

Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση



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

Η φωτογραφία του τρέχοντος εξωφύλλου, έχει ληφθεί από τον κ. Χαρίτωνα Πολάτογλου κατά το θερινό ηλιοστάσιο του 2014 στην παλιά πόλη της Βαρσοβίας. Μία καλλιτέχνης αιωρείται αρκετά πάνω από το έδαφος ακουμπώντας μόνο πάνω στο ραβδί της, προκαλώντας την προσοχή και το θαυμασμό των περαστικών. Μήπως η καλλιτέχνης αυτή είναι μέλος των διάσημων, αλλά μυθικών, Τζεντάι; Μήπως πρόκειται για κάποια παραγνωρισμένη επιστήμονα που επιδεικνύει επιδεικτικά το έργο της πάνω στην αντιβαρύτητα; Ποιο είναι το μυστικό της;

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 4^{ου} τεύχους στη σελίδα 94.

Editorial	4
Για το περιοδικό	5-6
Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό	
Πρακτικές εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης στη διδασκαλία της Φυσικής (Α' Μέρος) <i>Γ. Στύλος, Κ. Κώτσης, Α. Εμβαλωτής</i>	7-15
Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο	
Ποσοτικός προσδιορισμός της βιταμίνης C: 2+1 όψεις του ίδιου πειράματος <i>Σ. Μανδηλιώτης, Σ. Χατζάρα</i>	17-25
Μελετώντας την αναπαραγωγή του ανθρώπου στο Γυμνάσιο: διδακτική παρέμβαση με αξιοποίηση των Νέων Τεχνολογιών. <i>Ι. Νείλα</i>	27-37
Αστικοί μύθοι και διδακτικοί θρύλοι	
Τι διδάσκουμε για την ενέργεια; <i>Π. Κουμαράς</i>	39-46
Μέσα στην τάξη	
Μικροί σεισμολόγοι εν δράσει: μελετώντας τους σεισμούς στην τάξη. <i>Μ.Ελευθερίου</i>	47-55
Πόσα αστέρια βλέπουμε με γυμνό μάτι στο βραδινό ουρανό; <i>Σ. Σπανός, Χ. Ξενάκης</i>	57-66
Σκουπιδομαζέματα-επιστημοσκορπίσματα	
Κατασκευή και βαθμονόμηση ενός θερμομέτρου στην τάξη. <i>Π. Μουρούζης</i>	67-75
Κατασκευή ηλεκτροστατικής μηχανής Lebiez και διάφορων ηλεκτροστατικών διατάξεων με υλικά καθημερινής χρήσης. <i>Χ. Πετούσης</i>	77-91
Πρόκειται να συμβούν	92-93
Γράψατε για το εξώφυλλο	94

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. Ευόσμου
Πολάτογλου Χαρίτων, Αν. καθηγητής Τμ. Φυσικής του Α.Π.Θ.

Διαχείριση δικτυακού τόπου

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

Αυγολούπης Σταύρος, Καθηγητής του Π.Τ.Δ.Ε. του Α.Π.Θ.
Βαλαδάκης Ανδρέας, Δρ. Φυσικής, Εκπ/κός Δ/βάθμιας Εκπ/σης
Δαπόντες Νίκος, π. Σχ. Σύμβουλος ΠΕ04
Δομουχτσίδου Γαρυφαλλιά, Δρ. Βιολογίας, Εκπ/κός Δ/βάθμιας Εκπ/σης
Καλογιαννάκης Μιχάλης, Λέκτορας του Π.Τ.Π.Ε. του Παν. Κρήτης
Καρούνας Διονύσιος, π. Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Μεσσηνίας
Κασσέτας Ανδρέας, Εκπ/κός Δ/βάθμιας Εκπ/σης
Κουμαράς Παναγιώτης, Καθηγητής του Π.Τ.Δ.Ε. του Α.Π.Θ.
Λευκοπούλου Σουλτάνα, Δρ. Χημείας, Σχ. Σύμβουλος ΠΕ04 Αν. Θεσ/νίκης
Μαυρόπουλος Αβραάμ, Δρ. Επιστ. Αγωγής, Σχ. Σύμβουλος ΠΕ04 Στερεάς
Ελλάδας
Μουρούζης Παναγιώτης, Φυσικός Ρ/Η, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Κέρκυρας
Παπαδοπούλου Πηνελόπη, Επίκουρη Καθηγήτρια του Π.Τ.Ν. του Παν. Δυτ.
Μακεδονίας
Παπασταματίου Νίκος, Φυσικός, επίτιμος Σχ. Σύμβουλος ΠΕ04
Πιερράτος Θεόδωρος, Δρ. Διδακτικής της Φυσικής, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε.
Ευόσμου
Πλακίτση Κατερίνα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Π.Τ.Ν. του Παν.
Ιωαννίνων

Συντακτική ομάδα

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

Επιμέλεια Εξώφυλλου

Μαΐδου Ανθούλα, Εκπ/κος Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης

Επιστημονική Επιτροπή

Πολάτογλου Χαρίτων, Αν. Καθηγητής του Τμήματος Φυσικής Α.Π.Θ.
Πράμας Χρήστος, Δρ. Διδακτικής της Φυσικής, Σχ. Σύμβουλος Π/βάθμιας
Εκπ/σης Σεργρών
Πριμεράκης Γιώργος, Δάσκαλος Π/βάθμιας Εκπ/σης
Ρούμελης Νικόλαος, Δρ. Χημείας, Σχ. Σύμβουλος ΠΕ04 Κυκλάδων
Σκουμιός Μιχάλης, Λέκτορας του Π.Τ.Δ.Ε. του Παν. Αιγαίου
Σκούρας Ζαχαρίας, Καθηγητής του Τμήματος Βιολογίας του Α.Π.Θ.
Σολομωνίδου Χριστίνα, π. Καθηγήτρια του Π.Τ.Δ.Ε. του Παν. Θεσσαλίας
Σπανός Σεραφείμ, Δρ. Φυσικής, Εκπ/κός Δ/βάθμιας Εκπ/σης
Σταυρίδου Ελένη, π. Καθηγήτρια του Π.Τ.Δ.Ε. του Α.Π.Θ.
Τσαγλιώτης Νεκτάριος, Δάσκαλος Π/βάθμιας Εκπ/σης
Τσαπαρλής Γεώργιος, Καθηγητής του Τμήματος Χημείας του Παν.
Ιωαννίνων
Τσιτοπούλου-Χριστοδουλίδη Ευγενία, Υπεύθυνη Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω
Φασουλόπουλος Γιώργος, Δρ. Διδακτικής της Φυσικής, Εκπ/κός
Δ/βάθμιας Εκπ/σης
Χαλκιά Κρυσταλία, Καθηγήτρια του Π.Τ.Δ.Ε. του Ε.Κ.Π.Α.
Χαραλάμπος Μάριος, Δρ. Διδακτικής της Φυσικής, Εκπ/κός Π/βάθμιας
Εκπ/σης Κύπρου

Editorial – Δεκέμβριος 2014

Σας καλωσορίζουμε στο 5ο τεύχος μας και σας ευχόμαστε ό,τι καλύτερο για το 2015. Ακριβώς πριν ένα χρόνο με πολύ μεράκι και διάθεση ξεκινήσαμε την έκδοση του περιοδικού. Επενδύοντας κόπο και προσωπικό χρόνο, παρέμενε η αγωνία μας κατά πόσο οι εκπαιδευτικοί, τόσο της πρωτοβάθμιας όσο και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, στους οποίους απευθύνεται το περιοδικό, θα αντιδρούσαν στο κάλεσμα το οποίο επιχειρήσαμε, επιχειρώντας να λάβουν ενεργά μέρος στην προσπάθειά μας στέλνοντας τις εργασίες τους. Η πραγματικότητα ήταν καλύτερη από ό,τι περιμέναμε: Στα πρώτα τέσσερα τεύχη φιλοξενήσαμε εργασίες από 37 διαφορετικούς συγγραφείς. Εργασίες οι οποίες, πιστεύουμε, ότι: α. αναδεικνύουν τη δυναμική που εξακολουθεί να υπάρχει, παρά τις ιδιαίτερα αντίξοες συνθήκες, σε πυρήνες εκπαιδευτικών σε σχολεία όλης της Ελλάδας, και β. μπορούν να αξιοποιηθούν από τους συναδέλφους μέσα στην τάξη τους ώστε να προσεγγίσουν με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα τις ανάγκες και τα ενδιαφέροντα των μαθητών τους.

Ευχόμαστε και ελπίζουμε ότι οι περισσότεροι από 6000 διαφορετικοί χρήστες που έχουν επισκεφθεί το δικτυακό τόπο του περιοδικού και το έχουν κατεβάσει στους υπολογιστές τους, θα εξακολουθήσουν να βρίσκουν ενδιαφέρον το υλικό που θα δημοσιευτεί και κατά το δεύτερο χρόνο

κυκλοφορίας του περιοδικού, και γιατί όχι, να αυξηθούν.

Κινούμενοι στην κατεύθυνση καθιέρωσης του περιοδικού στην εκπαιδευτική κοινότητα της χώρας μας, εξασφάλισαμε την επίσημη παρουσία και προβολή του περιοδικού από το δικτυακό τόπο της Κεντρικής Βιβλιοθήκης του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Επίσης, απαντώντας σε πολλούς συναδέλφους που ζήτησαν κάτι τέτοιο, επιχειρείται η συνεργασία με εκδοτικό οίκο προκειμένου το περιοδικό να είναι διαθέσιμο για όσους ενδιαφέρονται και σε εκτυπωμένη μορφή σε τιμή κόστους. Νεότερα ελπίζουμε ότι θα μπορούμε να ανακοινώσουμε στο επόμενο τεύχος την Άνοιξη του 2015. Τονίζουμε πάντως ότι, σε κάθε περίπτωση, το περιοδικό θα εξακολουθεί να αναρτάται στο γνωστό δικτυακό τόπο, <http://physcool.web.auth.gr/>, χωρίς κανένα κόστος.

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 περίπου λέξεις, χωρίς τις εικόνες ή πίνακες που τυχόν θα περιλαμβάνει.

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

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

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

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

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

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

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

Επιπλέον στο περιοδικό σχεδιάζεται να υπάρχουν:

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

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

Πρακτικές εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης στη διδασκαλία της Φυσικής (Α' Μέρος)

Γιώργος Στύλος, Κωνσταντίνος Κώτσης και Αναστάσιος Εμβαλωτής

Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει τα αποτελέσματα της ποιοτικής έρευνας που πραγματοποιήθηκε σε εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης του Νομού Ιωαννίνων σχετικά με τις πρακτικές που αξιοποιούν οι εκπαιδευτικοί στα διάφορα προτεινόμενα στάδια της διδασκαλίας της Φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο καθώς και στις παραμέτρους που συνδέονται άμεσα με αυτά όπως π.χ. τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών και την αξιολόγηση. Στο Α' μέρος της, που παρουσιάζεται σε αυτό το τεύχος, εμφανίζεται η ανάλυση της σχετικής βιβλιογραφίας και το αντίστοιχο θεωρητικό πλαίσιο. Τα αποτελέσματα της έρευνας θα παρουσιαστούν στο Β' μέρος της εργασίας, στο επόμενο τεύχος του ανά χειράς περιοδικού.

Η μέθοδος διδασκαλίας

Η μέθοδος διδασκαλίας που προτείνεται μέσα από τα σχολικά εγχειρίδια για το μάθημα των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) στηρίζεται τόσο στο ερευνητικά εξελισσόμενο μοντέλο (ανακαλυπτικού τύπου) με τη θέση του πειράματος να είναι ιδιαίτερη σημαντική (ομαδοσυνεργατικά) όσο και σε εποικοδομητικά στοιχεία που αφορούν τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές οικοδομούν την αντίληψη τους για τον κόσμο με βάση τις προϋπάρχουσες γνώσεις και τα μέσα που διαθέτουν έτσι ώστε να κατακτήσουν αυτόνομα τα νέα στοιχεία. Βασικά χαρακτηριστικά του ερευνητικά εξελισσόμενου μοντέλου είναι η επιδίωξη της αναβάθμισης του ενδιαφέροντος για το μάθημα, η ευρύτητα της αυτόνομης συμμετοχής του μαθητή, η προσπάθεια προσφοράς της αίσθησης επιτυχίας, η ισομερής επιδίωξη γνωστικών, συναισθηματικών και ψυχοκινητικών στόχων, η αναγωγή των φαινομένων σε προβλήματα προς επίλυση, η μεθόδευση της ανακάλυψης μέσα από δομημένο μάθημα, η μετάδοση της επιστημονικής μεθοδολογίας, ο ρόλος του δασκάλου στο συντονισμό του μαθήματος, η σύνδεση

των φαινομένων που μελετώνται με την καθημερινότητα, η δυνατότητα επανάληψης των πειραμάτων και αυτόνομης διερεύνησης στον εξωσχολικό χώρο (Αποστολάκης, 2006).

Το πείραμα

Τα πειράματα κατέχουν κεντρικό ρόλο στην εκπαίδευση των Φ.Ε. και όλα σχεδόν τα βιβλία αναφέρονται στο γεγονός ότι η Φυσική είναι μια πειραματική επιστήμη και ότι η γνώση στη Φυσική βασίζεται στα πειράματα (Koronen & Mäntylä, 2006). Η χρήση των πειραμάτων αντιμετωπίζεται διαφορετικά από τις κυρίαρχες τάσεις που καταγράφονται στο πεδίο της Διδακτικής των Φ.Ε. (Κόκκοτας & Βλάχος, 2000; Κώτσης, 2005):

- Παραδοσιακή προσέγγιση (Θεωρία μάθησης: Συμπεριφορισμός):
 - πείραμα επίδειξης
 - επιβεβαίωση της θεωρίας, όπως αυτή παρουσιάζεται ή εξηγείται από το διδάσκοντα
- Ανακαλυπτική προσέγγιση (Θεωρία μάθησης: Ανακαλυπτική μάθηση μέσω της δράσης στα αντικείμενα):
 - πείραμα επίδειξης
 - ομαδικά κυρίως πειράματα.
- Εποικοδομητική προσέγγιση (Θεωρία μάθησης: εποικοδόμηση της γνώσης μέσω των ιδεών των παιδιών):
 - ομαδικές πειραματικές δραστηριότητες
 - ρόλος του πειράματος: πρόκληση γνωστικής σύγκρουσης
 - αναδόμηση ιδεών, γνωστική σύγκρουση, συζήτηση, εφαρμογή-εμπέδωση

Στο διδακτικό μοντέλο της εποικοδόμησης της γνώσης τα πειράματα στοχεύουν στην πρόκληση γνωστικής σύγκρουσης στους μαθητές με στόχο να επιτευχθεί αναθεώρηση των απόψεών τους.

Οι κύριοι λόγοι για τους οποίους αυτά δεν γίνονται στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση (Π.Ε.) είναι η έλλειψη από τα σχολεία των ειδικών υλικών, οργάνων, συσκευών και των ειδικών χώρων που απαιτούνται, ο φόβος της αποτυχίας στην εκτέλεση του πειράματος, ο φόβος να συμβεί κάποιο ατύχημα και η έλλειψη χρόνου για οργάνωση και πραγματοποίηση των πειραμάτων (Κουμαράς, 2002; Κώτσης, 2005; Κώτσης & Μπασιάκος; 2009;).

Εκπαιδευτικοί και επιστημονικό περιεχόμενο

Μια βασική αιτία της δυσκολίας των εκπαιδευτικών να αποδεχτούν τις εποικοδομητικές θέσεις για τη διδασκαλία και τη μάθηση φαίνεται να είναι η περιορισμένη γνώση που έχουν -κυρίως οι εκπαιδευτικοί της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης- ως προς το επιστημονικό περιεχόμενο (Σπύρτου, 2002). Ενώ, λοιπόν, είναι «παίκτες κλειδιά» στη μάθηση της επιστήμης, εν τούτοις έχουν έλλειψη γνώσης περιεχομένου σε πολλές σημαντικές έννοιες (Pfundt & Duit, 2000; Trundle et al., 2002) και η οποία οφείλεται και στην έλλειψη προετοιμασίας εκ μέρους των εκπαιδευτικών (Johnson, 2009).

Επιπλέον, αυτή η έλλειψη της γνώσης του επιστημονικού περιεχομένου έχει επίδραση στην εμπιστοσύνη και στην ικανότητα του εκπαιδευτικού να διδάξει τις επιστήμες γνωστικά και αποτελεσματικά για τους μαθητές (Appleton, 2008).

Η χαμηλή γνώση περιεχομένου, όπως και η έλλειψη επαγγελματικής ανάπτυξης και έμφασης των αρχών να δώσουν προτεραιότητα στη διδασκαλία των Φ.Ε. σε ένα υπερ-συνωστισμένο Αναλυτικό Πρόγραμμα, οδηγεί ακόμα και έμπειρους εκπαιδευτικούς να μην νιώθουν άνετα με τη διδασκαλία των επιστημών (Schagen & Hipkins, 2008). Παράλληλα, πολλοί από τους εκπαιδευτικούς έχουν αρνητικές εμπειρίες της επιστήμης από όταν ήταν οι ίδιοι μαθητές, και κατά συνέπεια έχουν αναπτύξει αρνητική στάση προς αυτήν (Mulholland & Wallace, 1996; Tosun, 2000), με αποτέλεσμα να έχουν φτωχή επιστημονική γνώση (Trundle et al., 2002) και έλλειψη εμπιστοσύνης στην ικανότητα να διδάξουν το μάθημα των επιστημών (Appleton, 2006; Nilsson, 2009; Palmer, 2001; Van Zee et al., 2003).

Τα χαμηλά επίπεδα εμπιστοσύνης και η αντιπάθεια των εκπαιδευτικών για τη διδασκαλία των Φ.Ε. έχουν μελετηθεί και σε άλλες έρευνες σε πολλές χώρες (Appleton, 2002; Palmer, 2001). Σε ορισμένες περιπτώσεις, η επίδραση της χαμηλής εμπιστοσύνης μπορεί να είναι τόσο ακραία που οι εκπαιδευτικοί Π.Ε. αξιοποιούν παραδοσιακές προσεγγίσεις, αναβάλλουν συνεχώς ή και ακόμη να αποφεύγουν εντελώς τη διδασκαλία των Φ.Ε. (Bencze & Upton, 2006; Weiss et al., 2003). Συχνότερα, η χαμηλή αυτοπεποίθηση και η αντιπάθεια για τις επιστήμες επιδρούν αρνητικά στο τρόπο διδασκαλίας με αποτέλεσμα οι διδακτικές στρατηγικές που προβλέπονται από τα σύγχρονα προγράμματα σπουδών των Φ.Ε. να μη αξιοποιούνται συχνά (Appleton, 2002).

Συνεργατική μάθηση

Έρευνες για τα αποτελέσματα της συνεργατικής μάθησης στις Φ.Ε. έχουν αποδείξει ότι οι μαθητές που συνεργάζονται έχουν καλύτερες επιδόσεις σε σχέση με εκείνους που εργάζονται ατομικά (Foley & O' Donnel, 2002; Johnson & Johnson, 2002). Οι συνεργατικές μαθησιακές προσεγγίσεις δημιουργούν εξαιρετικές ευκαιρίες στους μαθητές με αποτέλεσμα αυτοί να συμμετέχουν στην επίλυση προβλημάτων με τη βοήθεια άλλων μελών της ομάδας (Effandi & Zanaton, 2007).

