριότητες που «βλέπουν» το αβγό μέσα από τα μάτια της Χημείας σε δύο κατηγορίες: στις πειραματικές και στις ερμηνευτικές. Στις πρώτες επιχειρείται μέσα από διερευνητικού τύπου πειραματικές προσεγγίσεις να καλλιεργηθεί η δημιουργικότητα και η αυτενέργεια των μαθητών. Στις δεύτερες παρουσιάζεται μια παρατήρηση που σχετίζεται με καταστάσεις της καθημερινής ζωής η οποία καλείται να ερμηνευτεί με όρους Χημείας, μετά από κατάλληλη διερεύνηση.

A. Πειραματικές Δραστηριότητες

A1. Υπολογισμός όγκου και μάζας

Ζητείται από τους μαθητές μια βδομάδα πριν την εκτέλεση των δραστηριοτήτων που ακολουθούν, να συζητήσουν μέσα στις ομάδες τους και να προτείνουν ένα σχέδιο εργασίας σύμφωνα με το οποίο θα μπορούσαν υπολογίσουν στο εργαστήριο τη μάζα και τον όγκο ενός αβγού καθώς επίσης τις μάζες του κρόκου και του ασπραδιού ξεχωριστά. Στον προγραμματισμό τους ζητείται να θεωρήσουν ότι θα έχουν πρόσβαση στα εξής υλικά και όργανα: πλαστικά ποτήρια, ένα πιατάκι καφέ, ηλεκτρονική ζυγαριά κουζίνας, ογκομετρικούς κυλίνδρους (ή εναλλακτικά ένα-δύο μπιμπερό!). Κάθε ομάδα μαθητών αναλαμβάνει να φέρει από δύο ωμά αβγά την ημέρα του πειράματος.

Αναμένεται ότι οι μαθητές θα χρησιμοποιήσουν την ηλεκτρονική ζυγαριά για να βρουν τη μάζα του αυγού. Η εμπειρία μας δείχνει ότι συνήθως τοποθετούν το αβγό απευθείας στο ζυγό και όχι μέσα στο πιατάκι του καφέ, ενώ ακόμη κι όταν το κάνουν, ξεχνούν να λάβουν υπόψη το απόβαρό του.

Στη συνέχεια, αναμένεται ότι λόγω της εμπειρίας τους από τα μαθήματα Φυσικής θα τοποθετήσουν το αβγό μέσα σε ογκομετρικό κύλινδρο (στο μπιμπερό) που περιέχει νερό γνωστού όγκου και από την αύξηση της στάθμης του νερού, θα υπολογίσουν τον όγκο του αβγού.

Τι γίνεται όμως με τη μέτρηση του όγκου και της μάζας ξεχωριστά του κρόκου και του ασπραδιού; Ορισμένοι μαθητές μπορεί να προτείνουν να σπάσουν το αβγό και να διαχωρίσουν τον κρόκο από το ασπράδι κάνοντας μια μικρή οπή στο τσόφλι. Σε ένα ογκομετρικό κύλινδρο αδειάζουν το ασπράδι, ενώ σε άλλον τον κρόκο που απομένει. Με τον τρόπο αυτόν μπορούν άμεσα να υπολογίσουν τον όγκο, ενώ τη μάζα την υπολογίζουν πάλι με ζυγαριά (Εικόνα 1).

Είναι ο όγκος του αυγού ίσος με το άθροισμα των όγκων του κρόκου και του ασπραδιού; Πού οφείλονται τυχόν διαφοροποιήσεις; Αναγνωρίζοντας την αδυναμία τους να υπολογίσουν με ακρίβεια τόσο τη μάζα όσο και τον όγκο του κρόκου και του ασπραδιού, εξαιτίας του τρόπου διαχωρισμού

τους, συνήθως οι μαθητές αποδίδουν σε αυτήν τις διαφοροποιήσεις. Είναι ένα πρόσφορο σημείο για να συζητηθεί το φαινόμενο παραγωγής αερίου μέσα στο αβγό σε ποσότητες που σχετίζονται με το πόσο φρέσκο είναι και την επακόλουθη ικανότητα πλεύσης του σε νερό, δίνοντας αφορμή για τη διαπραγμάτευση με όρους Φυσικής και Βιολογίας.



Εικόνα 1. Υπολογισμός του όγκου του κρόκου και του ασπραδιού του αβγού. (Φωτογραφία Π. Στεφανίδου).

Ζητώντας από τους μαθητές να προτείνουν εναλλακτικούς τρόπους των παραπάνω υπολογισμών με μεγαλύτερη ακρίβεια, ζητάμε, αν δεν προκύψει από τους ίδιους η ιδέα, να σκεφτούν τη δυνατότητα να βράσουν το αβγό. Με τον τρόπο αυτό, ο διαχωρισμός των δύο μερών του αυγού θα διευκολυνθεί αλλά και θα επιτευχθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια ο υπολογισμός τόσο της μάζας όσο και του όγκου. Ποια, όμως, μπορεί να είναι τα μειονεκτήματα αυτής της τακτικής; Μπορεί να αλλάξει η μάζα του κρόκου και του ασπραδιού; Ενδιαφέροντα φαινόμενα μπορεί να συζητηθούν, ανάλογα με την ηλικία των μαθητών, που σχετίζονται με την ικανότητα του νερού να διέρχεται μέσα από το τσόφλι του αβγού (Newton, 1990).

Ολοκληρώνοντας, θα μπορούσε να ζητηθεί από τους μαθητές ο υπολογισμός της πυκνότητας του αβγού, του κρόκου και του ασπραδιού, καθώς και οι επί τοις εκατό περιεκτικότητες του αυγού σε κρόκο και σε ασπράδι.

A2. Τα αέρια έχουν πίεση

Για τις ανάγκες του πειράματος ζητείται από κάθε ομάδα μαθητών να φέρει ένα βρασμένο αβγό όσο το δυνατόν μικρότερων διαστάσεων. Έχοντας διδάξει σε προηγούμενα μαθήματα τους νόμους των

αερίων θέτουμε ως πρόκληση στις ομάδες να αξιοποιήσουν ό,τι έχουν μάθει για να καταφέρουν να βάλουν και να βγάλουν ένα καθαρισμένο βρασμένο αβγό σε ένα γυάλινο μπουκάλι με στόμιο διαμέτρου μικρότερης από τη διάμετρο του αβγού, χωρίς οι ίδιοι να ασκήσουν σε αυτό δύναμη και, αν είναι δυνατόν, χωρίς αυτό να διαλυθεί. Τους ενημερώνουμε ότι τα όργανα και τα υλικά που θα έχουν στη διάθεσή τους είναι: ένα γυάλινο μπουκάλι νερού ή γάλακτος με ευρύ στόμιο, ένα σεσουάρ μαλλιών, κρύο νερό, βραστήρας νερού.

Με συζήτηση στην ολομέλεια επιχειρούμε να κατευθύνουμε τους μαθητές να αντιληφθούν ότι θα πρέπει να δημιουργήσουν συνθήκες διαφοράς πίεσης μέσα και έξω από το μπουκάλι που θα οδηγήσουν στην άσκηση πιεστικής δύναμης στο αβγό. Άρα για να μπει το αβγό μέσα στο μπουκάλι θα πρέπει η πίεση μέσα στο μπουκάλι να μειωθεί σε σχέση με την ατμοσφαιρική πίεση που υπάρχει έξω από το μπουκάλι. Τι πρέπει να γίνει ώστε η πίεση μέσα στο μπουκάλι να μειωθεί;

Καθώς ο όγκος του μπουκαλιού είναι σταθερός, αυτό μπορεί να γίνει είτε μειώνοντας τον αριθμό των moles του αέρα μέσα στο «σφραγισμένο» μπουκάλι είτε μειώνοντας τη θερμοκρασία του αέρα. Με βάση τα υλικά που έχουμε δώσει η μείωση της πίεσης του αέρα μέσα στο μπουκάλι μπορεί να γίνει τουλάχιστον με δύο τρόπους:

α. τοποθετούμε στο μπουκάλι μικρή ποσότητα βραστού νερού που το ζεστάνουμε στο βραστήρα και κουνάμε το μπουκάλι σα να το ξεπλένουμε. Χύνουμε το νερό και επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία γρήγορα μία-δύο φορές ακόμη. Με τον τρόπο αυτό ο αέρας του μπουκαλιού ζεσταίνεται, διαστέλλεται και ένα μέρος του διαφεύγει από το μπουκάλι στην ατμόσφαιρα. Η πίεση μέσα στο μπουκάλι είναι ίση με την ατμοσφαιρική αφού αυτό είναι ανοιχτό. Τοποθετούμε το αβγό στο στόμιο του μπουκαλιού με το μπουκάλι όρθιο και για να επιταχύνουμε το φαινόμενο βρέχουμε με κρύο νερό τα εξωτερικά του τοιχώματα ή το τοποθετούμε σε λουτρό παγωμένου νερού (Εικόνα 2). Μετά από λίγο το αβγό «γλιστράει» μέσα στο μπουκάλι. Όταν ο αέρας και οι υδρατμοί μέσα στο μπουκάλι ψυχθούν η πίεση εκεί μειώνεται και καθίσταται μικρότερη από την ατμοσφαιρική. Η δύναμη που ασκείται στο αβγό λόγω της διαφοράς πίεσης μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού του μπουκαλιού το σπρώχνει μέσα στο μπουκάλι (Κουμαράς, 2003, σσ. 102-103).

β. χρησιμοποιώντας το σεσουάρ μαλλιών στη σκάλα θερμού αέρα θερμαίνουμε το εξωτερικό του γυάλινου μπουκαλιού, ενώ το στόμιό του παραμένει ανοικτό (Εικόνα 3). Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η θερμοκρασία του αέρα μέσα στο μπουκάλι. Στη συνέχεια τοποθετούμε το αβγό στο στόμιο. Βρέχουμε το εξωτερικό του μπουκαλιού με κρύο νερό ή το τοποθετούμε σε λουτρό κρύου νερού, για να επιταχύνουμε τη διαδικασία. Το αβγό, για τους ίδιους λόγους με πριν, «γλιστράει» μέσα στο μπουκάλι.



Εικόνα 2. Διαδοχικά στιγμιότυπα της εισαγωγής του αβγού μέσα στο μπουκάλι. (Φωτογραφίες Π. Στεφανίδου).



Εικόνα 3. Θέρμανση του αέρα του μπουκαλιού με σεσουάρ. (Φωτογραφία Π. Στεφανίδου).