Επιπλέον, ο Κόκκοτας (2006) επισημαίνει πως η δημιουργία επιθυμητών συνθηκών συνεργατικής διερεύνησης απαιτεί από μέρους του εκπαιδευτικού σημαντικές δεξιότητες, παραδείγματος χάριν να:

- διαθέτει δεξιότητες και τεχνικές οργάνωσης, συγκρότησης μιας τάξης σε ομάδες
- είναι εξοικειωμένος με τεχνικές καθοδήγησης και συντονισμού των ομάδων σε συνθήκες συνεργατικής μάθησης, όπως λόγου χάρη:
- είναι εξοικειωμένος με το σχεδιασμό και την εφαρμογή μαθησιακών δραστηριοτήτων κατάλληλων για συνεργατική μάθηση
- δίνει πρωτεύουσα σημασία στις απόψεις που έχουν οι μαθητές και οι ομάδες,
- δημιουργεί γέφυρες ανάμεσα στην καθομιλουμένη και στην επιστημονική γλώσσα
- εμπλέκει ενεργά μαθητές και ομάδες στις δραστηριότητες

Οι συνεργατικές μαθησιακές στρατηγικές προκαλούν επιπτώσεις τόσο στην πρόοδο των μαθητών όσο και στη χρήση των κοινωνικών δεξιοτήτων. Η δύναμη αυτών των στρατηγικών πηγάζει από την τοποθέτηση των μαθητών στο κέντρο της μαθησιακής διαδικασίας και αποτελεί ένα ουσιώδες κομμάτι της. Τα πάντα στη διαδικασία της διδασκαλίας θα πρέπει να εξυπηρετούν τους μαθητές με βασικό στόχο την προώθηση της μάθησής τους (Ebrahim, 2012).

Η ενσωμάτωση της συνεργατικής μάθησης κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας της Φυσικής παρουσιάζει και προκλήσεις για τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές. Τα κυριότερα προβλήματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

- η προετοιμασία επιπρόσθετων υλικών
- ο φόβος της μη κάλυψης της διδαχθείσας ύλης
- η έλλειψη εμπιστοσύνης των μαθητών ότι μπορούν μόνοι τους να κατακτήσουν τη γνώση
- η έλλειψη εξοικείωσης με συνεργατικές μεθόδους μάθησης
- η αντίληψη πως οι μαθητές δε διαθέτουν τις δεξιότητες να εργαστούν ομαδοσυνεργατικά (Zakaria & Iksan, 2007).

Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών

Οι προϋπάρχουσες ιδέες και ερμηνείες «συνοδεύουν» τα παιδιά στις αίθουσες διδασκαλίας και είναι συνήθως διαφορετικές από τις επιστημονικές (Σπυροπούλου-Κατσάνη, 2002) και μπορούν να επηρεάσουν δυσμενώς τη συνακόλουθη μάθηση (Sanger & Greenbowe, 1997). Η μάθηση θεωρείται μια ατομική διαδικασία, που περιλαμβάνει σύνδεση των νέων ιδεών και εμπειριών με την προηγούμενη γνώση μέσω αλληλεπιδράσεων με το φυσικό και/ή κοινωνικό περιβάλλον (Liang & Gabel, 2005). Σημαντικό είναι το γεγονός ότι οι εναλλακτικές απόψεις είναι βαθιά ριζωμένες και δύσκολα αλλάζουν, αν δε ληφθούν υπόψη στη διδακτική διαδικασία (Eryilmaz, 2002). Συνεπώς, οι παρανοήσεις ισοδυναμούν με κάτι περισσότερο από την παρεξήγηση μιας έννοιας. Οι παρανοήσεις αποτελούν μέρος ενός μεγαλύτερου συστήματος γνώσης, το οποίο περιλαμβάνει αλληλένδετες έννοιες που συμβάλλουν στην ερμηνεία των εμπειριών των μαθητών και δύνανται να εμποδίσουν την πρόοδο ενός μαθητή σε όλα τα επίπεδα της εκπαίδευσης (Duit & Treagust, 2003; Southerland et al., 2001).

Επομένως, οι εκπαιδευτικοί είναι αναγκαίο να γνωρίζουν ότι οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών:

- αποτελούν γνωσιακές και προσωπικές κατασκευές βάσει των οποίων οι μαθητές ερμηνεύουν οτιδήποτε εξηγεί ο εκπαιδευτικός στην τάξη
- έχουν αναπτυχθεί σε πλαίσιο διαφορετικό από εκείνο της τυπικής εκπαίδευσης.
- αποκλίνουν από τις επιστημονικές ιδέες που έχουν κατασκευαστεί στο κοινωνικό πλαίσιο της επιστημονικής κοινότητας και σε διαφορετικές κοινωνικοπολιτισμικές και ιστορικές συνθήκες

- παρεμβάλλονται στη διδασκαλία του μαθήματος των Φ.Ε. με αποτέλεσμα την ελλιπή μάθηση και επιπτώσεις ως προς τη συνοχή του εννοιολογικού πλαισίου που επιδιώκεται να οικοδομηθεί
- μπορεί να χρησιμεύσουν ως οδηγό στον έλεγχο της αποτελεσματικότητας των εκάστοτε διδακτικών στρατηγικών

Επιπλέον, είναι αναγκαίο να γνωρίζουν:

- ότι η παραδοσιακή διδασκαλία δεν τροποποιεί συνήθως τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών.
- τις βασικές εναλλακτικές ιδέες των μαθητών τους σχετικά με το θέμα που πραγματεύονται στην τάξη και να αναπτύσσουν στρατηγικές μέσω των οποίων οι μαθητές θα μπορέσουν να τις υπερβούν.
- ότι δε θα πρέπει να θεωρούν ότι, επειδή παρέχουν τις απαραίτητες επεξηγήσεις και διευκρινίσεις στην τάξη, οι μαθητές θα τροποποιήσουν εύκολα τις ιδέες τους. Συχνά δε συμβαίνει αυτό και απαιτείται επιμονή και χρόνος για την αναδόμηση των ιδεών των μαθητών.
- ότι πρέπει να έρχονται σε επαφή με τα ερευνητικά δεδομένα του πεδίου τους για να μπορούν αφενός να ερμηνεύουν τα εννοιολογικά προβλήματα των μαθητών τους και αφετέρου να αναπτύσσουν βελτιωμένες διδακτικές πρακτικές.
- ότι και οι εκπαιδευτικοί έχουν συχνά τις ίδιες εναλλακτικές αντιλήψεις με τους μαθητές τους.

Σε ό,τι αφορά στο τι πρέπει να κάνουν οι εκπαιδευτικοί, θα μπορούσαν:

- να ξεκινούν από τις ιδέες των μαθητών τους.
- να σχεδιάζουν προβλήματα και να παροτρύνουν τους μαθητές τους να τα επιλύσουν.
- να προβλέπουν τρόπους προκειμένου οι μαθητές τους να συνειδητοποιήσουν τις εναλλακτικές ιδέες τους.
- να αξιολογούν συνεχώς την πρόοδο των μαθητών σχετικά με την κατανόηση των εννοιών και τις δυνατότητες αξιοποίησης ενός ερμηνευτικού πλαισίου συμβατού με την επιστημονική γνώση και έτσι να λαμβάνουν ασφαλείς ενδείξεις σχετικά με την τροποποίηση ή μη των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών (Χαλκιά, 2010).

Στην πραγματικότητα, όμως, αυτές οι καθημερινές ιδέες που χρησιμοποιούν οι μαθητές για να κατανοήσουν τις έννοιες των Φ.Ε. συχνά περνούν απαρατήρητες ή ακυρώνονται λόγω εκπαιδευτικών περιορισμών (π.χ. χρόνος, αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών) στη σχολική τάξη, όπως, επίσης, και εξαιτίας της αυξημένης υπευθυνότητας που τους διακρίνει απέναντι στην πολιτεία, η οποία επιβάλλει ένα αυστηρό αναλυτικό πρόγραμμα και περιορισμένες αξιολογήσεις που επικεντρώνονται κυρίως στο πόσο οι μαθητές γνωρίζουν (περιεχόμενο) και όχι στο πώς θα κατασκευάσουν την κατανόηση της επιστήμης (Wee, 2010).

Η αξιολόγηση

Η αξιολόγηση στη τάξη αναφέρεται στη διαδικασία που αξιοποιείται από τον εκπαιδευτικό να συλλέξει πληροφορίες για την επίδοση των μαθητών σε έργα αξιολόγησης, σε ομαδικό ή ατομικό επίπεδο, χρησιμοποιώντας ένα ευρύ φάσμα μεθόδων και να προσδιορίσει το βαθμό στον οποίο ο μαθητής έχει επιτύχει το στόχο της διδακτικής προσδοκίας (Gronlund, 1998), με κυριότερο στόχο τη βελτίωση της μάθησης του μαθητή και της παρώθησης να μάθει (Gronlund, 2006; Harlen & Crick, 2003).

Η αξιολόγηση συνίσταται στη συνεχή παρακολούθηση ολόκληρης της συμμετοχής και του βαθμού δραστηριοποίησης και προόδου των μαθητών κατά τη διεξαγωγή του μαθήματος, καθώς και στον έλεγχο επίτευξης των διδακτικών στόχων. Μέσα από τη συνεχή αξιολόγηση των μαθητών ο δάσκαλος έχει την ευχέρεια να προσδιορίζει:

- τις αδυναμίες και τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές του (ανατροφοδότηση), ώστε να επιλέξει τις κατάλληλες διορθωτικές παρεμβάσεις στη μαθησιακή διαδικασία.
- την ικανότητα των μαθητών να ορίζουν με τρόπο συμβατό προς την ηλικία τους τις έννοιες των Φ.Ε..
- την ικανότητα των μαθητών της ορθής χρήσης της γλώσσας προκειμένου να περιγράψουν φυσικά φαινόμενα και διαδικασίες.
- τη διατύπωση υποθέσεων και την κατασκευή νοητικών μοντέλων προκειμένου να ερμηνεύσουν φυσικά φαινόμενα.
- το συσχετισμό των όρων και των εννοιών των Φ.Ε. που έχουν διδαχθεί με την περιγραφή και ανάλυση των φυσικών φαινομένων.

Οι σκοποί αυτοί επιτυγχάνονται με την αξιοποίηση διαφόρων μορφών αξιολόγησης, όπως είναι η διαγνωστική, η διαμορφωτική και η τελική αξιολόγηση.

Τα μέσα αξιολόγησης που υιοθετούνται είναι ποικίλα, όπως είναι για παράδειγμα δραστηριότητες στο βιβλίο του μαθητή, φύλλα αξιολόγησης για κάθε θεματική ενότητα, εκπόνηση συνθετικών δημιουργικών εργασιών, άλλες δημιουργικές ατομικές ή ομαδικές δραστηριότητες, διαδικασίες αυτοαξιολόγησης

Ο Brookhart (1994), μέσα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, συμπέρανε ότι οι εκπαιδευτικοί:

- προσπαθούν πολύ να είναι δίκαιοι, όταν βάζουν βαθμολογία.
- ενημερώνουν τους μαθητές για τις συνιστώσες της βαθμολογίας.
- λαμβάνουν υπόψη την επίδοση στα διαγωνίσματα η οποία συμβάλλει κυρίως στη βαθμολογία.
- λαμβάνουν υπόψη την προσπάθεια και τις δυνατότητες των μαθητών, όταν βαθμολογούν.
- της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης στηρίζονται σε μη τυπικές παρατηρήσεις και αποδείξεις, όταν βαθμολογούν, ενώ οι εκπαιδευτικοί Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης χρησιμοποιούν τις επιδόσεις των μαθητών σε γραπτές δραστηριότητες.

- έχουν διαφορετικές αντιλήψεις για το νόημα και το σκοπό της βαθμολογίας, καθώς και για τη μελέτη των παραγόντων της επίτευξης ή μη στη βαθμολογία.
- αξιοποιούν πρακτικές στη βαθμολόγηση, οι οποίες διαφέρουν από τις συστάσεις ειδικών.

Αναφορές

Appleton, K. (2002). Science activities that work: Perceptions of primary teachers. *Research in Science Education*, 32, 393–410.

Appleton, K. (2006). *Science pedagogical content knowledge and elementary school teachers*. In K. Appleton (Ed.), *Elementary science teacher education* (pp. 31–54). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers.

Appleton, K. (2008). Developing science pedagogical content knowledge through mentoring elementary teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 19(6), 523–545.

Australian Science Technology and Engineering Council (ASTEC) (1997). *Foundations for Australia's future: Science and technology in primary schools*. Canberra: Australian Government Publishing Service.

Bencze, L., & Upton, L. (2006). Being your own role model for improving self-efficacy: An elementary teacher self-actualizes through drama-based science teaching. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 6:3, 207–226.

Brookhart, S. M. (1994). Teachers' grading: Practice and theory. *Applied Measurement in Education*, 7(4), 279 – 301.

Duit, R., & Treagust, D. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25, 671–688.

Effandi, Z. & Zanaton, I. (2007). Promoting cooperative learning in science and mathematics education: A Malaysian perspective. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(1), 35–39.

Eryilmaz, A. (2002). Effects of conceptual assignments and conceptual change discussions on students' misconceptions and achievement regarding force and motion. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 1001–1015.

Foley, K., & O'Donnell, A. M. (2002). Cooperative learning and visual organizers: Effects on learning to solve mole problems in high school chemistry. *Asia Pacific Journal of Education*, 22,38–50.

Gronlund, N. E. (1998). *Assessment of student achievement* (6th ed.). Boston: Pearson.

Gronlund, N. E. (2006). *Assessment of student achievement* (8th ed.). Boston: Pearson.

Harlen, W., & Crick, R. D. (2003). Testing and motivation for learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 10, 169 – 207.

Johnson, C. C. (2009). An examination of effective practice: Elimination of achievement gaps in science. *Journal of Science Teacher Education*, 20(3) 287–306.

Johnson, D., & Johnson, R. (2002). Learning together and alone: overview and meta- analysis. *Asia Pacific Journal of Education*, 22 ,95–105.

Koponen, I.T., & Mäntylä, T., (2006).Generative Role of Experiments in Physics and in Teaching Physics: A Suggestion for Epistemological Reconstruction. *Science & Education*, Volume 15, Number 1, 31–54, DOI: 10.1007/s11191-005-3199-6.

Liang, L. L. & Gabel, D. L. (2005). Effectiveness of a constructivist approach to science instruction for prospective elementary teachers. *International Journal of Science Education*, 27(10), 1143-1162.

Mulholland, J., & Wallace, J. (1996). Breaking the cycle: Preparing elementary teachers to teach science. *Journal of Elementary Science Education*, 8, 17-38.

Nilsson, P. (2009). From lesson plan to new comprehension: Exploring student teachers' pedagogical reasoning in learning about teaching. *European Journal of Teacher Education*, 32, 239-258.

Palmer, D. H. (2001). Factors contributing to attitude exchange amongst preservice elementary teachers. *Science Education*, 86, 122-138.

Pfundt, H. & Duit, R. (2000). *Bibliography: Student's alternative frameworks and science education*, 5th edn Kiel, Germany: University of Kiel.

Sanger, M. J., & Greenbowe, T. J. (1997). Common student misconceptions in electrochemistry: Galvanic, electrolytic, and concentration cells. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 377-398.

Schagen, S., & Hipkins, R. (2008). *Curriculum changes, priorities, and issues. Findings from the NZCER secondary 2006 and primary 2007 national surveys*. Wellington, NZ: New Zealand Council for Educational Research.

Southerland, S., Abrams, E., Cummins, C., & Anzelmo, J. (2001). Understanding students' explanations of biological phenomena: Conceptual frameworks or p-prims? *Science Education*, 85, 328-348.

Tosun, T. (2000). The beliefs of preservice elementary teachers towards science and science teaching. *School Science and Mathematics*, 100, 374-379.

Trundle, K. C., Atwood, R. K., & Christopher, J. E. (2002). Preservice elementary teachers' conceptions of moon phases before and after instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 633-658.

Van Zee, E., Lay, D., & Roberts, D. (2003). Fostering collaborative inquiries by prospective and practicing elementary and middle school teachers. *Science Education*, 87, 588-612.

Wee, B. (2010). *Realizing the child's perspective: An exploration of young children's environmental ideas*, Saarbrücken, Germany: Lambert Academic Publishing.

Weiss, I. R., Pasley, J. D., Smith, P. S., Banilower, E. R., & Heck, D. J. (2003). *Inside the classroom: A study of K-12 mathematics and science education in the United States*. Chapel Hill, NC: Horizon Research.

Zakaria, E., & Iksan, Z. (2007). Promoting Cooperative Learning in Science and Mathematics Education: A Malaysian Perspective. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(1), 35-39.

Αποστολάκης, Ε., Παναγοπούλου, Ε., Σάββας, Σ., Τσαγλιώτης, Ν., Μακρή, Β., Πανταζής, Γ., Πετρέα, Κ., Σωτηρίου, Σ., Τόλιας, Β., Τσαγκογέωργα, Α. Καλκάνης, Γ.Κ. (2006), *Ερευνώ και Ανακαλύπτω, Βιβλίο για το Δάσκαλο*, ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Ebrahim, A. (2012). The effect of cooperative learning strategies on elementary students' science achievement and social skills in Kuwait. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10: 293-314.

Κόκκοτας, Π. (2006). Η ανάλυση των κοινωνικοπολιτισμικών προσεγγίσεων, οι βασικές παραδοχές τους και η σημασία τους για την εκπαίδευση στις Φ.Ε. *Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Μέθοδοι και Τεχνολογίες Μάθησης*, Βόλος.

Κόκκοτας, Π., Βλάχος, Ι. (2000). *Ο ρόλος του πειράματος στην επιστήμη, τη διδασκαλία και τη μάθηση. Διδακτικές προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες*. Αθήνα: Τυπωθήτω.

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό

Κουμαράς, Π. (2002). *Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής*. Εκδόσεις Χριστοδουλίδη. Θεσσαλονίκη.

Κώτσης Κ. & Μπασιάκος Γ. (2009). Οι στάσεις των εκπαιδευτικών της Α/θμιας Εκπ/σης στη χρήση πειραμάτων για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, *Πρακτικά του Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φ.Ε. και Ν.Τ. στην Εκπαίδευση*, Παιδαγωγική Σχολή Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας Φλώρινα.

Κώτσης, Κ. (2005). *Διδασκαλία της Φυσικής και Πείραμα*. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Ιωάννινα.

Σπυρόπουλου-Κατσάνη, Δ. (2000). *Διδακτικές και Παιδαγωγικές Προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες*. Αθήνα: Εκδόσεις Τυπωθήτω.

Σπύρτου, Α. (2002). *Μελέτη εποικοδομητικής στρατηγικής για την εκπαίδευση των δασκάλων στις Φυσικές Επιστήμες*. Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Α.Π.Θ.