Πώς μπορούμε τώρα να βγάλουμε έξω το αβγό; Οι μαθητές αναμένεται να προτείνουν διαδικασίες που, αντίθετα με πριν, θα αυξήσουν την πίεση μέσα στο μπουκάλι. Αυτό μπορεί να συμβεί με διάφορους τρόπους. Ο πιο απλός είναι ο εξής: γέρνοντας το μπουκάλι με το στόμιο προς τα κάτω, κλείνεται το στόμιό του με το αβγό και στη συνέχεια αυξάνουμε τη θερμοκρασία του εγκλωβισμένου αέρα είτε χρησιμοποιώντας το σεσουάρ μαλλιών στη σκάλα θερμού αέρα είτε βρέχοντας με βραστό νερό το εξωτερικό του μπουκαλιού.

B. Ερμηνευτικές Δραστηριότητες

B1. Το αυγό μου πρασίνισε

Επιδεικνύουμε στους μαθητές ένα μελάτο αβγό και ένα κομμένο στη μέση βρασμένο αυγό (Εικόνα 4) και τους ζητάμε να εστιάσουν την προσοχή τους και στα δύο αβγά στη διαχωριστική επιφάνεια ασπραδιού-κρόκου. Θέτουμε την ερώτηση: “Πολλές φορές καθαρίζοντας ένα «σφιχτό» βρασμένο αυγό παρατηρούμε ότι εμφανίζεται ένα πρασίνισμα ακριβώς στην επιφάνεια επαφής ασπραδιού και κρόκου. Τι είναι αυτή η πράσινη ουσία και πώς σχηματίζεται;”



Εικόνα 5. Ένα μελάτο και ένα σφιχτά βρασμένο αυγό. (Φωτογραφίες Π. Στεφανίδου).

Οι μαθητές θα μπορούσαν να αναζητήσουν πληροφορίες στο διαδίκτυο για να απαντήσουν αυτή την ερώτηση. Αν ωστόσο θέλαμε να τους εμπλέξουμε σε μία πιο αυθεντική εργασία διερεύνησης θα μπορούσαμε να τους κατευθύνουμε να αναζητήσουν:

α. χημικές ουσίες που έχουν αυτό το πράσινο χρώμα και πώς μπορούν να σχηματιστούν (με ποιες χημικές αντιδράσεις).

β. χημικές ουσίες του ασπραδιού και του κρόκου οι οποίες με βάση την προηγούμενη αναζήτηση θα μπορούσαν να αντιδράσουν και να σχηματίσουν την πράσινη χημική ουσία.

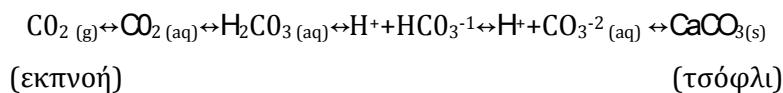
Τονίζουμε ιδιαίτερα ότι υποδεικνύει η παρατήρηση: το πρασίνισμα εμφανίζεται ακριβώς στη διαχωριστική επιφάνεια ασπραδιού και κρόκου. Τι σημαίνει αυτό; Επίσης, το αυγό χρειάστηκε να βράσει αρκετά ώστε να γίνει «σφιχτό». Γιατί το πρασίνισμα δεν εμφανίζεται όταν το αυγό είναι λιγότερο βρασμένο; Τι σημαίνει αυτό;

Ανάλογα με το διαθέσιμο χρόνο καθοδηγούμε τους μαθητές να ανακαλύψουν τη σωστή απάντηση. Το πρασίνισμα γύρω από τον κρόκο του σφιχτού αυγού οφείλεται στο σχηματισμό θειικού σιδήρου κατά τη χημική αντίδραση ανάμεσα στο σίδηρο που περιέχεται στον κρόκο και στα θειούχα άλατα που περιέχονται στο ασπράδι: γι' αυτό το πρασίνισμα εμφανίζεται ακριβώς στην επιφάνεια της επαφής τους. Ο σίδηρος στον κρόκο είναι συνδεδεμένος με μια πρωτεΐνη, τη φωσβιτίνη. Κατά τον παρατεταμένο βρασμό, η θερμοκρασία του αυγού αυξάνεται τόσο ώστε οι πρωτεΐνες να επιμηκύνονται αρκετά με αποτέλεσμα, και ο σίδηρος στον κρόκο, όπως και τα θειούχα άλατα στο ασπράδι να "ξεκολλούν" από αυτές (Sulfur, 2014).

B2. Τα λεπτόφλουδα αυγά του καλοκαιριού

Έχει παρατηρηθεί ότι τις ζεστές ημέρες τα αυγά που παράγουν οι κόττες είναι πιο λεπτά σε σχέση με αυτά που παράγουν πιο κρύες ημέρες. Γιατί άραγε συμβαίνει αυτό;

Για να προσανατολίσουμε τους μαθητές τους δίνουμε τη χημική εξίσωση που περιγράφει το σχηματισμό του τσοφλιού του αβγού που αποτελείται κυρίως από ανθρακικό ασβέστιο, μέσω της πρόσληψης διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα κατά την αναπνοή της κότας:



Γιατί το τσόφλι θα γινόταν πιο λεπτό; Ενδεχομένως επειδή δεν θα υπάρχει διαθέσιμο αρκετό CaCO_3 . Αν δούμε την παραπάνω αντίδραση ως μια αμφίδρομη αντίδραση, τι σημαίνει αυτό για το ρυθμό εισπνοή-εκπνοής του CO_2 ; Γιατί αυτό συμβαίνει όταν κάνει ζέστη; Πώς συμπεριφέρονται οι κόττες όταν ζεσταίνονται;

Οι μαθητές αναζητούν πληροφορίες και ενημερώνονται ότι όταν κάνει ζέστη, αντίθετα με τους ανθρώπους που ιδρώνουν, οι κόττες λαχανιάζουν. Η φαινομενικά ασήμαντη αυτή λεπτομέρεια, έχει μεγάλες οικονομικές συνέπειες, διότι οι κόττες γεννούν αβγά με λεπτό και συνεπώς εύθραυστο τσόφλι. Το φαινόμενο αυτό είναι αποτέλεσμα της αρχής Le Chatelier και της ισορροπίας με τα ανθρακικά, με βάση την παραπάνω χημική εξίσωση. Συγκεκριμένα, κατά την εκπνοή εκλύεται CO_2 με αποτέλεσμα η ισορροπία να μετατοπίζεται αριστερά, εις βάρος δηλαδή του CaCO_3 (Sikora, χ.η.).

Είναι ενδιαφέρον να ζητήσουμε από τους μαθητές να προτείνουν πιθανές λύσεις στο πρόβλημα αυτό. Αφού πάρουμε τις απαντήσεις τους ενημερώνουμε ότι το πρόβλημα αυτό βρήκε τη λύση του, προσθέτοντας CO_2 στο νερό που πίνουν τα κοτόπουλα. Πώς εξηγείται αυτό με το μηχανισμό της αρχής Le Chatelier;

Εν κατακλείδι

Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκαν κάποιες ιδέες οι οποίες θα μπορούσαν να βρουν θέση κατά τη διδασκαλία των ενοτήτων με τις οποίες σχετίζονται. Σε αυτές το αβγό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως όχημα που θα συνδέσει τον κόσμο της καθημερινής ζωής των μαθητών με επιστημονικές έννοιες της Χημείας και των άλλων Φυσικών Επιστημών γενικότερα, καθιστώντας το διδακτικό αντικείμενο περισσότερο οικείο και ελκυστικό.

Ίσως με «εργαλεία» όπως αυτό να αποκαταστήσουμε το ενδιαφέρον των μαθητών για τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών και να τους πείσουμε ότι η επιστήμη είναι πέρα από γνώσεις και διαδικασίες (πειραματικές και νοητικές) οι οποίες μπορεί να εφαρμοστούν σε οτιδήποτε με το οποίο έρχονται σε επαφή καθημερινά.

Βιβλιογραφία

- Hofstein, A., Eilks, In., Bybee, R. (2011). Societal Issues and their Importance for Contemporary Science Education-A Pedagogical Justification and the State-of-the-Art in Israel, Germany, and the USA. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9: 1459-1483
- Newton, T.A. (1990). Measurement of eggs: A general chemistry experiment, *Journal of Chemical Education*, 67 (7) p.604.
- Sadler, T. D. (2011). Socio-scientific Issues in the Classroom: Teaching, Learning and Research. *Contemporary Trends and Issues in Science Education*, Ch: 20, Springer
- Siatras, A., Koumaras, P., Seroglou, F., (2011). The Role of Science Curricula in the Exclusion of Children From Science: Presenting the Greek Case, *Western Anatolia Journal of Educational Science* (Wales), Dokuz Eylul University Institute, Izmir, Turkey ISSN 1308-8971
- Sikora (χη). Διαθέσιμο στη διεύθυνση: <http://scc.scdsb.edu.on.ca/Students/onlinecourses/Sikora/sch4u/v12/77.pdf>. Ανακτήθηκε στις 26/5/2014.
- Sulfur (2014). Διαθέσιμο στη διεύθυνση <http://mysite.du.edu/~jcalvert/phys/sulphur.htm>. Ανακτήθηκε στις 30/5/2014.
- Yore, L.D., Anderson, J.O., Chiu, M.H. (2010), Moving PISA Results into the Policy Arena: Perspectives on knowledge Transfer for Future Considerations and Preparations. *International Journal of Science and Mathematics Education* 8(3), 593-609
- Κουμαράς, Π., (2003). *Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής*. Εκδόσεις Χριστουδουλίδη.
- Στεφανίδου, Π., (2014). *Οι Φυσικές Επιστήμες μέσα από τα μάτια του αβγού*. Διαθέσιμο στη διεύθυνση: http://1ekfe-anatol.att.sch.gr/teachersworks/penystefanidou/egg_science.pptx.
- Τσαπαρλής, Γ., Καμπουράκης, Κ. (2012). *PARCEL Επιστημονικός εγγραμματισμός μέσω δημοφιλών και σχετικών με τη ζωή μαθημάτων Φυσικών Επιστημών*, <http://1lyk-filipp.pre.sch.gr/data/pdf/Parsel.pdf>



Η Πέννη Στεφανίδου είναι Χημικός από το τμ. Χημείας του ΕΚΠΑ, με μεταπτυχιακό στην Ανόργανη Χημεία από το ΕΚΠΑ (ως υπότροφος του ΕΚΕΦΕ ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ), με μεταπτυχιακό στο ΔΙΧΗΝΕΤ από το ΕΚΠΑ, και υποψήφια διδάκτορας στο τμ. Χημικών Μηχανικών του ΕΜΠ με ερευνητικό ενδιαφέρον τα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών. Υπηρετεί στη Δημόσια Δευτεροβάθμια εκπαίδευση στην Ανατολική Αττική.