Χαλκιά, Κ. (1999), Το πείραμα στην καθημερινή σχολική πρακτική: Διερεύνηση των αντιλήψεων των στάσεων και των απόψεων των ελλήνων εκπαιδευτικών για τη διδακτική αξιοποίηση των πειραμάτων στο μάθημα της φυσικής. *Σύγχρονη εκπαίδευση*, τεύχος 107, σελίδες 81 – 90.



Ο Γεώργιος Στύλος είναι εκπαιδευτικός στη Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, πτυχιούχος Φυσικής και Διδάκτορας του Παιδαγωγικού Τμήματος Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Κύρια ενδιαφέροντα του είναι οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών και των μαθητών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών, η πειραματική διδασκαλία τους με την χρήση απλών υλικών και η ενσωμάτωση των Νέων Τεχνολογιών στη διδασκαλία τους.



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



Ο Αναστάσιος Εμβαλωτής είναι Αναπληρωτής Καθηγητής στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων με γνωστικό αντικείμενο “Μεθοδολογία της Έρευνας στις Επιστήμες της Αγωγής”. Στα ερευνητικά του ενδιαφέροντα ανήκουν θέματα ανάπτυξης και εφαρμογής μεθόδων και τεχνικών εμπειρικής εκπαιδευτικής έρευνας, αξιοποίησης τεχνολογιών πληροφορίας και επικοινωνιών στην εκπαιδευτική έρευνα, μικροκοινωνιολογικών προσεγγίσεων στο σχολικό περιβάλλον και σύνδεσης επιστήμης-τεχνολογίας και κοινωνίας.

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή

Ποσοτικός προσδιορισμός της βιταμίνης C: 2+1 όψεις του ίδιου πειράματος

Σωτήρης Μανδηλιώτης και Στυλιανή Χατζάρα

Εισαγωγή

Η διερευνητική μάθηση με την εκτέλεση πειραμάτων από τους ίδιους τους μαθητές, αξιοποιεί τη βιωματική εμπειρία τους και αποτελεί σημαντική στρατηγική για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Τα πειράματα μπορούν να γίνουν είτε με τυποποιημένα εργαστηριακά όργανα και υλικά, είτε με όργανα και υλικά που υπάρχουν στο σπίτι τους ή βρίσκονται εύκολα. Η πραγματοποίηση πειραμάτων με υλικά καθημερινής χρήσης είναι παιδαγωγικά και διδακτικά ωφέλιμη, επειδή συσχετίζει την επιστημονική γνώση με την καθημερινή ζωή, απομυθοποιεί την λανθασμένη εντύπωση ότι τα πειράματα γίνονται αποκλειστικά με τη βοήθεια πολύπλοκων συσκευών και ειδικά κατασκευασμένων οργάνων και συντελεί στην επικέντρωση της προσοχής του μαθητή στο φαινόμενο και όχι στη συσκευή που χρησιμοποιείται για το πείραμα (Κουμαράς, 2002, σ. 24–26).

Αν κάνουμε μία ανασκόπηση των σχολικών εγχειριδίων της Χημείας και της Βιολογίας του Γυμνασίου και Γενικού Λυκείου θα παρατηρήσουμε ότι ενώ γίνεται αναφορά στις βιταμίνες σε αρκετά σημεία (Μαυράκη, Γκούβρα και Καμπούρη, 2011; Λιοδάκης κ.α., 2011 σ.174; Καστορίνης κ.α., 1998β, σ. 87) δεν προτείνεται κάποια εργαστηριακή άσκηση σχετική με τον ποσοτικό προσδιορισμό τους (Καστορίνης, κ.α., 1998α).

Η βιταμίνη C (ασκορβικό οξύ, $C_6H_8O_6$), η πιο γνωστή από όλες τις βιταμίνες, έχει τεράστια σημασία για τον ανθρώπινο οργανισμό και είναι αναγκαία για διάφορες μεταβολικές λειτουργίες, όπως η σύνθεση του κολλαγόνου, η διατήρηση της σταθερότητας των αιμοφόρων αγγείων, ο μεταβολισμός των αμινοξέων και η απελευθέρωση των διαφόρων ορμονών στα επινεφρίδια (http://en.wikipedia.org/wiki/Vitamin_C). Η έλλειψή της προκαλεί την ασθένεια σκορβούτο.

Πολλά φρούτα και λαχανικά περιέχουν βιταμίνη C, ενώ το μαγείρεμα καταστρέφει τις βιταμίνες. Η βιταμίνη C καταστρέφεται επίσης σταδιακά όταν έρχεται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα.

Στην εργασία αυτή προτείνεται ένα πείραμα με 2 εκδοχές για τον ποσοτικό προσδιορισμό της βιταμίνης C. Πρόκειται για τον ιωδιομετρικό προσδιορισμό της βιταμίνης C σε φυσικούς χυμούς

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

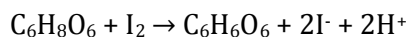
φρούτων ή χυμούς του εμπορίου. Η 1η εκδοχή απευθύνεται σε μαθητές Λυκείου και γίνεται με όλα τα απαιτούμενα «εργαστηριακά» όργανα και υλικά. Η 2η εκδοχή απευθύνεται κυρίως σε μαθητές Γυμνασίου και Δημοτικού και γίνεται με απλή διαδικασία και υλικά καθημερινής χρήσης. Τέλος μια 3η πιο θεαματική εκδοχή που έχει σχέση με την ταχύτητα της αντίδρασης, στοχεύει στη δημιουργία ερωτημάτων και στην πρόκληση της επιθυμίας για νέα γνώση.

Περιγραφή της μεθόδου

Μια κατάλληλη μέθοδος για τον προσδιορισμό της βιταμίνης C είναι να χρησιμοποιήσουμε μια οξειδοαναγωγική ογκομέτρηση. Η αντίδραση οξειδοαναγωγής είναι καλύτερη από μια οξεοβασική ογκομέτρηση λόγω των επιπλέον οξέων που υπάρχουν στους χυμούς. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούμε ως αντιδραστήριο ένα διάλυμα ιωδίου.

Όταν σε ένα διάλυμα που περιέχει βιταμίνη C προσθέσουμε σταδιακά (σταγόνα – σταγόνα) ένα διάλυμα ιωδίου (το I_2 είναι ισχυρό οξειδωτικό), η βιταμίνη C η οποία είναι αντιοξειδωτική (αναγωγική) θα αντιδράσει με το ιώδιο αμέσως σχηματίζοντας δεϋδροασκορβικό οξύ ($C_6H_8O_6$).

Το μόριο της βιταμίνης C χάνει ηλεκτρόνια, τα οποία μεταφέρονται στο μόριο του ιωδίου. Το ασκορβικό οξύ οξειδώνεται προς δεϋδροασκορβικό οξύ και το ιώδιο ανάγεται σε ιόντα ιωδίου (οξειδοαναγωγική αντίδραση).



Ωστόσο, μόλις η βιταμίνη C εξαντληθεί, το ιώδιο θα είναι ελεύθερο και το διάλυμα θα χρωματιστεί καφέ. Το ιώδιο δηλαδή μπορεί να λειτουργήσει ως δείκτης. Επειδή όμως είναι δύσκολο να εντοπιστεί το τελικό σημείο με τον τρόπο αυτό, προσθέτουμε στο διάλυμα άμυλο το οποίο αντιδρά με το ιώδιο σε συνδυασμό με τα ιωδιούχα ιόντα και τότε το διάλυμα χρωματίζεται σκούρο μπλε. Το ποσό της βιταμίνης C θα είναι ανάλογο με την ποσότητα του διαλύματος ιωδίου που απαιτείται μέχρι την εμφάνιση του μπλε χρώματος. Αν το ιώδιο έχει γνωστή συγκέντρωση, τότε μπορούμε να προσδιορίσουμε το ποσό της βιταμίνης C στο άγνωστο διάλυμα.

Αυτή η διαδικασία τιτλοδότησης είναι κατάλληλη για τον έλεγχο της ποσότητας της βιταμίνης C σε ταμπλέτες βιταμίνης C, χυμούς, φρέσκα - κατεψυγμένα - συσκευασμένα φρούτα και λαχανικά κ.α..

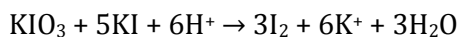
Πείραμα 1 (στο οργανωμένο εργαστήριο)

Ο στόχος αυτού του πειράματος είναι να καθοριστεί το ποσό της βιταμίνης C σε δείγματα, όπως οι φρουτοχυμοί, με τη χρήση οργάνων του εργαστηρίου χημείας (<http://www.chemcollective.org/chem/ubc/exp09/index.php>).

Για την τιτλοδότηση θα χρησιμοποιήσουμε ένα διάλυμα ιωδικού καλίου (KIO_3) και ιωδιούχου καλίου (KI), τα οποία είναι διαθέσιμα στα περισσότερα σχολικά εργαστήρια.

Όταν στο διάλυμα αυτό προστεθεί ισχυρό οξύ το ιωδικό αντιδρά με το ιωδιούχο κάλιο και απελευθερώνεται μοριακό ιώδιο (I_2).

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο



Εξοπλισμός

- Μαγνητικός αναδευτήρας (προαιρετικά)
- Ηλεκτρονικός ζυγός
- Ορθοστάτης
- Προχοΐδα
- Κωνική φιάλη
- Ποτήρι ζέσης
- Σιφώνι πλήρωσης με ελαστικό ροίρε
- Ογκομετρικός κύλινδρος 1000 mL
- Ογκομετρικός κύλινδρος 10 mL
- Ογκομετρική φιάλη 500 mL
- Υδροβολέας
- Χωνί
- Στίφτης
- Στραγγιστήρι

Αντιδραστήρια

- Δισκία που το καθένα περιέχει 1g βιταμίνη C
- Διάλυμα του ιωδίου που περιέχει ιωδιούχο κάλιο και ιωδικό κάλιο (θα αναφέρεται ως διάλυμα ιωδίου)
- Διάλυμα αμύλου (δείκτης) περιεκτικότητας 0,7-1 % w/v
- Διάλυμα HCl 1M
- 1 πορτοκάλι ή χυμός πορτοκαλιού συσκευασμένος
- Απιονισμένο νερό

Πειραματική διαδικασία

A. Παρασκευή διαλύματος βιταμίνης C με περιεκτικότητα 1mg/mL

1. Προμηθευόμαστε δισκία βιταμίνης που περιέχουν 1000 mg βιταμίνης C το καθένα.
2. Σε ένα ποτήρι ζέσεως διαλύουμε ένα δισκίο των 1000 mg, σε 100 mL περίπου απιονισμένο νερό. Το διάλυμα αυτό το αραιώνουμε σε τελικό όγκο 1000 mL.
3. Βάζουμε μια ετικέτα «Βιταμίνη C 1mg/mL» [1].

B. Παρασκευή διαλύματος KIO_3 0,01M και KI 0,1M

1. Διαλύουμε 1,07 gr ιωδικού καλίου (KIO_3) και 8,3 gr ιωδιούχου καλίου (KI) σε 200 mL περίπου απιονισμένο νερό. Το διάλυμα αυτό το αραιώνουμε σε τελικό όγκο 500 mL.

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

2. Βάζουμε μια ετικέτα «Διάλυμα ιωδίου (KI₂ 0,01M και KI 0,1M)».

Γ. Παρασκευή διαλύματος αμύλου με περιεκτικότητα 1% w/v

1. Προσθέτουμε 0,50 g διαλυτού αμύλου σε 50 mL σχεδόν βραστό απιονισμένο νερό.
2. Αναδεύουμε καλά και το αφήνουμε να κρυώσει πριν τη χρήση.
3. Βάζουμε μια ετικέτα «Διάλυμα αμύλου 1% w/v».

Δ. Ογκομέτρηση γνωστής (πρότυπης) ποσότητας βιταμίνης C.

1. Γεμίζουμε την προχοΐδα με το διάλυμα ιωδίου.
2. Σημειώνουμε τον αρχικό όγκο του διαλύματος στην προχοΐδα.
3. Σε μια κωνική φιάλη προσθέτουμε 20 mL διαλύματος βιταμίνης C (περιέχουν 20mg βιταμίνης).
4. Προσθέτουμε 20 σταγόνες διαλύματος αμύλου.
5. Προσθέτουμε 30 σταγόνες διαλύματος HCl 1M.
6. Προσθέτουμε διάλυμα ιωδίου μέχρι να γίνει αισθητή η αλλαγή του χρώματος του διαλύματος της κωνικής φιάλης σε σκούρο μπλε. Η αλλαγή στο χρώμα να παραμένει περισσότερο από 20 δευτερόλεπτα.
7. Σημειώνουμε τον τελικό όγκο του διαλύματος στην προχοΐδα.
8. Η διαφορά μεταξύ του αρχικού και του τελικού όγκου είναι η ποσότητα του διαλύματος του ιωδίου που απαιτείται για την οξείδωση όλης της ποσότητας της βιταμίνης C.

Ε. Ογκομέτρηση δείγματος φρέσκου ή συσκευασμένου χυμού πορτοκαλιού

1. Στραγγίζουμε τον χυμό.
2. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία που χρησιμοποιήσαμε για την πρότυπη ποσότητα της βιταμίνης χρησιμοποιώντας όμως αυτή τη φορά 20 mL δείγματος χυμού.
3. Σημειώνουμε την ποσότητα του διαλύματος του ιωδίου που απαιτείται για την οξείδωση όλης της ποσότητας της βιταμίνης C που περιέχεται στον χυμό.

ΣΤ. Υπολογισμοί

Όταν γνωρίζουμε τον όγκο V_1 του διαλύματος ιωδίου που απαιτείται για τα 20 mg βιταμίνης C και τον όγκο V_2 του διαλύματος ιωδίου που απαιτείται για τα n_2 mg βιταμίνης στο δείγμα χυμού, τότε μπορούμε να βρούμε τη βιταμίνη C που υπάρχει στα 20 mL του δείγματος χυμού με τη σχέση:

$$\frac{n_2 \text{ mg βιταμίνης στο δείγμα χυμού}}{\text{Όγκος } V_2 \text{ διαλύματος ιωδίου}} = \frac{20 \text{ mg βιταμίνης}}{\text{Όγκος } V_1 \text{ διαλύματος ιωδίου}}$$

$$n_2 = \frac{20 \cdot V_2}{V_1} \text{ mg} \quad (1)$$

Υπολογίζουμε την περιεκτικότητα του χυμού σε βιταμίνη C ως εξής:

$$\text{Περιεκτικότητα χυμού σε βιταμίνη C (mg/100mL)} = 5 \cdot n_2 \quad (2)$$

Τελικά από τις (1) και (2) προκύπτει:

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

$$\text{Περιεκτικότητα χυμού σε βιταμίνη C (mg/100mL)} = \frac{100 * V_2}{V_1} \text{ mg}$$

Πείραμα 2 (με καθημερινά υλικά)

Ο στόχος και αυτού του πειράματος είναι ο ίδιος με το πείραμα 1. Εδώ όμως η πειραματική διαδικασία γίνεται με τη χρήση καθημερινών υλικών (<http://www.scienceprojectlab.com/vitamin-C-science-project.html>).

Για την τιτλοδότηση θα χρησιμοποιήσουμε βάμμα ιωδίου 2% w/v.

Εξοπλισμός

- Δοχείο ενός λίτρου (με ενδείξεις όγκου)
- Δύο ποτήρια
- Κουταλάκι [2] ή μια σύριγγα χωρίς τη βελόνα (για τη μέτρηση του όγκου)
- Σταγονόμετρο [3]
- Στίφτης
- Στραγγιστήρι

Αντιδραστήρια

- Δισκία που το καθένα περιέχει 1g βιταμίνη C
- Βάμμα ιωδίου 2% w/v
- Άνθος αραβοσίτου (περιέχει άμυλο)
- 1 Πορτοκάλι ή χυμός πορτοκαλιού συσκευασμένος
- Απιονισμένο νερό

Πειραματική διαδικασία

A. Παρασκευή διαλύματος βιταμίνης C με περιεκτικότητα 1mg/mL

1. Προμηθευόμαστε δισκία βιταμίνης που περιέχουν 1000 mg βιταμίνης C το καθένα.
2. Σε ένα μεγάλο δοχείο διαλύουμε ένα δισκίο των 1000 mg σε 100 mL περίπου απιονισμένο νερό. Το διάλυμα αυτό το αραιώνουμε σε τελικό όγκο 1000 mL.
3. Βάζουμε μια ετικέτα «Βιταμίνη C 1mg/mL» [1].

B. Παρασκευή διαλύματος αμύλου με περιεκτικότητα 1% w/v (κατά προσέγγιση)

1. Προσθέτουμε ένα κουταλάκι άνθος αραβοσίτου σε ένα ποτήρι σχεδόν βραστό νερό.
2. Αναδεύουμε καλά και το αφήνουμε να κρυώσει.
3. Αποχύνουμε το υπερκείμενο διάλυμα σε άλλο δοχείο και πετάμε το ίζημα.
4. Βάζουμε μια ετικέτα «Διάλυμα αμύλου».

Γ. Ογκομέτρηση γνωστής (πρότυπης) ποσότητας βιταμίνης C

1. Σε ένα ποτήρι βάζουμε 20 mL (4 κουταλάκια) από το διάλυμα της βιταμίνης C (περιέχουν 20mg βιταμίνης).
2. Προσθέτουμε μισό κουταλάκι διαλύματος αμύλου.

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

3. Με το σταγονόμετρο προσθέτουμε σταγόνα – σταγόνα το βάμμα ιωδίου και αναδεύουμε διαρκώς το μείγμα μέχρι να γίνει αισθητή η αλλαγή του χρώματος σε σκούρο μπλε. Η αλλαγή στο χρώμα να παραμένει περισσότερο από 20 δευτερόλεπτα.

4. Καταγράφουμε τον αριθμό των σταγόνων του βάμματος ιωδίου που ρίξαμε για την οξείδωση όλης της ποσότητας της βιταμίνης C.

Δ. Ογκομέτρηση δείγματος φρέσκου ή συσκευασμένου χυμού πορτοκαλιού

1. Στραγγίζουμε τον χυμό.

2. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία που χρησιμοποιήσαμε για την πρότυπη ποσότητα της βιταμίνης χρησιμοποιώντας όμως αυτή τη φορά 20 mL δείγματος χυμού.