Στη στήλη «Με αφορμή ένα άρθρο» θα φιλοξενοούνται σύντομες απόψεις, επεκτάσεις, προτάσεις που στέλνονται στο περιοδικό και αφορούν κάποιο άρθρο που δημοσιεύτηκε σε προηγούμενο τεύχος. Στείλτε την δική σας ιδέα με ηλεκτρονικό μήνυμα στη διεύθυνση physcool@auth.gr

Μπορείτε να χαράξετε ορθή γωνία σε οριζόντιο επίπεδο έχοντας μόνο ένα σκοινί;

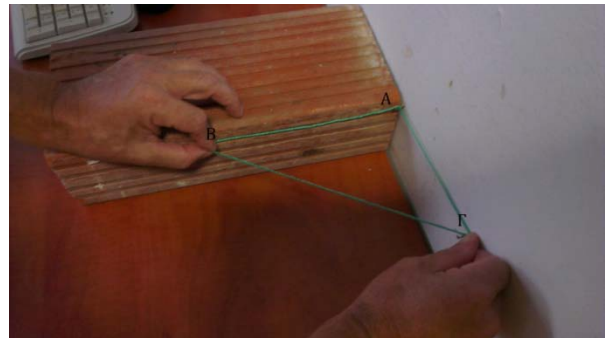
Π.Κ.

Το άρθρο για το Πυθαγόρειο Θεώρημα του συναδέλφου Παναγιώτη Μουρούζη, που δημοσιεύτηκε στο τρίτο τεύχος του περιοδικού, μου ξύπνησε μνήμες που με οδήγησαν σε μια πρόταση σχετική με το Πυθαγόρειο Θεώρημα.

Περίπου μισό αιώνα πριν...

Καλοκαίρι του 1968. Εγώ, μαθητής 1^{ης} Λυκείου το χειμώνα, βοηθός σε οικοδομικές εργασίες. Είχα καθήκοντα «τούβλα, λάσπη και κάτσο' ανάσανε». Μια στιγμή ο μάστορας μου ζήτησε να τον βοηθήσω να «γωνιάσει» (να χαράξει ορθή γωνία) ώστε να χτίσει τον εσωτερικό τοίχο του δωματίου κάθετο στον ήδη χτισμένο εξωτερικό τοίχο του σπιτιού. Περίμενα να με στείλει να φέρω κάνα ορθογώνιο τρίγωνο, που όμως δεν είχα δει στα εργαλεία. Αυτός όμως μου ζήτησε να φέρω ένα σκοινί (το ράμα) και το μέτρο. Πήρε το ράμα μέτρησε με το μέτρο 30 πόντους από την αρχή του και έκανε εκεί ένα κόμπο (Α). Στη συνέχεια με αρχή αυτόν τον κόμπο μέτρησε 40 πόντους και σημάδεψε το σημείο με νέο κόμπο (Β). Τέλος με αρχή αυτόν τον κόμπο μέτρησε 50 πόντους και έκανε νέο κόμπο (Γ). Είχε τώρα ένα σκοινί που κάθε κομμάτι του ήταν 10πλάσιο του 3,4,5. Μου ζήτησε να πιάσω από τις δυο άκρες του το σκοινί των 30 εκατοστών, να ακουμπήσω την αρχή του και τον κόμπο (Α) στον έτοιμο εξωτερικό τοίχο, παράλληλα με το δάπεδο, και να το τεντώσω. Στη συνέχεια έβαλε και τον τρίτο κόμπο (Γ) να το κρατάω μαζί με την αρχή

του σκοινιού. Ο ίδιος έπιασε τον κόμπο Β και τέντωσε τα σκοινιά. Έκπληκτος είδα να δημιουργείται ένα ορθογώνιο τρίγωνο, η μικρή κάθετη πλευρά του οποίου ήταν πάνω στον έτοιμο εξωτερικό τοίχο. Ο Μάστορας έβαλε ένα τούβλο κάτω από την άλλη κάθετη πλευρά του σκοινιού, παράλληλα προς το σκοινί, σημαδεύοντας έτσι τον εσωτερικό τοίχο που θα έκτιζε. Τελειώσαμε, η ορθή γωνία είχε γίνει.



Θυμήθηκα το Πυθαγόρειο που είχα κάνει στο σχολείο και ένοιωσα παράξενα που είδα να το εφαρμόζει ένας τεχνίτης.

Περίπου 15 χρόνια πριν...

Άνοιξη του 2000. Οι σιδεράδες βάζανε τα κάγκελα στον τοίχο της αυλής του σπιτιού μου. Εγώ, καθηγητής τώρα, είχα καθήκοντα «επίβλεψης και σχολιασμού». Ο σιδεράς, καλός φίλος, απόλυτα πεπεισμένος ότι «γενικώς οι καθηγητές δεν ξέρουν τίποτα χρήσιμο», με ρώτησε: τώρα κύριε καθηγητά πως «θα τα γωνιάσουμε» (θα βάλουμε τα κάγκελα σε ορθή

γωνία με την πέτρινη κολώνα από την οποία θα ξεκινάνε); Τώρα όμως ήξερα, τον εξέπληξα, είπα «θα κάνουμε το 3,4,5». Μου απένειμε παράσημο «ε! εσύ δεν είσαι καθηγητής, είσαι Μάστορας». Τελικά αυτός δεν πήρε σκοινί λύγισε κατάλληλα την πτυσσόμενη μετροταινία που είχε, εγώ κράταγα, και έκανε τα πολλαπλάσια του 3,4,5.