Ε. Υπολογισμοί

Όταν γνωρίζουμε τον αριθμό των σταγόνων Σ_1 του διαλύματος βάμματος ιωδίου που απαιτούνται για τα 20 mg βιταμίνης C και τον αριθμό των σταγόνων Σ_2 του διαλύματος βάμματος ιωδίου που απαιτούνται για τα n_2 mg βιταμίνης στο δείγμα χυμού, μπορούμε να βρούμε τη βιταμίνη C που υπάρχει στα 20 mL του δείγματος χυμού με τη σχέση:

$$\frac{n_2 \text{ mg βιταμίνης στο δείγμα χυμού}}{\text{Σταγ. } \Sigma_2 \text{ βάμματος ιωδίου}} = \frac{20 \text{ mg βιταμίνης}}{\text{Σταγ. } \Sigma_1 \text{ βάμματος ιωδίου}}$$

$$n_2 = \frac{20 * \Sigma_2}{\Sigma_1} \text{ mg} \quad (1)$$

Υπολογίζουμε την περιεκτικότητα του χυμού σε βιταμίνη C ως εξής:

$$\text{Περιεκτικότητα χυμού σε βιταμίνη C (mg/100mL)} = 5 * n_2 \quad (2)$$

Τελικά από τις (1) και (2) προκύπτει:

$$\text{Περιεκτικότητα χυμού σε βιταμίνη C (mg/100mL)} = \frac{100 * \Sigma_2}{\Sigma_1} \text{ mg}$$

Ένα βήμα παραπέρα

Αυτή η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να πραγματοποιήσετε μια σειρά από ενδιαφέρουσες έρευνες όπως οι ακόλουθες:

- Μετρήστε τη συγκέντρωση βιταμίνης C σε διάφορους συσκευασμένους χυμούς. Συγκρίνετε τα δικά σας αποτελέσματα με τις περιεκτικότητες που αναφέρονται στις ετικέτες των χυμών.
- Μετρήστε την ποσότητα της βιταμίνης C σε διάφορα φρούτα και λαχανικά. Ποια έχουν την υψηλότερη περιεκτικότητα σε βιταμίνη C; Για το λόγο αυτό πολτοποιήστε ένα δείγμα 100 γραμμαρίων και ρίξτε στον πολτό περίπου 50 mL νερό. Στραγγίστε τον χυμό και αραιώστε τον σε συνολικό όγκο 100 mL. Ογκομετρήστε ένα δείγμα.
- Μετρήστε τη βιταμίνη C σε χυμό που έμεινε 1-2 μέρες σε ανοιχτό δοχείο εντός και εκτός ψυγείου.

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

- Βράστε τον χυμό και διαπιστώστε αν η ποσότητα της βιταμίνης είναι ίδια πριν και μετά τον βρασμό.
- Υπολογίστε την ποσότητα πορτοκαλιών που πρέπει να καταναλώνει κάποιος ώστε μόνο με αυτά να καλύψει τις ημερήσιες διατροφικές ανάγκες του σε βιταμίνη C (απαιτούνται περίπου 70 mg την ημέρα).

Ένα χημικό ρολόι

Τα ρολόγια χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση του χρόνου εδώ και χιλιάδες χρόνια. Είναι κατασκευασμένα με διάφορα υλικά (από πέτρες μέχρι υγρούς κρυστάλλους). Παρακάτω περιγράφεται ένα (χημικό) ρολόι, η αρχή λειτουργίας του οποίου στηρίζεται στον χρόνο που μεσολαβεί από τη στιγμή που κάποιες χημικές ουσίες αναμειγνύονται, μέχρι αυτές να αντιδράσουν πλήρως (<http://www.elmhurst.edu/~chm/demos/TickTock.html>). Όλα τα υλικά που θα χρησιμοποιήσουμε είναι απλά και φυσικά πρωταγωνιστής είναι και πάλι η βιταμίνη C (<http://teachgreenchemnh.wikispaces.com/The+Vitamin+C+Clocks+Reaction>).

Εξοπλισμός

- Κανάτα ενός λίτρου (με ενδείξεις όγκου)
- Τρία ποτήρια
- Κουταλάκι [2] ή μια σύριγγα χωρίς τη βελόνα (για τη μέτρηση του όγκου)
- Σταγονόμετρο [3]

Αντιδραστήρια

- Δισκία που το καθένα περιέχει 1g βιταμίνη C
- Βάμμα ιωδίου 2% w/v
- Υπεροξειδίο του υδρογόνου (H₂O₂) 3% w/v
- Άνθος αραβοσίτου (περιέχει άμυλο)
- Απιονισμένο νερό

Πειραματική διαδικασία

A. Παρασκευή διαλύματος βιταμίνης C με περιεκτικότητα 1mg/mL

1. Προμηθευόμαστε δισκία βιταμίνης που περιέχουν 1000 mg βιταμίνης C το καθένα.
2. Σε μια κανάτα διαλύουμε ένα δισκίο των 1000 mg σε 100 mL περίπου απιονισμένο νερό. Το διάλυμα αυτό το αραιώνουμε σε τελικό όγκο 1000 mL [1].

B. Παρασκευή διαλύματος αμύλου με περιεκτικότητα 1%w/v (κατά προσέγγιση)

1. Προσθέτουμε ένα κουταλάκι άνθος αραβοσίτου σε ένα ποτήρι σχεδόν βραστό νερό.
2. Ανακατεύουμε καλά και το αφήνουμε να κρυώσει.
3. Αποχύνουμε το υπερκείμενο διάλυμα σε άλλο δοχείο και πετάμε το ίζημα.

Γ. Προετοιμασία

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Διάλυμα Α

1. Σε ένα ποτήρι βάζουμε 30 mL (6 κουταλάκια) διαλύματος βιταμίνης C. Προσθέτουμε 1,5 ml (30 σταγόνες) βάμμα ιωδίου 2% w/v (το ιώδιο αποχρωματίζεται).

Διάλυμα Β

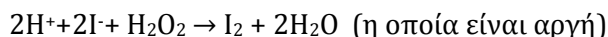
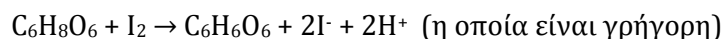
1. Σε ένα άλλο ποτήρι βάζουμε 15ml (3 κουταλάκια) από το διάλυμα H₂O₂ 3% w/v
2. Προσθέτουμε 1,5 ml (30 σταγόνες περίπου) διαλύματος αμύλου.

Δ. Επίδειξη

1. Ρίχνουμε το διάλυμα Α στο δοχείο που περιέχει το διάλυμα Β και αναδεύουμε.
2. Στην αρχή δεν παρατηρούμε καμιά αλλαγή. Μετά από λίγο χρόνο όμως (περίπου 25 sec) συμβαίνει μια απότομη αλλαγή στο χρώμα και το διάλυμα γίνεται σκούρο μπλε.

Ε. Εξήγηση

Όταν αναμειγνύουμε τα διαλύματα Α και Β πραγματοποιούνται δυο αντιδράσεις.



Όσο υπάρχει η βιταμίνη C το διάλυμα διατηρεί το αρχικό του χρώμα επειδή το ιώδιο μετατρέπεται σε ιωδιούχα ιόντα τα οποία το H₂O₂ τα μετατρέπει και πάλι σε ιώδιο. Όμως με την πάροδο του χρόνου η βιταμίνη C εξαντλείται και το ιώδιο που παραμένει στο διάλυμα σε συνδυασμό με τα ιωδιούχα ιόντα αντιδρά με το άμυλο και το διάλυμα χρωματίζεται μπλε.

Οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται ο χρόνος λειτουργίας του χημικού ρολογιού είναι η συγκέντρωση και η θερμοκρασία. Αν προσθέσουμε απιονισμένο νερό (10 mL κάθε φορά) μειώνεται η συγκέντρωση και ο χρόνος που εμφανίζεται το χρώμα αυξάνει. Το ίδιο συμβαίνει αν ψύξουμε τα διαλύματα. Αντίθετα ο χρόνος μειώνεται αν τα διαλύματα θερμανθούν.

Κανόνες ασφαλείας

- Τα διαλύματα ιωδίου είναι τοξικά σε περίπτωση κατάποσης. Σε επαφή με το δέρμα το βάφουν καφέ. Για να αποφύγετε τους λεκέδες φορέστε γάντια.
- Μπορείτε να απομακρύνετε τους λεκέδες ιωδίου αν ξεπλύνετε με διάλυμα βιταμίνης C.
- Το υπεροξείδιο του υδρογόνου 3% μπορεί να ερεθίσει τα μάτια.

Απόρριψη διαλυμάτων

Πριν την απόρριψη των διαλυμάτων με το σκούρο μπλε χρώμα, που προκύπτουν από την ύπαρξη του ελεύθερου ιωδίου, προσθέτουμε βιταμίνη C μέχρι να γίνει αποχρωματισμός και στη συνέχεια ξεπλύνουμε κάτω από τη βρύση με άφθονο νερό.

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Σχόλια

1. Στόχος μας είναι να παρασκευάσουμε διάλυμα βιταμίνης C με περιεκτικότητα 1mg/mL. Αν διαθέτουμε δισκία με διαφορετική περιεκτικότητα σε βιταμίνη C χρησιμοποιούμε ανάλογη ποσότητα νερού.
2. Ένα κουταλάκι ισοδυναμεί με 5mL.
3. Ο αριθμός των σταγόνων ιωδίου που απαιτούνται για να αντιδράσει ολόκληρη η ποσότητα της βιταμίνης C εξαρτάται από το μέγεθος των σταγόνων. Γενικά 18-20 σταγόνες ισοδυναμούν με 1 mL. Για την αποφυγή σφαλμάτων πρέπει σε όλο το πείραμα να χρησιμοποιήσουμε το ίδιο σταγονόμετρο.

Βιβλιογραφία

Καστορίνης Α., Κωστάκη – Αποστολοπούλου Μ., Μπαρώνα – Μάμαλη Φ., Περάκη Β., Πιαλόγλου Π. (1998α). *Οδηγός Εργαστηριακών Ασκήσεων Βιολογίας Α' Λυκείου*. Εκδόσεις ΟΕΔΒ.

Καστορίνης Α., Κωστάκη – Αποστολοπούλου Μ., Μπαρώνα – Μάμαλη Φ., Περάκη Β., Πιαλόγλου Π. (1998β). *Βιολογία Α' Λυκείου*. Εκδόσεις ΟΕΔΒ.

Καψάλης, Α., Μπουρμπουχάκης, Ι.Ε., Περάκη, Β., Σαλαμαστράκης, Σ. (2010). *Βιολογία Β' Λυκείου*. ΟΕΔΒ.

Κουμαράς, Π. (2002). *Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής*. Εκδόσεις Χριστοδουλίδη.

Λιοδάκης, Σ., Γάκης, Δ., Θεοδωρόπουλος, Δ., Κάλλης, Α. (2011). *Χημεία Α' Λυκείου*. ΟΕΔΒ.

Μαυράκη, Ε., Γκούβρα, Μ., Καμπούρη, Α. (2011). *Βιολογία Α' Γυμνασίου*. ΟΕΔΒ.



Ο Σωτήρης Μανδηλιώτης είναι Γεωλόγος, εκπαιδευτικός Δ.Ε. Από το 2007 είναι υπεύθυνος του Ε.Κ.Φ.Ε. Σερρών, όπου ασχολείται με την εργαστηριακή διδασκαλία των φυσικών επιστημών δίνοντας έμφαση σε πειράματα με απλά μέσα. Είναι αντιπρόεδρος της Πανελληνίας Ένωσης Ε.Κ.Φ.Ε. Στα ενδιαφέροντά του εντάσσονται θέματα σχετικά με την ερασιτεχνική αστρονομία. Διαχειρίζεται τον ιστότοπο του Ε.Κ.Φ.Ε. Σερρών <http://ekfe.ser.sch.gr>.



Η Στυλιανή Χατζάρα είναι απόφοιτος του Τμήματος Χημείας και του Τμήματος Βιολογίας του Α.Π.Θ. Είναι κάτοχος Μεταπτυχιακού τίτλου του ΑΠΚΥ, στις «Επιστήμες της Αγωγής» με κατεύθυνση στη Διδακτική των Θετικών Επιστημών. Διδάσκει Χημεία και Βιολογία στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Τα ενδιαφέροντά της είναι η ένταξη της εργαστηριακής διδασκαλίας και της χρήσης των ΤΠΕ στη διδασκαλία των Θετικών Επιστημών και η ενσωμάτωση καινοτόμων δράσεων στη διδασκαλία. Διατηρεί τον ιστότοπο <http://blogs.sch.gr/chastel/>.

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή

Μελετώντας την αναπαραγωγή του ανθρώπου στο Γυμνάσιο: διδακτική παρέμβαση με αξιοποίηση των Νέων Τεχνολογιών

Ιωάννα Νείλα

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ένα διδακτικό σενάριο με θέμα την “αναπαραγωγή του ανθρώπου”, το οποίο εφαρμόστηκε και στα τέσσερα τμήματα της Α' τάξης (88 μαθητές) του Πρότυπου Πειραματικού Γυμνασίου Ζωσιμαίας Σχολής Ιωαννίνων το Μάιο του 2014.

Η διδακτική αυτή παρέμβαση βασίζεται στη χρήση των Νέων Τεχνολογιών (Παπακώστα, 2007; Derover κ.α., 2010; Σοφός & Κρον, 2010) τόσο για την πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών, όσο και για το παιγνιώδες και διασκεδαστικό εκπαιδευτικό περιβάλλον που παρέχουν στο μάθημα. Πράγματι, για μια αποτελεσματική διδασκαλία της Βιολογίας, το στοιχείο της “διασκέδασης” θεωρείται πρωταρχικό (Buckingham & Scanlon, 2000; Lazarowitz & Lieb, 2006; Kara & Yesilyurt, 2008; Nasr & Soltani 2011).

Συγκεκριμένα, αξιοποιούνται από το διαδίκτυο εντυπωσιακές εικόνες κυττάρων από τα πρώτα στάδια ζωής ανθρώπινου εμβρύου, προσομοιώσεις από το λογισμικό “Βιολογία Α' και Γ' Γυμνασίου”, καθώς και παιχνίδια-κουίζ από το αποθετήριο του “Ψηφιακού βιβλίου”, το “Φωτόδεντρο”. Στο τέλος οι μαθητές καλούνται να συμπληρώσουν ένα φύλλο αξιολόγησης.

Ο προβλεπόμενος χρόνος για την ολοκλήρωση της παρέμβασης είναι μια διδακτική ώρα, εφόσον πραγματοποιείται σε μαθητές που έχουν ήδη εξοικειωθεί με την χρήση απλών εφαρμογών στον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Το Διδακτικό Σενάριο

Διδακτικοί στόχοι (Μαυρικάκη, Γκούβρα & Καμπούρη, 2009α)

Οι μαθητές, με την ολοκλήρωση της διδακτικής παρέμβασης, θα πρέπει να είναι σε θέση:

1. να διακρίνουν το ρόλο του ωαρίου και του σπερματοζωαρίου ως ειδικευμένων κυττάρων, που συνενώνονται για τη δημιουργία του ζυγωτού
2. να εξηγούν και να περιγράφουν συνοπτικά τον έμμηνο κύκλο της γυναίκας

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

3. να γνωρίσουν τη σημασία και τους ενδεδειγμένους τρόπους αντισύλληψης και προσωπική υγιεινής.

Προαπαιτούμενες γνώσεις

Έχει προηγηθεί η διδασκαλία των παραγράφων που αφορούν στην αναπαραγωγή των μονοκύτταρων οργανισμών, των φυτών, των ζώων, στο αναπαραγωγικό σύστημα του άνδρα και της γυναίκας, καθώς και στην ανάπτυξη του εμβρύου (Μαυρικάκη, Γκούβρα & Καμπούρη, 2009β).

Έτσι, τα παιδιά αναμένεται να εστιάσουν τώρα την προσοχή τους στην έμμηνο ρύση και στη γονιμοποίηση στον άνθρωπο, θέματα που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής και “λεπτότητας” στη διαχείρισή τους από τον εκπαιδευτικό.

Εναλλακτικές ιδέες και παρανοήσεις των μαθητών

Κατά τη διδασκαλία της ενότητας θα πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία αλλά και τη διδακτική εμπειρία προηγούμενων ετών, αρκετοί μαθητές:

- αντιστέκονται στο γεγονός ότι ολόκληροι οργανισμοί, (όπως π.χ. ο άνθρωπος) αποτελούνται από κύτταρα (Μαυρικάκη, Γκούβρα & Καμπούρη, 2009α), αν και λεπτομερής περιγραφή του κυττάρου έχει γίνει και στην Στ΄ τάξη του Δημοτικού (Αποστολάκης κ.α., 2006; Κουμαράς, 2007), όσο και σε προηγούμενα κεφάλαια στην Α΄ Γυμνασίου (Μαυρικάκη, Γκούβρα & Καμπούρη, 2009β)
- πιστεύουν ότι τα έμβια όντα αναπτύσσονται επειδή τα κύτταρά τους αυξάνουν σε όγκο και όχι ότι αυξάνει ο αριθμός των κυττάρων (Ζόγκζα, 2009)
- οι γνώσεις για την αναπαραγωγή του ανθρώπου είναι συχνά συγκεχυμένες λόγω κοινωνικών συμβάσεων (Ζόγκζα, 2007)
- σε μικρότερης, κυρίως, ηλικίας παιδιά, για τη δημιουργία και ανάπτυξη του ανθρώπινου εμβρύου υπεύθυνη θεωρείται η μητέρα, ενώ ο πατέρας φαίνεται να έχει μόνο υποστηρικτικό ρόλο (Ζόγκζα, 2007)

Διδακτική προσέγγιση-διδακτικές στρατηγικές και τεχνικές

Ακολουθείται το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας (Βλάχος, 2004; Σολομωνίδου, 2006), ώστε οι νέες έννοιες να στηρίζονται σε προηγούμενες γνώσεις των μαθητών, προκαλώντας αναπροσαρμογή των παλαιών νοητικών σχημάτων ή ακόμη και γνωστική σύγκρουση με κάποιες λανθασμένες εδραιωμένες αντιλήψεις τους.

Ως προς τις διδακτικές τεχνικές εφαρμόζονται η διαδικασία μάθησης μέσω της καθοδηγούμενης διερεύνησης, η επίλυση προβλήματος και η ανταλλαγή απόψεων, με σκοπό την ανάπτυξη της κριτικής

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

σκέψης των μαθητών σε ένα ευχάριστο και συνεργατικό κλίμα μέσα στην τάξη (ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ Βιολογίας Γυμνασίου).

Απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή, διδακτικά μέσα

Απαιτείται ηλεκτρονικός υπολογιστής με σύνδεση στο διαδίκτυο και βιντεοπροβολέας (ή διαδραστικός πίνακας). Χρησιμοποιείται κυρίως το εκπαιδευτικό Λογισμικό “Βιολογία Α’ και Γ’ Γυμνασίου” του Υπουργείου Παιδείας. Αξιοποιείται επίσης η σύνδεση με το διαδίκτυο για την αναζήτηση και παρατήρηση εικόνων ανθρώπινων κυττάρων (σπερματοζωαρίου, ωαρίου) και ανθρώπινου εμβρύου, όταν βρίσκεται σε διάφορα στάδια ανάπτυξης. Προτείνονται ακόμη παιχνίδια-κουίζ από το αποθετήριο “Φωτόδεντρο” του “Ψηφιακού βιβλίου”.

Στο τέλος της διδακτικής ώρας ή στην αρχή της επόμενης κάθε μαθητής καλείται να συμπληρώσει ένα φύλλο εργασίας/αξιολόγησης (είναι διαθέσιμο ως υποστηρικτικό υλικό στο δικτυακό τόπο του περιοδικού), που αναφέρεται σε όλη την ενότητα “Αναπαραγωγή στον άνθρωπο”.

Διάγραμμα ροής-περιγραφή δραστηριοτήτων

Αναγράφεται σε παρένθεση ο χρόνος που προτείνεται να διατεθεί σε κάθε φάση διδασκαλίας.