Τελικά αυτός ο τρόπος χάραξης ορθής γωνίας ήταν μάλλον γνωστός πριν από τον Πυθαγόρα. Σε τοιχογραφία του 1400 π.Χ. από τάφο στις Θήβες βλέπουμε



Τοιχογραφία του 1400 π.Χ., από τάφο στις Θήβες της Αιγύπτου.

[<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/history/egypt/19.html>]

«αρπεδονάπτες»¹, τους τοπογράφους της εποχής, να μετρούν το μήκος ή πλάτος ενός χωραφιού χρησιμοποιώντας ένα σκοινί χωρισμένο με κόμπους σε ίσα διαστήματα, την «αρπεδόνη»

(<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/history/egypt/19.html>).

Ορισμένοι μελετητές υποστηρίζουν ότι ίσως χρησιμοποιούσαν το ίδιο σκοινί, κρατώντας του κόμπους 3, 7 και 12, ώστε να χαράζουν ορθή γωνία, π.χ. στο τέλος του μήκους του χωραφιού ώστε να το οριοθετήσουν και μετρήσουν στη συνέχεια το πλάτος του. Δεν έχουν βρεθεί γραπτά κείμενα με οδηγίες για το τελευταίο, ούτε βέβαια η γνώση της τριάδας 3,4,5 (οι Μεσοποτάμιοι γνώριζαν και άλλες πολλές πυθαγόρειες τριάδες) σημαίνει ότι γνώριζαν το θεώρημα που έδινε το βαθύτερο νόημα της (Ferguson 2009, σελίδες 134 – 136· Paulson 2005· Rossi 2004, σελίδα 157) .

Πρόταση: ζητήστε από τους μαθητές σας να χαράξουν ορθή γωνία σε οριζόντιο επίπεδο χρησιμοποιώντας μόνο ένα σκοινί, μην τους δίνετε μάλιστα ούτε μέτρο. Το 3,4,5 μπορεί να γίνει με οτιδήποτε, με ένα βιβλίο, ένα παπούτσι, μια πιθαμή... επιπλέον θεωρώ ότι καλό είναι να μάθουν και πως αυτό το χρησιμοποιούν οι τεχνίτες, ας δουν ότι τα μαθηματικά, όπως και τη Φυσική, δεν τα

χρησιμοποιούν στην οικοδομή μόνο οι Μηχανικοί.

Σχόλια

[1]. Στην αγγλόφωνη βιβλιογραφία Harpedonaptai, Harpedone-apto, από τα ελληνικά Αρπεδόνη (νήμα, σκοινί) + άπτω (εγγίζω) δηλ. «αυτοί που τεντώνουν το σκοινί». Από τον Κλήμη τον Αλεξανδρέα αναφέρεται ότι ο Δημόκριτος τους αποκαλεί με αυτό το όνομα (Rossi 2004, σελ. 156).

Βιβλιογραφία

Ferguson K., 2009. Η Μουσική του Πυθαγόρα. Εκδόσεις Τραυλός. Αθήνα
Paulson J., 2005. Surveying in Ancient Egypt , https://www.fig.net/pub/cairo/papers/wshs_02/wshs02_02_paulson.pdf
Rossi C., 2004. Architecture and Mathematics in Ancient Egypt. Cambridge University Press.
Ρωσικόπουλος Δ., 2005. Από τον Όμηρο στον Πτολεμαίο. Αναδρομή στα όργανα και στις μεθόδους της πρώτης γεωμετρίας. Πρακτ. Συνέδριου "Η εξέλιξη των οργάνων, των μεθόδων και των συστημάτων μετρήσεων των επιστημών της αποτύπωσης στην Ελλάδα", Απρίλιος, Θεσσαλονίκη, σελ. 27 - 43 http://users.auth.gr/rossi/PDF%20Files/Erg_56.pdf

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

1ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή για το Εκπαιδευτικό Υλικό στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες.

Το Εργαστήριο Μαθησιακής Τεχνολογίας και Διδακτικής Μηχανικής του Τ.Ε.Π.Α.Ε.Σ. του Πανεπιστημίου Αιγαίου και το Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αιγαίου, υπό την αιγίδα της Σχολής Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου, ανακοινώνουν τη διοργάνωση του 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή με τίτλο: «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες», που θα πραγματοποιηθεί στις 17-18 Οκτωβρίου 2014 στις εγκαταστάσεις της Σχολής Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου στη Ρόδο.