Εισαγωγή (5')

Υποβάλλονται οι πιο κάτω ερωτήσεις προς τους μαθητές, τόσο για την πρόκληση ενδιαφέροντος όσο και για μια ενδεικτική διαγνωστική αξιολόγηση της προϋπάρχουσας γνώσης τους:

- Πόσα κύτταρα λέτε να περιέχει το σώμα ενός νεογέννητου μωρού;
- Από πού προήλθαν όλα αυτά;
- Το ωάριο και το σπερματοζωάριο ενώθηκαν αρχικά σε ένα κύτταρο, το ζυγωτό. Πώς από αυτό το ένα κύτταρο προέκυψαν πολλά και διαφορετικά;

Δραστηριότητα 1: Παρατήρηση εικόνων (5')

Σαν υποστηρικτική εποπτική δραστηριότητα αφόρμησης, προβάλλονται στους μαθητές από το διαδίκτυο εικόνες από τα στάδια ανάπτυξης του ανθρώπινου εμβρύου: από το πρώτο κύτταρο (ζυγωτό) έως το μωρό που γεννιέται.

Οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν έτσι καλύτερα την προέλευση όλων των κυττάρων ενός βρέφους (που περιέχει πάνω από 10^{12} κύτταρα) από ένα μόνο αρχικό κύτταρο (το ζυγωτό), καθώς και ότι αυτό το ένα αρχικό κύτταρο με συνεχείς κυτταρικές διαιρέσεις, δηλαδή με ιλιγγιώδη αύξηση του αριθμού των κυττάρων, έχει τελικά σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη του νέου οργανισμού. Επιλέγουμε εικόνες κυττάρων που προκύπτουν κυρίως από παρατηρήσεις με μικροσκόπια.

Η αναζήτηση διαθέσιμων εικόνων από το διαδίκτυο προτείνεται να γίνει με αγγλικούς όρους, ώστε να υπάρχει μεγαλύτερη δυνατότητα επιλογής. Ενδεικτικές λέξεις-κλειδιά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι οι εξής:

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

1. “spermatozoid” για εικόνες σπερματοζωαρίων. Για παράδειγμα, μπορούμε να επιλέξουμε την Εικόνα 1 που ακολουθεί, από τη διεύθυνση <http://www.colegiodelaesperanza.com/science/wp-content/blogs.dir/11/files/spermatozoid-cells/diapositiva4.jpg>.



Εικόνα 1. Σπερματοζώαρια.

2. “spermatozoid”, “oocyte” (ωάριο) για εικόνες σπερματοζωαρίου και ωαρίου μαζί, ώστε να φαίνεται και το σχετικό τους μέγεθος. Για παράδειγμα, μπορούμε να επιλέξουμε την Εικόνα 2 που ακολουθεί, από τη διεύθυνση <http://www.getababy.net/spermatozoid-oocyte-recognition-mechanisms/>



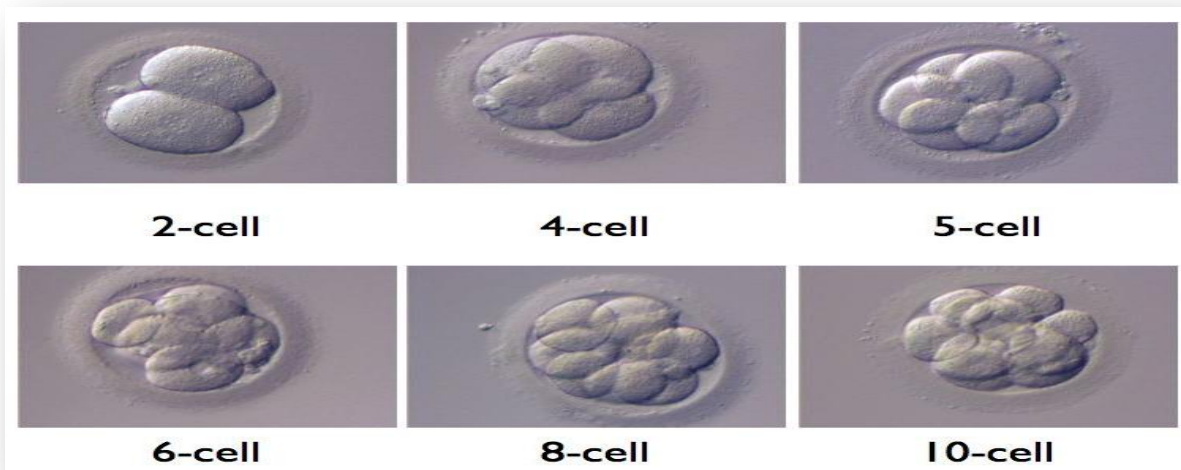
Εικόνα 2. Σπερματοζώαριο εισερχόμενο σε ωάριο.

3. “oocyte and spermatozooids” για εικόνες ωαρίου που “πολιορκείται” από σπερματοζώαρια. Για παράδειγμα, μπορούμε να επιλέξουμε την Εικόνα 3 που ακολουθεί, από τη διεύθυνση http://www.ivfcenterhawaii.com/images/male_inf_testing_zoa.jpg.



Εικόνα 3. Σπερματοζωάρια, που “πολιορκούν” ένα ωάριο.

4. “embryo 2 cells” για εικόνες εμβρύου 2 κυττάρων, “embryo 4 cells” για εικόνες εμβρύου 4 κυττάρων, “embryo 8 cells” για εικόνες εμβρύου 8 κυττάρων κ.λ.π.. Για παράδειγμα, μπορούμε να επιλέξουμε την Εικόνα 4, εικόνες από παρατηρήσεις με μικροσκόπια, από τη διεύθυνση <http://unexpected-grace.blogspot.gr/2013/06/day-3-update.html>.



Εικόνα 4. Έμβρυο 2 έως 10 κυττάρων.

Δραστηριότητα 2: Διερεύνηση (20')

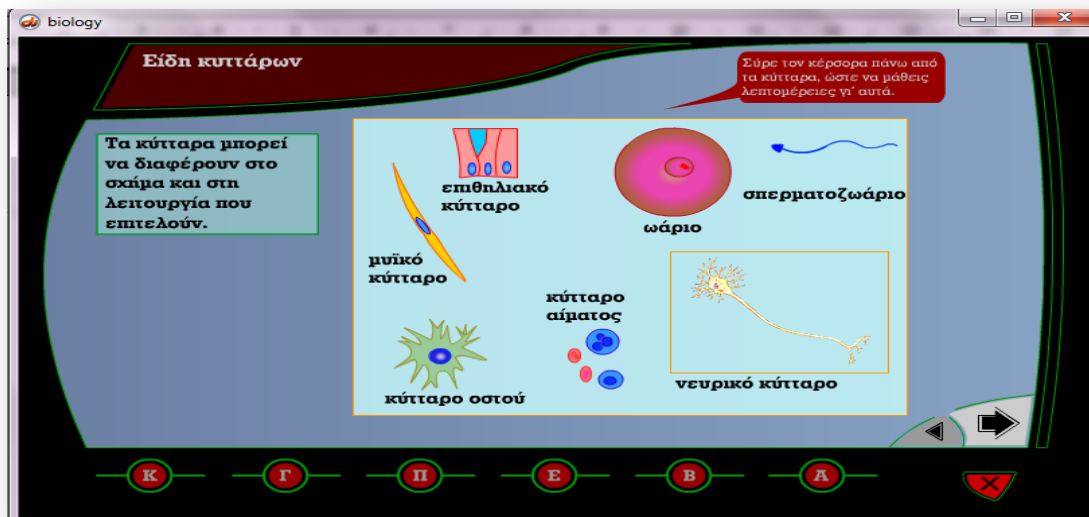
Από το λογισμικό “Βιολογία Α' και Γ' Γυμνασίου”:

α) Στην αρχική οθόνη επιλέγουμε την κεντρική σελίδα κάνοντας κλικ στο “Κ”, οπότε εμφανίζεται η διεπιφάνεια της Εικόνας 5.



Εικόνα 5. Κεντρική σελίδα (κεφάλαια) του λογισμικού “Βιολογία Α΄ και Β΄ Γυμνασίου”.

Επιλέγουμε την ενότητα “Κύτταρο” και στην οθόνη που “ανοίγει”, πατάμε το κάτω δεξιά βέλος (“επόμενο”) 4 φορές, για να προβάλλουμε σχέδιο με τους διάφορους τύπους κυττάρων (Εικόνα 6).



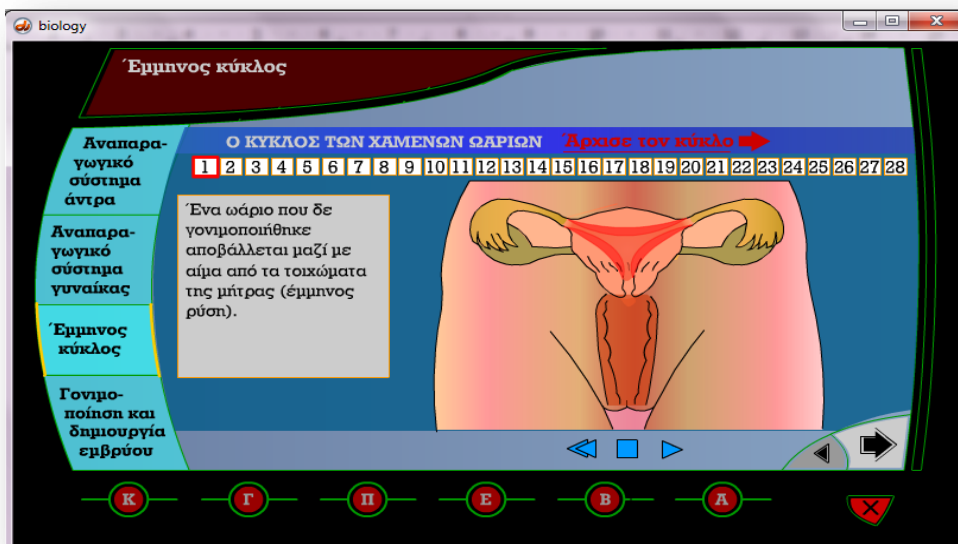
Εικόνα 6. Είδη κυττάρων.

Εστιάζουμε την προσοχή των μαθητών στα κύτταρα “ωάριο” και “σπερματοζώαριο” και κυρίως στην τεράστια διαφορά μεγέθους τους (που είχαμε δει και στις Εικόνες 2 και 3). Σέρνοντας τον κέρσορα πάνω σε αυτά τα κύτταρα “αναδύεται” η εξήγηση (το ωάριο είναι πολύ μεγαλύτερο από το σπερματοζώαριο, γιατί, εκτός από το γενετικό υλικό, περιέχει και τις θρεπτικές ουσίες, που θα

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

χρειαστεί άμεσα το ζυγωτό για την ανάπτυξή του). Γίνεται, λοιπόν, διακριτός ο βιολογικός ρόλος του ωαρίου και του σπερματοζωαρίου.

β) Μεταβαίνουμε πάλι στην Κεντρική σελίδα (κάνοντας κλικ στο “Κ”). Επιλέγουμε το κεφάλαιο “Αναπαραγωγή” και στην οθόνη που “ανοίγει” πατάμε το κάτω δεξιά μαύρο βέλος (“επόμενο”) 5 φορές. Εμφανίζεται η οθόνη με τίτλο “Αναπαραγωγή στον άνθρωπο”, με τέσσερις επιλογές-προσομοιώσεις (“αναπαραγωγικό σύστημα άνδρα”, “αναπαραγωγικό σύστημα γυναίκας”, “έμμηνος κύκλος” και “γονιμοποίηση και δημιουργία εμβρύου”). Ενεργοποιούμε την προσομοίωση με θέμα “Έμμηνος κύκλος” κάνοντας κλικ σε αυτήν. Εμφανίζεται οθόνη με τίτλο “Έμμηνος κύκλος” και υπότιτλο “Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΩΝ ΧΑΜΕΝΩΝ ΩΑΡΙΩΝ”, με τους αριθμούς από 1 έως 28, τις ημέρες του κύκλου (Εικόνα 7).



Εικόνα 7. Έμμηνος κύκλος.

Κάνοντας κλικ π.χ. στον αριθμό “1” εξηγείται τι συμβαίνει σε αυτή την ημέρα του κύκλου, ενώ πατώντας στους υπόλοιπους αριθμούς αναγράφεται τι γίνεται στις αντίστοιχες μέρες έως και την 28η ημέρα. Έτσι εισάγονται οι όροι “έμμηνος ρύση” ή “περίοδος” και “γόνιμες ημέρες”. Εναλλακτικά μπορούμε να πατήσουμε στο κόκκινο βέλος πάνω δεξιά (ή στο μπλε τριγωνάκι-βέλος κάτω δεξιά) ώστε να “αρχίσει” ο κύκλος και οι σχετικές επεξηγήσεις. Οι μαθητές θα μπορούν πλέον να εξηγούν και να περιγράφουν τον έμμηνο κύκλο της γυναίκας, καθώς και τις αλλαγές στο ανθρώπινο σώμα κατά την εφηβεία.

Επιπλέον, μπορούμε να προβάλλουμε ένα διασκεδαστικό βίντεο για την έμμηνο ρύση, με τίτλο “Funny menstruation animation” από τη διεύθυνση <https://www.youtube.com/watch?v=ZvPVyas68jE&spfreload=1>.

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

γ) Στην ίδια οθόνη επιλέγουμε, πατώντας κάτω αριστερά, την προσομοίωση με θέμα “Γονιμοποίηση και δημιουργία εμβρύου”. Φαίνονται τότε πολλά σπερματοζωάρια να μετακινούνται προς το πάνω μέρος της εικόνας, δηλαδή προς τη μήτρα και τη σάλπιγγα, όπου βρίσκεται το ώριμο ωάριο, που περιμένει να γονιμοποιηθεί από ένα μόνο σπερματοζωάριο. Τότε το ζυγωτό, πλέον, εγκαθίσταται στο εσωτερικό της μήτρας και με συνεχείς κυτταρικές διαιρέσεις γίνεται το έμβρυο και τελικά το ανθρώπινο μωρό. Με αυτή την προσομοίωση αναπαριστάται η διαδικασία της γονιμοποίησης και της δημιουργίας του εμβρύου.

Δραστηριότητα 3: Εφαρμογή (13')

Τίθενται στους μαθητές τα ερωτήματα: “Πώς μπορεί να αναπτυχθεί φυσιολογικά το έμβρυο σε μια επιθυμητή εγκυμοσύνη;” και “Τι γίνεται, όμως, αν μια εγκυμοσύνη δεν είναι επιθυμητή;”

Οι μαθητές καλούνται εδώ να εφαρμόσουν τις γνώσεις που απέκτησαν για τη γονιμοποίηση και τη δημιουργία εμβρύου και να τις επεκτείνουν, συμμετέχοντας:

α) σε συζήτηση/ενημέρωση σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν αρνητικά την υγεία της εγκύου και του εμβρύου (κάπνισμα, αλκοόλ, κακή διατροφή). Εναλλακτικά, θα μπορούσαν να εμπλακούν σε ένα διασκεδαστικό σχετικό παιχνίδι ρόλων. Ενδεικτικά: Κάποια μαθήτρια παριστάνει μια έγκυο που καπνίζει και πίνει και άλλοι μαθητές/μαθήτριες τους φίλους, τους γονείς της ή το σύζυγό της. Τους δίνουμε το ρόλο και τους αφήνουμε για 5 λεπτά να τον υποδυθούν.

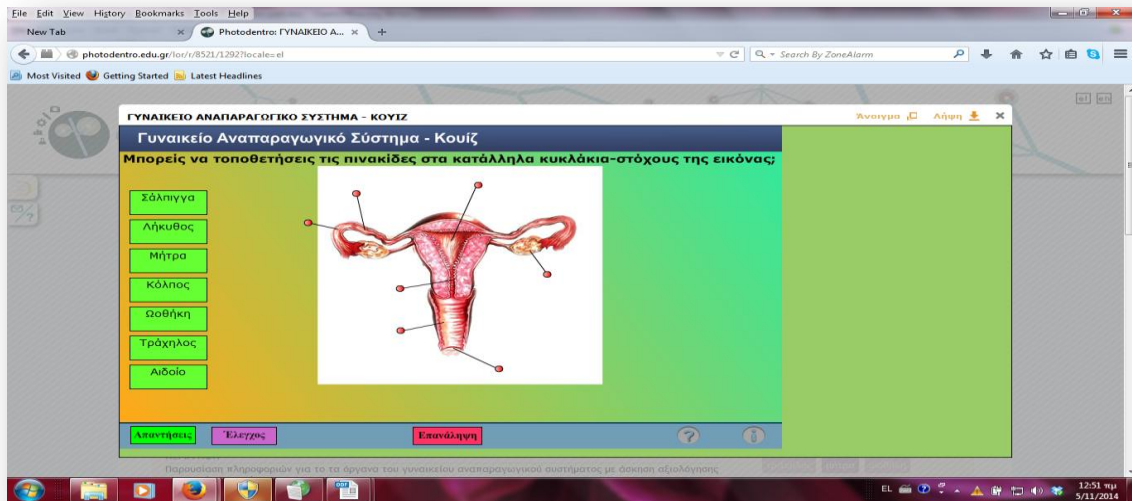
β) σε συζήτηση/ενημέρωση σχετικά με τους ασφαλείς τρόπους αντισύλληψης, που είναι ενδεδειγμένοι για κάθε ηλικία (προφυλακτικό, αντισυλληπτικά χάπια, σπιράλ κ. λ. π.), καθώς και τους κινδύνους από τη μετάδοση των σεξουαλικά μεταδιδόμενων νοσημάτων (όπως ο ιός του AIDS).

Έτσι οι μαθητές ενημερώνονται για τη σημασία υιοθέτησης ενδεδειγμένων τρόπων αντισύλληψης, καθώς και κανόνων για τη διατήρηση της υγείας του αναπαραγωγικού τους συστήματος.

Δραστηριότητα 4: Εμπέδωση (7')

Προτρέπουμε στους μαθητές να συμμετέχουν σε διαδραστικά παιχνίδια, που αναφέρονται σε αυτή την ενότητα. Αξιοποιούμε, λοιπόν, από το αποθετήριο του “Φωτόδεντρου” (του “Ψηφιακού βιβλίου”) παιχνίδια-κουίζ και καλούμε τα παιδιά να τα παίξουν στον υπολογιστή με σύγχρονη προβολή ενώπιον των συμμαθητών τους, με την απλή τεχνική του να διαλέξουν μια λέξη και να τη “σύρουν” στη σωστή θέση (“drag and drop”). Συγκεκριμένα προτείνουμε τα εξής παιχνίδια-κουίζ:

- το <http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/1292?locale=el> για το “Γυναικείο αναπαραγωγικό σύστημα” (Εικόνα 8).
- το <http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/1304?locale=el> για το “Ανδρικό αναπαραγωγικό σύστημα”. Πρόκειται, παρομοίως, για τοποθέτηση της αντίστοιχης εξήγησης στη σωστή θέση της εικόνας.



Εικόνα 8. Κουίζ με θέμα το γυναικείο αναπαραγωγικό σύστημα.

Δραστηριότητα 5: Ανασκόπηση (5'-10') στην αρχή της επόμενης διδακτικής ώρας

Κάθε μαθητής καλείται να συμπληρώσει ένα φύλλο εργασίας/αξιολόγησης, που αναφέρεται σε όλη την ενότητα “Αναπαραγωγή στον άνθρωπο”, με κύριο σκοπό την επανάληψη, εμπέδωση και αποσαφήνιση χρήσιμων εννοιών σχετικών με την Αναπαραγωγή του ανθρώπου, που συχνά είναι συγκεχυμένες λόγω κοινωνικών προκαταλήψεων.

Αξιολόγηση-επισημάνσεις

Έχουν ήδη αναφερθεί τα εργαλεία και οι φάσεις της διδασκαλίας, κατά τις οποίες επιτελούνται οι διαδικασίες αξιολόγησης (διαγνωστική στην αρχή, διαμορφωτική με τα κουίζ, τελική με το φύλλο εργασίας/αξιολόγησης). Με βάση την εμπειρία από την εφαρμογή του παρόντος διδακτικού σεναρίου σε τάξεις, καταλήγουμε στις ακόλουθες παρατηρήσεις-επισημάνσεις:

-δεν προέκυψαν ιδιαίτερες δυσκολίες κατά τη διδασκαλία και ο διατιθέμενος χρόνος κρίνεται γενικά επαρκής για τις δραστηριότητες, με μικρές διαφοροποιήσεις από τμήμα σε τμήμα, έχοντας βέβαια υπόψη και την πολύ ουσιαστική επισημάνση ότι “...οι ίδιοι οι μαθητές ως βιολογικά συστήματα είναι πολυμορφικοί, μοναδικοί και απρόβλεπτοι όπως και τα τμήματά τους” (Δομουχτσίδου, 2013)

-ο βαθμός αποδοχής του μαθήματος από τα παιδιά κρίνεται ως πολύ ικανοποιητικός, εφόσον επέδειξαν ιδιαίτερη προθυμία και ενδιαφέρον για συμμετοχή τους σε αυτό με ερωτήσεις, με ανάπτυξη γόνιμης συζήτησης και προβληματισμού, με αθρόα συμμετοχή στα διαδραστικά παιχνίδια-κουίζ.

Ας σημειωθεί ότι παρόμοια συμπεράσματα προέκυψαν και από διδακτική παρέμβαση σε παιδιά της ίδιας ηλικίας με χρήση των Νέων Τεχνολογιών, με θέμα την αναπαραγωγή στα φυτά και στα ζώα (Soyibo & Hudson, 2000).

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Προεκτάσεις στη διδακτική πράξη-επεκτασιμότητα

Η διδακτική αυτή ενότητα προσφέρεται για προβολές εντυπωσιακών εικόνων, για διαδικτυακές αναζητήσεις εικόνων και πληροφοριών και γενικότερα για αξιοποίηση των Νέων Τεχνολογιών.

Επίσης δίνει το έναυσμα για ευρύτερο προβληματισμό σχετικά με τη θετική αξιοποίηση των νεότερων επιτευγμάτων της Επιστήμης της Βιολογίας (Σκούρας 2004 και 2008), όπως η υποβοηθούμενη αναπαραγωγή, η χρήση βλαστοκυττάρων κ.λ.π..

Ακόμη μπορούν να προταθούν και κάποιες μικρές έρευνες ή και ευρύτερες συνθετικές εργασίες σε σχετικά θέματα, που ενδιαφέρουν ιδιαίτερα τους μαθητές. Ενδεικτικά, θα μπορούσε να ζητηθεί από τους μαθητές να αναζητήσουν κατά ολιγομελείς ομάδες φωτογραφίες, που απεικονίζουν έμβρυα μερικών εβδομάδων διαφόρων σπονδυλωτών (αμφιβίου, πτηνού, ερπετού, θηλαστικού, ψαριού) καθώς και τα νεογέννητά τους και τα αποτελέσματα να παρουσιαστούν και να συζητηθούν στην τάξη. Θα ήταν ενδιαφέρον να συζητηθούν τα συμπεράσματα στα οποία θα μπορούσαν να καταλήξουν από μόνοι τους χωρίς να τους κατευθύνουμε περαιτέρω.

Δικτυογραφία

ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ Βιολογίας Γυμνασίου, διαθέσιμο στο <http://ebooks.edu.gr/new/ps.php>

Λογισμικό "Βιολογία Α' και Γ' Γυμνασίου" διαθέσιμο στο:

http://www.e-yliko.gr/Lists/List40/DispForm.aspx?ID=129&Source=http%3A%2F%2Fwww.e-yliko.gr%2Flists%2FList40%2Fsynod_bibl.aspx

Φωτόδεντρο, αποθετήριο μαθησιακών αντικειμένων διαθέσιμο στο <http://photodentro.edu.gr/>

συγκεκριμένα: <http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/1292?locale=el> και

<http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/1304?locale=el>

Βιβλιογραφία

Buckingham, D. & Scanlon, M. (2000). *That is edutainment: media, pedagogy and the market place*. Paper presented to the International Forum of Researchers on Young People and the Media, Sydney

Depover, C., Karsenti, T. & Κόμης, Β. (2010). *Διδασκαλία με χρήση της τεχνολογίας. Προώθηση της μάθησης, ανάπτυξη ικανοτήτων*. Αθήνα: Κλειδάριθμος

Kara, Y. & Yesilyurt, S. (2008). Comparing the Impacts of Tutorial and Edutainment Software Programs on Students' Achievements, Misconceptions, and Attitudes towards Biology. *J Sci Educ Technol*, 17, 32-41.

Lazarowitz, R., Lieb, C. (2006). Formative assessment pre-test to identify college students' prior knowledge, misconceptions and learning difficulties in Biology. *Int J Sci Math Educ* 4:741-762

Nasr, A. R. & Soltani, A. K. (2011). Attitude towards Biology and Its Effects on Student's Achievement. *International Journal of Biology*, 3(4), 100-104.

Soyibo, K. & Hudson, A. (2000). Effects of Computer-assisted Instruction (CAI) on 11th Graders' Attitudes to Biology and CAI and Understanding of Reproduction in Plants and Animals. *Research in Science & Technological Education*, 18(2), 191-199.

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Αποστολάκης, Ε., Καλκάνης, Γ. και συνεργάτες (2006). *Φυσικά ΣΤ' Δημοτικού, Ερευνώ και Ανακαλύπτω. Βιβλίο Μαθητή*. Ο.Ε.Δ.Β.

Βλάχος, Ι. (2004). *Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες. Η πρόταση της Εποικοδόμησης*. Εκδόσεις Γρηγόρη.

Δομουχτσίδου, Γ. (2013). Διδάσκοντας για τις πρωτείνες στην Β' τάξη του Γενικού Λυκείου. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 1, 69-75, διαθέσιμο στο <http://physcool.web.auth.gr/index.php/2014-09-22-08-09-05/1>

Ζόγκτζα, Β. (2007). *Η βιολογική γνώση στην παιδική ηλικία*. Εκδόσεις Μεταίχμιο

Ζόγκτζα, Β. (2009). *Θέματα Διδακτικής της Βιολογίας*. Εκδόσεις Μεταίχμιο

Κουμαράς, Π. (2007). *Τα νέα βιβλία Φυσικών Επιστημών Ε' και Στ' τάξης του Δημοτικού Σχολείου*, διαθέσιμο στο <http://www.eduportal.gr/index.php/articles/didaktiki/180-koumaras>

Μαυρικάκη, Ε., Γκούβρα, Μ. & Καμπούρη, Α. (2009α). *Βιολογία Α' Γυμνασίου. Βιβλίο Εκπαιδευτικού*, διαθέσιμο στο <http://ebooks.edu.gr/new/books-pdf.php?course=DSGYM-A103>

Μαυρικάκη, Ε., Γκούβρα, Μ., & Καμπούρη, Α. (2009β). *Βιολογία Α' Γυμνασίου. Βιβλίο Μαθητή*, διαθέσιμο στο <http://ebooks.edu.gr/new/books-pdf.php?course=DSGYM-A103>

Παπακώστα, Κ. (2007). Νέες τεχνολογίες και σχολικές δραστηριότητες. *Εκπαίδευση και Νέες Τεχνολογίες*, 5, 63-73 διαθέσιμο στο <http://www.netschoolbook.gr/papakosta.html>

Σκούρας, Ζ. (2004). *Φιλοσοφία και Σύγχρονες τάσεις της Βιολογίας*. University Studio Press

Σκούρας, Ζ. (2008). *Βιοτεχνολογία και Βιοηθική - Μία σύντομη Εισαγωγή. Ο κόσμος στην Επιστήμη και τη Θρησκεία. Διάλογος ανάμεσα στη σύγχρονη Επιστήμη και την Ορθόδοξη παράδοση*. Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη Α.Ε., σελ. 161-164

Σολομωνίδου, Χ. (2006). *Νέες τάσεις στην εκπαιδευτική τεχνολογία: Εποικοδομητισμός και σύγχρονα περιβάλλοντα μάθησης*. Αθήνα: Μεταίχμιο

Σοφός, Α. & Κρον, F. (2010). *Αποδοτική διδασκαλία με τη Χρήση Μέσων. Από τα πρωτογενή και προσωπικά στα τεταρτογενή και ψηφιακά Μέσα*. Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρης



Η Ιωάννα Νείλα είναι Βιολόγος, απόφοιτος του Πανεπιστημίου Αθηνών (1984), με Μεταπτυχιακό (1986) και Διδακτορικό Δίπλωμα (1992) από το Πανεπιστήμιο PARIS XI, καθηγήτρια στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Από το 2004 υπηρετεί στο Πρότυπο Πειραματικό Γυμνάσιο Ζωσιμαίας Σχολής Ιωαννίνων. Έχει λάβει μέρος σε επιμορφωτικά σεμινάρια στην Ελλάδα και στο εξωτερικό, ενώ έχει παρουσιάσει εργασίες της σε εκπαιδευτικά συνέδρια και περιοδικά. Τα ερευνητικά της ενδιαφέροντα επικεντρώνονται στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών με καινοτόμες μεθόδους.

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.

Τι διδάσκουμε για την ενέργεια;

Παναγιώτης Κουμαράς

Στα βιβλία Φυσικής της Γ' Γυμνασίου των τελευταίων 35 χρόνων υπάρχουν για την ενέργεια οι ορισμοί:

- “Ένα σώμα περικλείει ενέργεια, όταν μπορεί κάτω από κατάλληλες προϋποθέσεις να παράγει έργο” (Ζενάκος κ.α. 1979-1992, σ. 51),
- “Ένα σώμα περικλείει ενέργεια, όταν μπορεί κάτω από κατάλληλες συνθήκες να παράγει έργο ή να δίνει φως ή θερμότητα” (Ζενάκος κ.α. 1993-1999, σ. 69),
- “Ένα σώμα έχει ενέργεια εάν μπορεί να προκαλέσει μια μεταβολή στον εαυτό ή στο περιβάλλον του” (Αντωνίου κ.α. 2000-2007, σ. 117).
- Το σημερινό βιβλίο δεν δίνει ορισμό.

Από τη μεριά της Φυσικής θεωρώ ότι προκύπτουν τα ερωτήματα:

1. Η ενέργεια είναι (πάντα) ικανότητα παραγωγής έργου;
2. Η ενέργεια είναι η ικανότητα για πρόκληση μεταβολών;
3. Η ενέργεια είναι ιδιότητα ενός σώματος;

Ενέργεια είναι η ικανότητα (ή η δυνατότητα) παραγωγής έργου

Πλήθος ερευνών (Lehrman, 1973; Κολιόπουλος, 1997, σ. 215; Σπύρτου, 2002, σ. 75; Doménech et al., 2007; Duit, 2012; Lancor, 2012) έχουν δείξει ότι παγκοσμίως η ενέργεια εισάγεται συνήθως ως: “η ικανότητα (ή η δυνατότητα) παραγωγής έργου”. Ο ορισμός αυτός χρονολογείται από τη δεκαετία του 1850, τα πρώτα χρόνια της εισαγωγής της έννοιας. Αναφέρεται ότι ο Πλανκ στις αρχές του 20^{ου} αιώνα είχε διατυπώσει την πρόβλεψη ότι αυτός ο ορισμός για την ενέργεια θα είχε εξαφανιστεί σε 20 χρόνια από τα σχολικά βιβλία (Duit, 1981). Ευτυχώς που δεν στοιχημάτισε! Ο παραπάνω ορισμός για την ενέργεια συνεχίζει να παραμένει παγκοσμίως και σήμερα ο πιο διαδεδομένος παρά το ότι:

- i) Αν και υπάρχουν μορφές ενέργειας που επιτρέπουν σε ένα σύστημα να παράγει έργο, ο ορισμός της ενέργειας ως ικανότητας παραγωγής έργου, σύμφωνα με το δεύτερο Νόμο της Θερμοδυναμικής, δεν ισχύει πάντα (Hecht, 2007; Lehrman, 1973; Sexl, 1981). Είναι δυνατόν ένα σώμα (σύστημα σωματιδίων) σε χαμηλή θερμοκρασία, να έχει θερμική ενέργεια χωρίς να έχει την ικανότητα παραγωγής έργου, αν δεν υπάρχει “δεξαμενή” χαμηλότερης θερμοκρασίας. Η ενέργεια διατηρείται όχι όμως και η ικανότητα παραγωγής έργου.
- ii) Όταν η ενέργεια ορίζεται ως η ικανότητα παραγωγής έργου περιορίζεται στη Μηχανική στερώντας από την ενέργεια το κύριο χαρακτηριστικό της γνώρισμα που είναι η κοινή – ενοποιητική ερμηνεία φαινομένων από όλες τις περιοχές της Φυσικής, της Χημείας και της Βιολογίας. Ο ορισμός αυτός της ενέργειας προϋποθέτει τη διδασκαλία του έργου, άρα είναι αδύνατο να διδαχτεί σε μικρές ηλικίες και θα υπάρχει το οξύμωρο να συναντά ο μαθητής την έννοια ενέργεια στη Βιολογία ή στη Χημεία πριν διδαχτεί την έννοια έργο στη Φυσική.
- iii) Σημειώνεται (Hicks, 1983) ότι το γεγονός πως ο ορισμός “*ενέργεια είναι η ικανότητα παραγωγής έργου*” είναι τόσο σύντομος και τόσο ευκολομνημόνευτος έχει ως συνέπεια να μείνει στα παιδιά, αν διδαχτεί ως αρχικός ορισμός, ακόμη και αν στο μέλλον τους υποδειχθούν τα όριά του. Τελικά μάλλον η μεγαλύτερη προσφορά αυτού του ορισμού είναι να παρουσιάζεται στο μάθημα μετά τη διδασκαλία του δεύτερου νόμου της θερμοδυναμικής, ως παραδοσιακός ορισμός για την ενέργεια, και να ζητείται από τους μαθητές να εξηγήσουν γιατί δεν μπορεί να είναι γενικός ορισμός για την ενέργεια (Hicks, 1983).
- iv) Πρόκειται για έναν κυκλικό ορισμό διότι αφενός ορίζει την ενέργεια ως την ικανότητα παραγωγής έργου και αφετέρου, λίγο αργότερα, ορίζει το έργο ως μια μορφή μεταφοράς της ενέργειας. Ουσιαστικά, δηλαδή, μέσα από αυτόν τον ορισμό λέμε “*ενέργεια είναι η ικανότητα να μεταφέρεται ενέργεια*” (Hecht 2007).

Προφανώς, όλα τα παραπάνω ισχύουν και για το δεύτερο ορισμό «*Ένα σώμα περικλείει ενέργεια, όταν μπορεί κάτω από κατάλληλες συνθήκες να παράγει έργο ή να δίνει φως ή θερμότητα*» (Ζενάκος κ.α. 1995, σ. 69).

Η ενέργεια είναι η ικανότητα ενός συστήματος να προκαλεί αλλαγή

Από τη Σπύρτου (2002, σσ. 76-77) καταγράφεται μεγάλος αριθμός προγραμμάτων σπουδών υποχρεωτικής εκπαίδευσης, στα οποία η ενέργεια ορίζεται ως “η ικανότητα για πρόκληση αλλαγών”, π.χ. “*Ενέργεια είναι η ικανότητα των υλικών συστημάτων να επιφέρουν αλλαγές στον εαυτό τους ή το περιβάλλον τους*”.

Η ενέργεια δεν μπορεί να είναι η «ικανότητα να προκαλεί αλλαγή», από τη στιγμή που πριν και μετά την αλλαγή παραμένει ποσοτικά σταθερή. Η διαφοροποίηση στην ενέργεια, πριν και μετά την αλλαγή που παρατηρήθηκε, είναι στην ποιότητά της, η ενέργεια υποβαθμίστηκε. Αυτό που

προσδιορίζει αν μια αλλαγή γίνει ή όχι σχετίζεται με την αύξηση της εντροπίας ή την ελάττωση της ελεύθερης ενέργειας (Ogborn, 1986; Gailiunas, 1988).

Μπορεί ένα σύστημα να έχει ενέργεια χωρίς όμως να έχει την ικανότητα να επιφέρει αλλαγές; Βεβαίως στο κάθε σώμα (σύστημα σωματιδίων) γύρω μας, μπορούμε να έχουμε ενέργεια (θερμική σε σύστημα χαμηλής θερμοκρασίας) χωρίς να έχουμε τη δυνατότητα πρόκλησης αλλαγών.

Στην ίδια κατηγορία με τον ορισμό αυτόν, θεωρεί την ενέργεια ως αιτιακό παράγοντα, είναι και ο ορισμός: “Η ενέργεια είναι η αιτία για να λειτουργεί κάθε τι, να κινείται, να εξελίσσεται ή να συμβαίνει κάτι”.

Ο ορισμός αυτός είναι παγκόσμια ο δεύτερος πιο δημοφιλής ορισμός για την ενέργεια (Lancor, 2012). Συνηθίζεται σχολικά βιβλία και προγράμματα σπουδών να χρησιμοποιούν στην εισαγωγική διδασκαλία της ενέργειας εκφράσεις όπως: “Η ενέργεια απαιτείται για να γίνονται οι δουλειές, ή για να κάνει τα “πράγματα” να λειτουργούν”, “Χρειάζεται ενέργεια για να κινηθείς και να εργαστείς” (Millar, 2005), “Η βενζίνη κάνει ένα αυτοκίνητο να κινείται γιατί η βενζίνη έχει ενέργεια (Ogborn, 1986). Στο “Benchmarks for Scientific Literacy” αναφέρεται ως επιθυμητή γνώση: “... στο απλούστερο επίπεδο, τα παιδιά μπορούν να σκεφτούν την ενέργεια ως κάτι που απαιτείται για να κάνει τα πράγματα να λειτουργούν, να κινούνται ή να συμβαίνουν” (AAAS 2008, E. Energy Transformations).