Μέσω του Συνεδρίου επιχειρείται η υποστήριξη και ανάπτυξη θέσεων και προτάσεων, ενώ παράλληλα δίνεται η ευκαιρία σε εκπαιδευτικούς, επιστήμονες και ερευνητές να προβάλλουν τις απόψεις τους και να προτείνουν νέες ιδέες σε σχέση με το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες. Το Συνέδριο αυτό στοχεύει τόσο στη βελτίωση της ποιότητας του παρεχόμενου εκπαιδευτικού έργου όσο και στη διευκόλυνση της πρόσβασης των μελών της εκπαιδευτικής κοινότητας σε εκπαιδευτικό υλικό σύγχρονων ερευνών. Παράλληλα, ανταποκρίνεται στην αναγκαιότητα για συνεχή και συστηματική επιμόρφωση των εκπαιδευτικών, αλλά και την εξοικείωσή τους με τη μεθοδολογία παραγωγής, χρήσης και

αξιολόγησης του εκπαιδευτικού υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες. Στο Συνέδριο έχει προσκληθεί και θα συμμετέχει ο Professeur ~~Philippe~~ L Αστροφυσικός, μέλος της Γαλλικής Ακαδημίας των Επιστημών και Πρόεδρος του Εργαστηρίου La àmaïta pâte (<http://www.fondation-lamap.org/>). Πληροφορίες σχετικά με το Συνέδριο είναι διαθέσιμες στο δικτυακό τόπο: <http://ltee.org/sekpy2014>

8οι Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών

Το Εργαστηριακό Κέντρο Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Φ.Ε.) Αιγάλεω και η Ελληνική Συντονιστική Επιτροπή του Ευρωπαϊκού προγράμματος «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο – Ευρώπη» (Science on Stage – Europe), διοργανώνουν τους 8^{ους} Πανελλήνιους Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών με θέμα: «Διαφωτίζοντας την εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών» («Illuminating Science Education»).

Οι 8^{οι} Πανελλήνιοι Αγώνες θα πραγματοποιηθούν στις 7 και 8 Νοεμβρίου 2014 στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών και στο αμφιθέατρο του Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω, στο σχολικό συγκρότημα του 6^{ου} Γενικού Λυκείου Αιγάλεω (πρώην ΕΠΛ), Μίνωος και Προόδου 1, Αιγάλεω (Αθήνα).

Όσοι ενδιαφέρονται να συμμετέχουν στους Αγώνες πρέπει να στείλουν τη συμμετοχή τους μέχρι 10 Οκτωβρίου 2014.

Για περισσότερες πληροφορίες επικοινωνήστε με την Υπεύθυνη του Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω στην ηλεκτρονική διεύθυνση: etsitop@otenet.gr

8ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ιστορίας, Φιλοσοφίας και Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών

Το Εργαστήριο Διδακτικής των Θετικών Επιστημών του ΤΕΕΑΠΗ του Πανεπιστημίου Πατρών διοργανώνει το 8ο Πανελλήνιο Συνέριο Ιστορίας, Φιλοσοφίας και Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών στις 16-18 Νοεμβρίου 2014 στο Συνεδριακό Κέντρο Πανεπιστημίου Πατρών – Μουσείο Επιστημών και Τεχνολογίας.

Το 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ιστορίας, Φιλοσοφίας και Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (ΙΦΔΦΕ) πραγματοποιήθηκε το 2001 στη Θεσσαλονίκη και έκτοτε αποτελεί διαθεματικό σημείο αναφοράς για ερευνητές, φοιτητές και εκπαιδευτικούς που δραστηριοποιούνται τόσο στα ακαδημαϊκά πεδία της Ιστορίας, Φιλοσοφίας και Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, όσο και στο σχολείο, διερευνώντας τις δυνατότητες συνενυρέσεων και συνεργασιών μεταξύ των ανθρώπων που υπηρετούν τους χώρους αυτούς.

Τα δυο τελευταία συνέδρια (6ο και 7ο) πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια ή παράλληλα με σχετικά διεθνή συνέδρια (*11th International History, Philosophy and Science Teaching Conference* στη Θεσσαλονίκη και *5th International Conference of the European Society of History of Science* στην Αθήνα) φέρνοντας σε άμεσο διάλογο Έλληνες και ξένους ερευνητές και εκπαιδευτικούς. Φέτος, το 2014, το 8ο συνέδριο ΙΦΔΦΕ (επανα)θέτει το βασικό ερευνητικό και εκπαιδευτικό ερώτημα που απασχολεί τη συγκεκριμένη κοινότητα, δηλαδή το αν και με ποιους τρόπους η Ιστορία και η Φιλοσοφία των φυσικών επιστημών είναι δυνατόν να συμβάλλει στην αναβάθμιση της διδασκαλίας τους στις διάφορες εκπαιδευτικές βαθμίδες, στην υποβοήθηση της *επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών* καθώς και στην αποτελεσματική *επικοινωνία* των φυσικών επιστημών στο ευρύ κοινό σε χώρους άτυπης και μη τυπικής εκπαίδευσης (μουσεία

επιστημών και τεχνολογίας, τύπος, τηλεόραση και διαδίκτυο, εκδόσεις, εκπαίδευση εκτός σχολείου). Απ' την άλλη μεριά παραμένουν ισχυρές οι θέσεις ερευνητών και εκπαιδευτικών, από την εποχή ακόμη που ο Τ. Κuhn διατύπωσε σχετικές απόψεις, που επισημαίνουν τους κινδύνους στρέβλωσης της Ιστορίας των φυσικών επιστημών κατά το μετασχηματισμό της σε εκπαιδευτικό υλικό. Πώς εξελίσσεται η διαμάχη αυτή και ποια μορφή λαμβάνει στον ελληνικό χώρο; Πώς εξελίσσεται διεθνώς και στην Ελλάδα η έρευνα και διδασκαλία στο χώρο αυτό; Ιδιαίτερα στον ελληνικό χώρο, στον οποίο συγκυριακά αναπτύχθηκαν κατά καιρούς φιλόδοξες και καινοτόμες προσπάθειες, υπάρχουν ρεύματα έρευνας ή/και πρακτικές που να συστηματοποιούν την ήδη υπάρχουσα εμπειρία και να καλλιεργούν νέες μεθοδολογίες σχεδιασμού και ανάπτυξης σχετικού εκπαιδευτικού υλικού;