Η παραπάνω θεώρηση της ενέργειας ως το αίτιο της λειτουργίας των οργάνων, συσκευών, μηχανημάτων, της εξέλιξης ενός φαινομένου ή γενικότερα ως η αιτία που «συμβαίνουν τα πράγματα» είναι λανθασμένη. Η ενέργεια διατηρείται, για παράδειγμα η ενέργεια που υπάρχει πριν την κατανάλωση του καυσίμου (ως χημική του μίγματος οξυγόνου – βενζίνης) και μετά την κατανάλωσή του (ως θερμική στο περιβάλλον) είναι ποσοτικά ή ίδια. Δυστυχώς, η μικρή λεπτομέρεια είναι ότι το αυτοκίνητό σας δεν μπορεί πια να κινηθεί. Από τη στιγμή που η ενέργεια υπάρχει ποσοτικά αμετάβλητη πώς μπορούμε να πούμε ότι η ενέργεια είναι το αίτιο όσων συμβαίνουν; Εκείνο που ισχύει είναι ότι η ενέργεια διατηρείται μεν ποσοτικά, έχει όμως μετατραπεί από χημική σε θερμική, έχει υποβαθμιστεί δεν μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί, δεν είναι πια διαθέσιμη. Το φαινόμενο συνέβη γιατί έτσι αυξήθηκε η εντροπία του συστήματος. Η τάση να αυξάνεται η εντροπία (αντίστοιχα να μειώνεται η ελεύθερη ενέργεια) είναι αυτή που κάνει τα πράγματα να συμβαίνουν και όχι η ενέργεια (Ogborn, 1986; Millar, 2005). Το θέμα είναι ότι, όπως τα παιδιά, πολλά προγράμματα σπουδών και σχολικά βιβλία, χρησιμοποιούν τον όρο ενέργεια με τη σημασία που έχει στη Φυσική ο όρος “ελεύθερη ενέργεια” (Ogborn, 1986), ή διαθέσιμη ενέργεια (Feynman, 2009 σ. 57) η οποία βέβαια δεν διατηρείται και είναι αυτή που “κάνει τα πράγματα να συμβαίνουν”. Από την Ross (1988) δείχνεται η ομοιότητα των ιδιοτήτων που αποδίδουν οι μαθητές στην “ενέργεια” με τις ιδιότητες που αποδίδουν οι επιστήμονες στην “ελεύθερη ενέργεια”.

Ο Feynman (2007) περιγράφει μία παρόμοια εισαγωγή της ενέργειας σε σχολικό βιβλίο: “... ένα βιβλίο άρχιζε με τέσσερις εικόνες: ένα κουρδιστό παιγνίδι, ένα αυτοκίνητο, ένα παιδί που οδηγούσε ποδήλατο και κάτι άλλο. Από κάτω υπήρχε η ερώτηση “τι τα κάνει να κινούνται;” (σελίδα 362).

[συνεχίζει δίνοντας τις απαντήσεις] Να οι απαντήσεις του βιβλίου: Για το παιχνίδι, “η ενέργεια το κάνει να κινείται”. για το παιδί στο ποδήλατο, “η ενέργεια το κάνει να κινείται”. για το κάθε τι “η ενέργεια το κάνει να κινείται”...”. Εντοπίζει στην παραπάνω παρουσίαση δύο προβλήματα. Το 1ο: “Αλλά αυτό [η ενέργεια το κάνει να κινείται] δεν σήμαινε τίποτα. Υποθέστε ότι αντί για την ενέργεια έλεγε η “αντεβρέστη το κάνει να κινείται”. Με αυτό τον τρόπο το παιδί δεν μαθαίνει τίποτα. Η ενέργεια είναι απλώς μια λέξη!”. Και το 2ο: “Αλλά και κάτι ακόμη: Δεν ήταν σωστή η απάντηση ότι “η ενέργεια το κάνει να κινείται”, διότι, αν σταματήσει, μπορείς το ίδιο άνετα να πεις ότι η ενέργεια το έκανε να σταματήσει” [προφανώς γιατί συνεχίζει να υπάρχει η ίδια ποσότητα ενέργειας, υποβαθμισμένη βέβαια ποιοτικά] (σελίδες 362 – 363).

Ένα σώμα έχει ενέργεια;

Η ενέργεια είναι μια ιδιότητα των συστημάτων, μπορεί δηλαδή να καθορίζεται μόνο από την άποψη ενός συστήματος σωμάτων ή σωματιδίων. Το να μιλάμε για ενέργεια απομονωμένου σώματος δεν έχει επιστημονικά νόημα. Λέμε πως ένα σώμα έχει θερμική ενέργεια, αλλά εδώ πρόκειται για σύστημα σωματιδίων και ως αναφορά έχουμε μηδενική θερμική ενέργεια όταν η θερμοκρασία του σώματος είναι ίση με το απόλυτο μηδέν. Ανταλλαγή βέβαια ενέργειας, με μορφή θερμότητας, γίνεται όταν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας με το περιβάλλον του. Μια μπαταρία περιέχει ενέργεια, όπως και ένας πυκνωτής αλλά και εδώ πρόκειται για σύστημα.

Στη βιβλιογραφία έχουν καταγραφεί δυο μορφές ενέργειας που συνήθως αναφέρονται ως «ενέργεια του σώματος»: i) Η ενέργεια των καυσίμων (χημική ενέργεια) και ii) η κινητική ενέργεια.

Χημική ενέργεια

Σε βιβλίο της Ε΄ Δημοτικού (Αποστολάκης κ.α., 2006 σ.26) διαβάζουμε:

“Η ενέργεια που αποδίδεται με τη μορφή θερμότητας κατά την καύση του πετρελαίου προέρχεται από τη διάσπαση των μορίων του στα άτομα από τα οποία αυτά αποτελούνται. Στα μόρια του πετρελαίου έχει αποθηκευτεί ενέργεια που προήλθε από τον Ήλιο πριν εκατομμύρια χρόνια. Η ενέργεια αυτή ελευθερώνεται κατά την καύση, όταν οι δυνάμεις που συγκρατούν τα άτομα άνθρακα, υδρογόνου και οξυγόνου, από τα οποία αποτελούνται τα μόρια του πετρελαίου, παύουν να υπάρχουν και τα μόρια διασπώνται.”

Στο παραπάνω κείμενο ουσιαστικά υποστηρίζεται ότι η ενέργεια αποθηκεύεται στους δεσμούς και απελευθερώνεται όταν οι εν λόγω δεσμοί σπάσουν. Πρόκειται για μια ευρέως διαδεδομένη παρανόηση. Στην πραγματικότητα δεν απελευθερώνεται ενέργεια όταν σπάσουν οι δεσμοί, αντιθέτως απαιτείται ενέργεια για να σπάσουν οι δεσμοί (Millar, 2005 σ. 17). Η άποψη ότι τα καύσιμα “περιέχουν ενέργεια”, είναι λανθασμένη. Φανταστείτε έναν πλανήτη με πολιτισμό και κατασκευές αντίστοιχες με τις δικές μας, όπου όμως οι κάτοικοί του αναπνέουν, αντί για οξυγόνο, ατμούς βενζίνης ή φυσικό αέριο. Αυτοί προφανώς πηγαίνουν τα αυτοκίνητά τους στα “οξυγονάδικα”, βάζουν στο

ρεζερβουάρ οξυγόνο. Από τη στιγμή που θα πλήρωναν το οξυγόνο, τους ατμούς βενζίνης (ή φυσικού αερίου) θα τους ρουφούσε ο κινητήρας του αυτοκινήτου “δωρεάν” από την ατμόσφαιρα του πλανήτη τους, θα έλεγαν ότι η ενέργεια περιέχεται στο οξυγόνο, σε αναλογία με εμάς που λέμε ότι η ενέργεια περιέχεται στα καύσιμα.

Προφανώς το καύσιμο δεν καίγεται χωρίς οξυγόνο, καύση είναι η ένωση με το οξυγόνο. Όταν το πετρέλαιο αντιδρά με το οξυγόνο, το πρώτο στάδιο είναι σε ορισμένα μόρια πετρελαίου και οξυγόνου να σπάσουν οι δεσμοί που συγκρατούν τα άτομα στα μόρια πετρελαίου και οξυγόνου. Για να γίνει αυτό απαιτείται κάποιο ποσό ενέργειας, η οποία δίνεται π.χ. από το αναμμένο σπέρτο. Τα “θραύσματα” των μορίων στη συνέχεια ανασυντάσσονται, για να σχηματίσουν μόρια διοξειδίου του άνθρακα και υδρατμούς. Για τους δεσμούς στα μόρια των νέων ουσιών απαιτείται λιγότερη ενέργεια από ό,τι για τους δεσμούς στα μόρια των αρχικών ουσιών. Έτσι ελευθερώνεται ενέργεια. Ένα μέρος της χρησιμοποιείται για κίνηση, θέρμανση κ.τ.λ. και ένα μέρος της για να σπάσουν οι δεσμοί στα μόρια του πετρελαίου και του οξυγόνου. Από τη στιγμή που η αντίδραση ενεργοποιείται (από ένα σπέρτο), θα συνεχίζεται, αν βέβαια υπάρχουν τόσο το πετρέλαιο όσο και το οξυγόνο (Millar, 2005; Ross, 1993; Novic, 1976). Όπως στο καύσιμο πετρέλαιο έτσι και στα τρόφιμα οι χημικοί δεσμοί μεταξύ των ατόμων των μορίων τους περικλείουν περισσότερη ενέργεια από ότι οι δεσμοί μεταξύ των ατόμων των μορίων των ουσιών που προκύπτουν από την πέψη. Ουσιαστικά πρόκειται για διαφορές ηλεκτροστατικής δυναμικής ενέργειας μεταξύ των σωματιδίων που αποτελούν τα μόρια των αντιδρώντων και αυτών των μορίων των προϊόντων της χημικής αντίδρασης.

Σημειώνω ότι από τη στιγμή που η πραγμάτευση των εννοιών στην υποχρεωτική εκπαίδευση γίνεται στο Νευτώνειο πλαίσιο επιβάλλεται η διατήρηση της μάζας (αποτελεί το “μηδενικό” νόμο του Νεύτωνα) χωριστά από τη διατήρηση της ενέργειας και άρα δεν μπορούμε να μιλάμε για μετατροπές μάζας σε ενέργεια όταν π.χ. καίγεται ένα ξύλο (Αποστολάκης κ.α., 2006 σ. 13).

Κινητική ενέργεια ενός σώματος

Σε πολλά σχολικά εγχειρίδια ορίζεται η δυναμική ενέργεια σώματος που βρίσκεται σε κάποιο ύψος από την επιφάνεια της Γης ως ενέργεια του συστήματος σώμα - Γη. Αν το σώμα βρεθεί σε μεγάλη απόσταση από τη Γη και δεν αλληλεπιδρά βαρυτικά με αυτήν, δεν υπάρχει πλέον δυναμική ενέργεια του συστήματος σώμα - Γη. Ενώ ορίζεται η δυναμική ενέργεια ως ενέργεια του συστήματος δεν συμβαίνει το ίδιο με την κινητική ενέργεια. Από τη στιγμή που η δυναμική ενέργεια λόγω θέσης είναι ενέργεια του συστήματος σώμα - Γη και καθώς το σώμα πέφτει προς τη Γη η δυναμική ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική, συνάγεται ότι και η κινητική είναι ενέργεια του ίδιου συστήματος. Σκεφτείτε ένα αναρτημένο σώμα που κάνει ταλάντωση αντίστοιχη με την ταλάντωση ενός εκκρεμούς. Σε κάθε θέση της τροχιάς του, δυναμική ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική ή αντίστροφα. Αφού η δυναμική ενέργεια είναι του συστήματος ταλαντευόμενο σώμα - Γη επιβάλλεται και η κινητική ενέργεια να είναι του ίδιου συστήματος. Δεν μπορεί η ενέργεια συνεχώς να αλλάζει από

ενέργεια του συστήματος σε ενέργεια του σώματος και αντιστρόφως καθώς συνεχώς μεταβάλλεται από δυναμική σε κινητική κ.τ.λ..

Το σώμα πέφτοντας στη Γη θα συγκρουστεί με αυτήν, θα αλληλεπιδράσει δηλαδή με αυτήν, και η κινητική του ενέργεια θα μετατραπεί τελικά σε θερμική ενέργεια του συστήματος. Προφανώς σε σχέση με τη Σελήνη το σώμα που πέφτει θα είχε άλλη κινητική ενέργεια, δεν έχει όμως νόημα αφού δεν μπορεί να αλληλεπιδράσει συγκρουόμενο με αυτή. Αν η Γη συγκρούονταν με τη Σελήνη θα μιλούσαμε για κινητική ενέργεια που θα ήταν ενέργεια του συστήματος Γη – Σελήνη. Στην περίπτωση αυτή η προηγούμενη κινητική ενέργεια τουπίπτοντας σώματος θα ήταν απλά εσωτερική ενέργεια για τη Γη. Από τους Doménech et al (2007) καταγράφεται ότι ακόμη και πανεπιστημιακά βιβλία αναφέρονται στην κινητική ενέργεια ενός αντικειμένου, χωρίς να εξηγούν ότι αυτή η ενέργεια εκφράζει την ικανότητα αυτού να αλληλεπιδρά με άλλα αντικείμενα συγκρουόμενο με αυτά, διότι κινείται προς το μέρος τους με μια ορισμένη ταχύτητα. Η κινητική ενέργεια είναι του συστήματος που όλα συναποτελούν. Από τους Doménech et al τονίζεται η σημασία της αποσαφήνισης του συστημικού χαρακτήρα της κινητικής ενέργειας, διότι αυτή η πτυχή δεν εξετάζεται στη βιβλιογραφία και δεν γίνεται εύκολα αποδεκτή από τους εκπαιδευτικούς, ακόμα και από καθηγητές πανεπιστημίου (Doménech et al, 2007 σ. 52).

Μια απόπειρα περαιτέρω διευκρίνισης: Ας υποθέσουμε πως ένας άνθρωπος περπατάει μέσα σε ένα κινούμενο λεωφορείο. Η κινητική του ενέργεια ως προς τα τοιχώματα, τα καθίσματα κτλ του λεωφορείου, με τα οποία μπορεί π.χ. να συγκρουστεί, εξαρτάται από την ταχύτητα που έχει σε σχέση με αυτά, δεν εξαρτάται από την (σταθερή) ταχύτητα του λεωφορείου. Η παραπάνω κινητική ενέργεια είναι του συστήματος άνθρωπος – λεωφορείο. Αυτή η κινητική του ενέργεια σε σχέση με αντικείμενα με τα οποία μπορεί να συγκρουστεί το λεωφορείο (δεν αλληλεπιδρά αυτός αλλά το λεωφορείο) είναι απλά εσωτερική ενέργεια του λεωφορείου. Η κινητική ενέργεια του λεωφορείου, ορίζεται για σύστημα σωμάτων με τα οποία το λεωφορείο μπορεί να αλληλεπιδρά συγκρουόμενο, εξαρτάται από τη μάζα του και την ταχύτητα του λεωφορείου. Η ταχύτητα του επιβάτη ως προς τα τοιχώματα του λεωφορείου (τουλάχιστον αν δεν εκσφενδονιστεί από το λεωφορείο) δεν παίζει ρόλο. Η μάζα του είναι μέρος της μάζας του λεωφορείου. Ας σκεφτούμε το λεωφορείο ως ένα σώμα και τον επιβάτη του ως ένα μόριο ενός σώματος: η κινητική ενέργεια κάθε μορίου για σύστημα πακτωμένο στο σώμα προσδιορίζει τη θερμική ενέργεια του σώματος. Για την κινητική ενέργεια του σώματος ως προς ακίνητο σύστημα αναφοράς παίζει ρόλο η μάζα του σώματος (άρα η μάζα του μορίου παίζει ρόλο ως ένα μέρος της μάζας του σώματος) και η (μεταφορική) ταχύτητα του σώματος όχι όμως η ταχύτητα της άτακτης κίνησης του κάθε μορίου.

Επίλογος

Παρόλο που υπάρχουν προτάσεις να μη διδάσκεται η ενέργεια στην υποχρεωτική εκπαίδευση, διότι είναι μια πολλή αφηρημένη έννοια (Warren, 1986), από την άλλη μεριά η κοινωνία (λόγω ενεργειακής

κρίσης κ.τ.λ.) επιβάλλει τη διδασκαλία της ενέργειας από μικρή ηλικία, κάτι που έχει γίνει αποδεκτό από την πλειοψηφία των ανθρώπων του χώρου της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Από όσα παραπάνω παρουσιάστηκαν θεωρώ ότι προκύπτει πως δεν υπάρχει συμφωνία μεταξύ των μελών της επιστημονικής κοινότητας για το τι θα διδάξουμε στα παιδιά για την ενέργεια.

Στο ίδιο μήκος κύματος ο Millar, ασχολούμενος από τη δεκαετία του 1980 με τη διδασκαλία της ενέργειας, γράφει το 2012:

“... Για τις περισσότερες έννοιες των Φυσικών Επιστημών, υπάρχει ευρεία συμφωνία σχετικά με το ποια είναι η επιθυμητή γνώση για το κάθε θέμα στα διαφορετικά στάδια της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Αυτό όμως δεν συμβαίνει για την ενέργεια. Πολλά από αυτά που έχουν γραφτεί στα βιβλία της διδακτικής και στα ειδικά περιοδικά, σχετικά με τη διδασκαλία και τη μάθηση της ενέργειας, δεν είναι για τις απόψεις και τις ιδέες των μαθητών ή για την αποτελεσματικότητα των διαφόρων διδακτικών προσεγγίσεων και παρεμβάσεων, αλλά και για το τι πρέπει να διδάσκεται και ποια πρέπει να είναι η γλώσσα που οι εκπαιδευτικοί και τα βιβλία πρέπει να χρησιμοποιούν...” (Millar, 2012).

Βιβλιογραφία

American Association for the Advancement of Science (AAAS), 2008. *Project 2061: Benchmarks online*. <http://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php?chapter=4>

Doménech, J.L., Gil-Pérez, D., Gras-Martí, A., Guisasola, J., Martínez-Torregrosa, J., Salinas, J., Trumper, R., Valdés, P., Vilches, A., 2007. Teaching of energy issues: A debate proposal for a global reorientation. *Science & Education*, 16, 1, pp.43-64

Duit, R., 1981. Understanding energy as a conserved quantity – Remarks on the article by R.U. Sexl. *Eur.J.Sci.Educ.* 3(3) p.p.291-301

Duit, R., 2012. *Teaching and learning the physics energy concept*. <http://esummit-msu.net/content/teaching-and-learning-physics-energy-concept>

Feynman, R., 2009. *Οι Διαλέξεις Φυσικής του Feynman. Τόμος Α' (Μηχανική – Ακτινοβολία – Θερμότητα)*. Εκδόσεις Τζιόλα. Θεσσαλονίκη.

Feynman, R., 2007. *Σίγουρα θα αστειεύσετε, κύριε Φάινμαν*. Εκδόσεις Κάτοπτρο

Gailunas, P., 1988. Is energy a thing? Some misleading aspect of scientific language. *School Science Review* 69, p.p. 587 -590.

Hecht, E., 2007. Energy and Change. *The Physics Teacher*. 45, p.p. 88 – 91.

Hicks, N., 1983. Energy is the capacity to do work – or is it? *The Physics Teacher* 21, p.p. 529 – 530.

Lancor, R., 2012. Using metaphor theory to examine conceptions of energy in Biology, Chemistry and Physics. *Science & Education*, Advance Online Publication. doi: 10.1007/s11191-012-9535-8

Lehrman, R., 1973. Energy is not the ability to do work. *The Physics Teacher* 11, σελ. 121-127. Ελληνική μετάφραση: Αναστόπουλος Τ. 1979. Η ενέργεια δεν είναι η ικανότητα παραγωγής έργου. *Επιθεώρηση Φυσικής*, 1 σελίδες 17 – 20.