Παράλληλα, στο συνέδριο είναι δυνατόν να φιλοξενηθούν εργασίες που αναφέρονται σε όλες τις πλευρές της **πολιτισμικής διάστασης της επιστημονικής γνώσης** στις τυπικές και μη τυπικές μορφές εκπαίδευσης. Οι σχέσεις της σχολικής ή εκλαϊκευμένης επιστημονικής γνώσης με προβλήματα της καθημερινής ζωής, με τεχνολογικά ζητήματα, με περιβαλλοντικά θέματα και με δραστηριότητες των τεχνών αποτελούν χαρακτηριστικά στοιχεία αυτής της διάστασης και πιθανά αντικείμενα πραγμάτευσης των εργασιών αυτών. Υφίσταται διεθνώς και στην Ελλάδα ένα ερευνητικό ρεύμα ή/και πρακτικές διδασκαλίας και εκλαϊκευσης της πολιτισμικής διάστασης της επιστημονικής γνώσης; Η ανάδειξη της πολιτισμικής διάστασης της επιστημονικής γνώσης στο σχολείο και στη μη τυπική εκπαίδευση μπορεί να συμβάλλει στον επαναπροσδιορισμό των σχέσεων ανάμεσα στις φυσικές επιστήμες και τον πολιτισμό, δεδομένου ότι οι σχέσεις αυτές φαίνεται να έχουν διαρραγεί πλήρως στη σύγχρονη εποχή μας;

Το συνέδριο απευθύνεται σε ερευνητές της ιστορίας, φιλοσοφίας και διδακτικής των φυσικών επιστημών και συναφών επιστημών, σε εκπαιδευτικούς και στελέχη της εκπαίδευσης όλων των βαθμίδων, σε επαγγελματίες της επικοινωνίας της εικόνας και της κουλτούρας (δημοσιογράφους, στελέχη μουσείων), σε φοιτητές παιδαγωγικών ή άλλων πανεπιστημιακών τμημάτων που

ενδιαφέρονται για την διάδοση των φυσικών επιστημών στην κοινωνία και την εκπαίδευση, καθώς και στο ευρύ κοινό που ενδιαφέρεται για τα σχετικά ζητήματα και αποτελεί τον αποδέκτη της προσπάθειας για τη δημόσια κατανόηση της επιστήμης.

Πληροφορίες σχετικά με την υποβολή εργασιών και τις σημαντικές ημερομηνίες του Συνεδρίου είναι διαθέσιμες στο δικτυακό τόπο: <http://www.hipst.gr/>

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή



Στο εξώφυλλο του 3ου τεύχους δημοσιεύτηκε η φωτογραφία της κ. Βασιλικής Ζαχαρούλη που η ίδια τιτλοφόρησε “τι κοιτάν οι βάρκες;” Στη φωτογραφία φαίνονται τέσσερα πλωτά να «κοιτάζουν» προς την ίδια κατεύθυνση. Η φωτογραφία τραβήχτηκε το καλοκαίρι του 2013 στο Καμάρι της Σαντορίνης. Η φωτογράφος μάς δίνει επιπλέον την πληροφορία ότι μετά από λίγη ώρα όλα “κοιτούσαν κάπου αλλού”, αλλά πάλι όλα προς την ίδια κατεύθυνση.

Φαίνεται ότι το “πρόβλημα” ήταν εύκολο. Όλες οι απαντήσεις που πήραμε συμφωνούσαν, σε γενικές γραμμές, στο εξής:

“Τα πλωτά ήταν αγκυροβολημένα με μια άγκυρα. Ο αέρας, ακόμη και το αεράκι, που φυσούσε ανάγκαζε το σκάφος να κινηθεί γύρω από την αλυσίδα ή το σκοινί της άγκυρας και να στέφει προς τη μεριά του αέρα την πλώρη του γιατί αυτή παρουσίαζε στον αέρα τη μικρότερη αντίσταση. Έτσι όταν άλλαζε ο αέρας άλλαζε η πλώρη του σκάφους αλλάζει κατεύθυνση και δείχνει πάλι από πού φυσάει”

Πραγματικά απλός τρόπος να καταλαβαίνει κανείς αμέσως από (ή προς τα) πού φυσάει. Κοιτάζει απλά τα σκάφη που είναι αγκυροβολημένα. Προφανώς δεν ισχύει αν το σκάφος είναι δεμένο από δυο σημεία του γεγονός που δεν του επιτρέπουν να στρίψει.

Ευχαριστούμε όλους και όλες που έστειλαν τις απαντήσεις τους. Περιμένουμε με ανυπομονησία τις απαντήσεις σας και για τη φωτογραφία του εξώφυλλου του 4ου τεύχους!