Millar, R., 2005. *Teaching about energy*. Department of Educational Studies, university of York.

Millar, R., 2012. *Towards a research-informed teaching sequence for energy*. <http://esummit-msu.net/users/robin-millar>.

Novic, S., 1976. No energy storage in chemical bonds. *Journal of Biological education*, 10, p.p. 116 – 118.

Ogborn, J., 1986. Energy and fuel: the meaning of “the go of things”. *School Science Review*, p.p. 30 – 35.

Ross, K., 1993. There is no energy in food and fuels – but they do have fuel value. *School Science Review*, 75 (271), p.p. 39 – 47.

Sexl, R., 1981. Some observations concerning the teaching of the energy concept. *European Journal of Science Education* 3 (3) p.p. 285 – 289.

Warren, J., 1986. At what stage should energy be taught. *Phys. Educ.* 21, p.p. 154-156.

Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., Παπατσιμίπα, Λ., Χατζητσομπάνης, Θ., 2006. *Φυσική Γ΄ Γυμνασίου*. ΟΕΔΒ. Αθήνα

Αποστολάκης, Ε., Παναγοπούλου, Ε., Σάββας, Σ., Τσαγλιώτης, Ν., Μακρή, Β., Πανταζής, Γ., Πετρέα, Κ., Σωτηρίου, Σ., Τόλιας, Β., Τσαγκογέωργα, Α., Καλκάνης, Γ., 2006. *Φυσικά Δημοτικού, Ερευνώ και Ανακαλύπτω. Βιβλίο μαθητή, Ε΄ Δημοτικού*. Εκδόσεις ΟΕΔΒ. Αθήνα

Ζενάκος, Α., Λεκάτης, Ν., Σχοινάς, Α., 1984, 1995. *Φυσική Β΄ Γυμνασίου*. ΟΕΔΒ. Αθήνα

Κολιόπουλος, Δ., 1997. *Επιστημολογικές και διδακτικές διαστάσεις των διαδικασιών συγκρότησης αναλυτικού προγράμματος: Η περίπτωση του διδακτικού μετασχηματισμού και της μάθησης της έννοιας της Ενέργειας*. Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή. Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών. Πανεπιστήμιο Πατρών.

Σπύρτου, Α., 2002. *Μελέτη εποικοδομητικής στρατηγικής για την εκπαίδευση των δασκάλων στις Φυσικές Επιστήμες*. Αδημοσίευτη Διδακτορική διατριβή. Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.



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.

Μικροί σεισμολόγοι εν δράσει: μελετώντας τους σεισμούς στην τάξη

Μαρία Ελευθερίου

Η Ελλάδα είναι μία χώρα με έντονη σεισμική δραστηριότητα. Ωστόσο η διδασκαλία των σεισμικών φαινομένων, μετά την κατάργηση της διδασκαλίας της Γεωλογίας στα Ελληνικά σχολεία ήδη από το 1998, είναι ουσιαστικά παραγκωνισμένη. Στην εργασία αυτή προτείνουμε μία πρόταση διδακτικής διαχείρισης των σεισμικών φαινομένων μέσα από κάποιο πρόγραμμα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, για μαθητές Γυμνασίου, είτε στο πλαίσιο μιας ερευνητικής εργασίας, για μαθητές Λυκείου. Η προτεινόμενη εκπαιδευτική δράση εφαρμόστηκε κατά το διδακτικό έτος 2013-14 στο Γενικό Λύκειο Τζεργιάδων του νομού Λασιθίου και συμμετείχαν σε αυτό μαθητές της Α' και Β' Λυκείου.

Πέρα από την εισαγωγή στη φαινομενολογία των σεισμών, χάρη στην διεπιστημονική προσέγγιση που ακολουθείται και τη χρήση σύγχρονης τεχνολογίας, οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα της πραγματικής ερευνητικής ενασχόλησης, εμπλεκόμενοι σε δραστηριότητες επεξεργασίας πραγματικών δεδομένων που συλλέγουν οι ίδιοι.

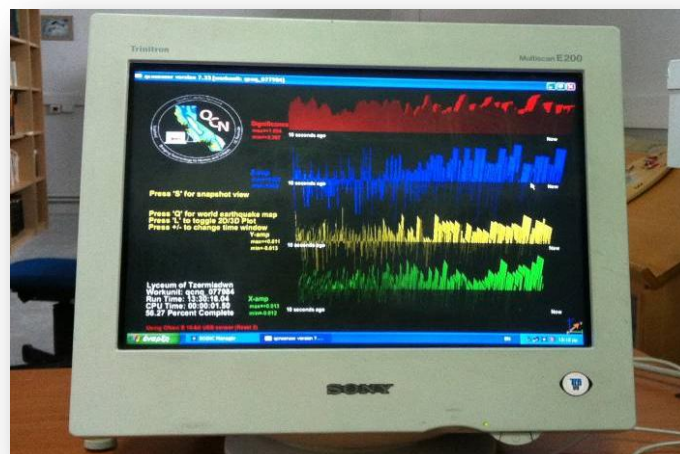
Ο σειсмоγράφος QCN του Πανεπιστημίου του Stanford

Το Quake Catcher Network (QCN) του Πανεπιστημίου του Stanford είναι ένα δίκτυο το οποίο παρέχει τον κατάλληλο εξοπλισμό και λογισμικό σε σχολεία σε όλο τον κόσμο για να γίνουν εν δυνάμει σειсмоγραφικά κέντρα. Μέσω της ιστοσελίδας <http://qcn.stanford.edu/join-qcn/request-a-sensor> μπορεί κανείς να αγοράσει το σειсмоγράφο του QCN (Εικόνα 1) με κόστος περίπου 50 ευρώ. Πρόκειται για έναν σειсмоγράφο - επιταχυνσιόμετρο τύπου MEMS (Micro ElectroMechanical Systems) το οποίο μπορεί να ανιχνεύσει δονήσεις συχνότητας 0.1-20 Hz (Cohran *et al.*, 2009).



Εικόνα 1: ο σειсмоγράφος του QCN. (Φωτογραφία Μ. Ελευθερίου)

Εγκαθιστώντας το απαραίτητο λογισμικό από την ιστοσελίδα του QCN project σε περιβάλλον Windows και συνδέοντας τη συσκευή μέσω θύρας USB στον υπολογιστή μας είμαστε έτοιμοι να κάνουμε τις απαραίτητες δοκιμές για να ελέγξουμε αν έχει γίνει σωστά η εγκατάσταση (Εικόνα 2). Ο σειсмоγράφος θα πρέπει να τοποθετηθεί σε σταθερό σημείο της αίθουσας ώστε να καταγράφει έγκυρα τα σεισμικά κύματα. Οι μαθητές αξιοποιώντας το λογισμικό μπορούν να παρατηρούν σε πραγματικό χρόνο τη σεισμική δραστηριότητα που καταγράφει ο δικός τους σειсмоγράφος καθώς και να ελέγχουν αν έχουν δημιουργηθεί οπουδήποτε αλλού στη Γη σεισμικά κύματα μέσα σε χρονικό διάστημα λίγων ωρών ή και ημερών πριν.



Εικόνα 2. Η διεπιφάνεια χρήσης του σειсмоγράφου σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. (Φωτογραφία Μ. Ελευθερίου).

Εξοικείωση με την επιστήμη των σεισμικών φαινομένων

Προτού οι μαθητές εμπλακούν σε δραστηριότητες συλλογής και ανάλυσης δεδομένων προτείνεται να εξοικειωθούν με τα βασικά χαρακτηριστικά των σεισμικών φαινομένων: το μέγεθος ενός σεισμού, την εστία, το εστιακό βάθος (Παπανικολάου και Σιδέρης, 2007).

Κατά τη διάρκεια της δράσης στο σχολείο μας οι μαθητές χρησιμοποίησαν το διαδίκτυο για να βρουν πληροφορίες για τους μεγαλύτερους σεισμούς που έχουν γίνει στην Ελλάδα και σε όλο τον κόσμο και το πώς αυτοί δημιουργούνται, ενώ επίσης αναζήτησαν πληροφορίες στους δικτυακούς τόπους σεισμολογικών κέντρων όπως το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο Αστεροσκοπείου Αθηνών (<http://www.gein.noa.gr/el>) και το Κέντρο Καταγραφής Σεισμών της Αμερικής (<http://earthquake.usgs.gov/>) για τους τρόπους με τους οποίους οι σεισμολόγοι εξάγουν συμπεράσματα έπειτα από κάθε σεισμό.

Επίσης, βρήκαν πληροφορίες για τους διάφορους τύπους σειсмоγράφων τους οποίους σύγκριναν με το δικό τους, αναγνωρίζοντας τους περιορισμούς και τις δυνατότητες του. Ακόμη, κατέβασαν εφαρμογές για έξυπνα κινητά τηλέφωνα (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.atriscructions.seismograph>) οι οποίες μετατρέπουν τα τηλέφωνα σε φορητούς σειсмоγράφους και καταγράφουν σεισμούς σε πραγματικό χρόνο τις οποίες εγκατέστησαν στα κινητά τους τηλέφωνα με σκοπό να συγκρίνουν τα δικά τους δεδομένα με τα δεδομένα που συλλέγονται από τον σειсмоγράφο του QCN (Faulkner *et al.*, 2014).

Μικροί σεισμολόγοι εν δράσει

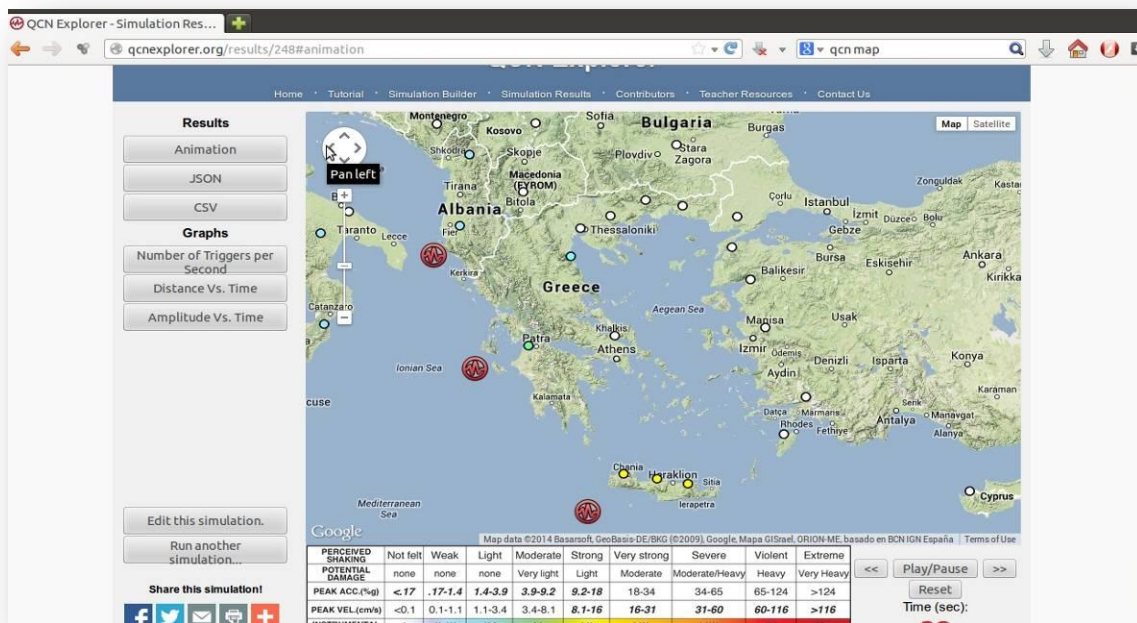
Οι μαθητές αφού εξοικειώθηκαν με το αντικείμενο των σεισμών, μέσω των πληροφοριών που συνέλεξαν, πραγματοποίησαν τέσσερις δραστηριότητες. Οι δύο πρώτες είχαν σκοπό να εμβαθύνουν στη χρήση του σειсмоγράφου τους και τη μελέτη των δεδομένων που αυτός παρέχει, ενώ οι υπόλοιπες δύο να «πειραματιστούν» με τις αιτίες δημιουργίας των σεισμών και να ενημερωθούν για θέματα πολιτικής προστασίας.

Α. Προσομοίωση σεισμών

Στην ιστοσελίδα του QCN project (<http://qcnexplorer.org/>) είναι διαθέσιμος ένας προσομοιωτής δημιουργίας σεισμών και εγκατάστασης δικτύου σειсмоγράφων οι οποίοι μπορούν να τοποθετηθούν σε οποιοδήποτε σημείο του πλανήτη επιθυμούμε. Οι μαθητές μπορούν να φορτώσουν κάποια έτοιμη προσομοίωση είτε να δημιουργήσουν και να σώσουν τη δική τους. Έτσι, αρχικά οι μαθητές τοποθετούν ένα πλήθος σειсмоγράφων σε διάφορα σημεία της Γης. Στη συνέχεια «δημιουργούν» έναν ή περισσότερους εικονικούς σεισμούς επιλέγοντας την ένταση, το εστιακό βάθος και την τοποθεσία εκδήλωσης. Έπειτα μπορούν να αρχίσουν τη προσομοίωση έχοντας τη δυνατότητα να προκαλέσουν ακόμη και ταυτόχρονα τους σεισμούς και να παρατηρούν πότε ο κάθε σειсмоγράφος ανιχνεύει τα σεισμικά κύματα που δημιουργούνται.

Κάνοντας χρήση αυτού του εργαλείου οι μαθητές μπορούν να καταλάβουν πώς δουλεύει ένα δίκτυο σειсмоγράφων, δηλαδή να παρατηρήσουν πώς οι σεισμοί διαδίδονται και καταγράφονται από τους σειсмоγράφους οι οποίοι βρίσκονται σε διαφορετικά σημεία της Γης (Εικόνα 3). Ο προσομοιωτής παρέχει διάφορες γραφικές παραστάσεις όπως αυτή του πλάτους του σεισμού συναρτήσει του χρόνου καταγραφής του από κάθε σειсмоγράφο (βλ. ενδεικτικά, <http://qcnexplorer.org/results.php?ID=68#chart3>).

Η δραστηριότητα αυτή προετοιμάζει τους μαθητές στο χειρισμό των δεδομένων από το δικό τους σειсмоγράφο ενώ τους βοηθά να αντιληφθούν πώς πραγματικά συλλέγονται αυτά τα δεδομένα.

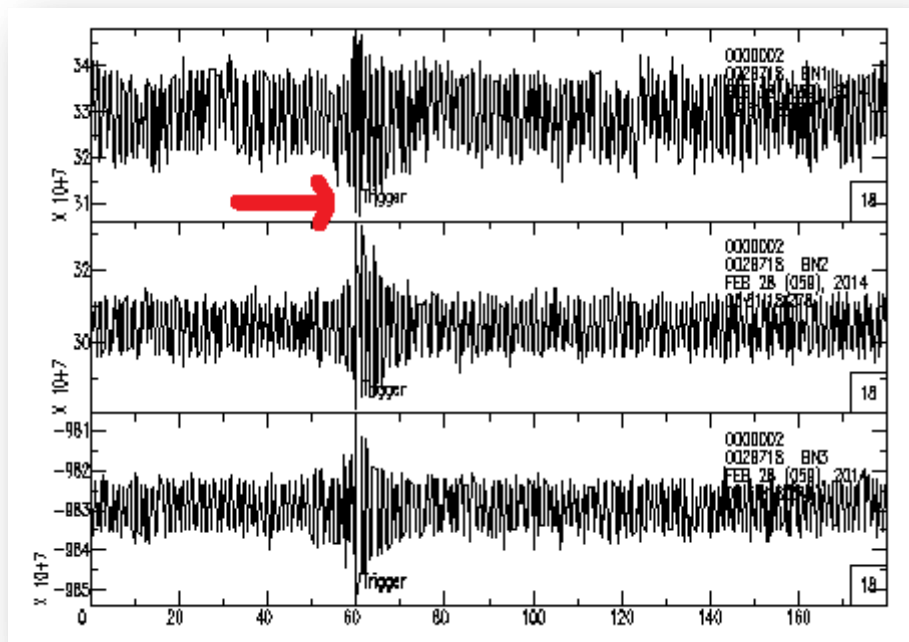


Εικόνα 3. Προσομοίωση σεισμών και σειсмоγράφων στον Ελλαδικό χώρο. Οι σειсмоγράφοι συμβολίζονται με μικρό κύκλο και οι σεισμοί με κόκκινους μεγαλύτερους κύκλους.

B. Καταγραφή και απεικόνιση σεισμικών δεδομένων

Οι πραγματικοί σεισμοί οι οποίοι καταγράφονται από τον σειсмоγράφο μας σώζονται στον υπολογιστή σε αρχεία τύπου “.sac” (ακρωνύμιο του Seismic Analysis Code). Αυτή είναι μια μορφή αρχείων την οποία χρησιμοποιούν οι γεωφυσικοί/σεισμολόγοι για να αποθηκεύουν ηλεκτρονικά την απομάκρυνση του εδάφους από τη θέση ισορροπίας στις τρεις συντεταγμένες του χώρου συναρτήσει του χρόνου, κατά τη διάρκεια του σεισμού. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να παρασταθούν γραφικά με διάφορα προγράμματα. Για να δώσουμε όμως στους μαθητές τη δυνατότητα να εργαστούν σε συνθήκες παρόμοιες με αυτές στις οποίες μπορεί να δουλεύει ένας ερευνητής γεωφυσικός χρησιμοποιήσαμε το λογισμικό SAC.

Το SAC είναι ένα λογισμικό το οποίο ζητήσαμε και μας δόθηκε δωρεάν για εκπαιδευτικούς λόγους από το Iris (Incorporated Research Institutions for Seismology), μια σύμπραξη 100 περίπου Αμερικανικών πανεπιστημίων τα οποία, εκτός των άλλων, συνεισφέρουν στην εκπαίδευση και τη σχολική έρευνα (www.iris.edu). Εγκαταστήσαμε το πρόγραμμα σε υπολογιστή με λειτουργικό σύστημα linux[1] και με τη βοήθεια του οποίου οι μαθητές έκαναν γραφικές παραστάσεις των σεισμικών δεδομένων που συνέλλεγε ο σειсмоγράφος τους. Με αυτόν τον τρόπο απεικονίστηκε σεισμός ο οποίος έγινε νοτίως της Σαντορίνης στις 28/2/2014 με μέγεθος 3.9R, ο οποίος καταγράφηκε από το σειсмоγράφο μας (Εικόνα 4). Οι τρεις γραφικές παραστάσεις απεικονίζουν τις τρεις συντεταγμένες του χώρου (κάθετος άξονας) συναρτήσει του χρόνου (οριζόντιος άξονας) κατά τη διάρκεια του σεισμού, καθώς επίσης λίγο πριν και λίγο μετά το σεισμό. Η χρονική στιγμή στην οποία ξεκινάει ο σεισμός έχει μαρκαριστεί με τη λέξη trigger (κόκκινο βέλος) από το σειсмоγράφο. Ο συγκεκριμένος σεισμός είναι μικρός σε ένταση ωστόσο διακρίνεται παρά το «θόρυβο» που είναι παρών διαρκώς για διάφορους λόγους.



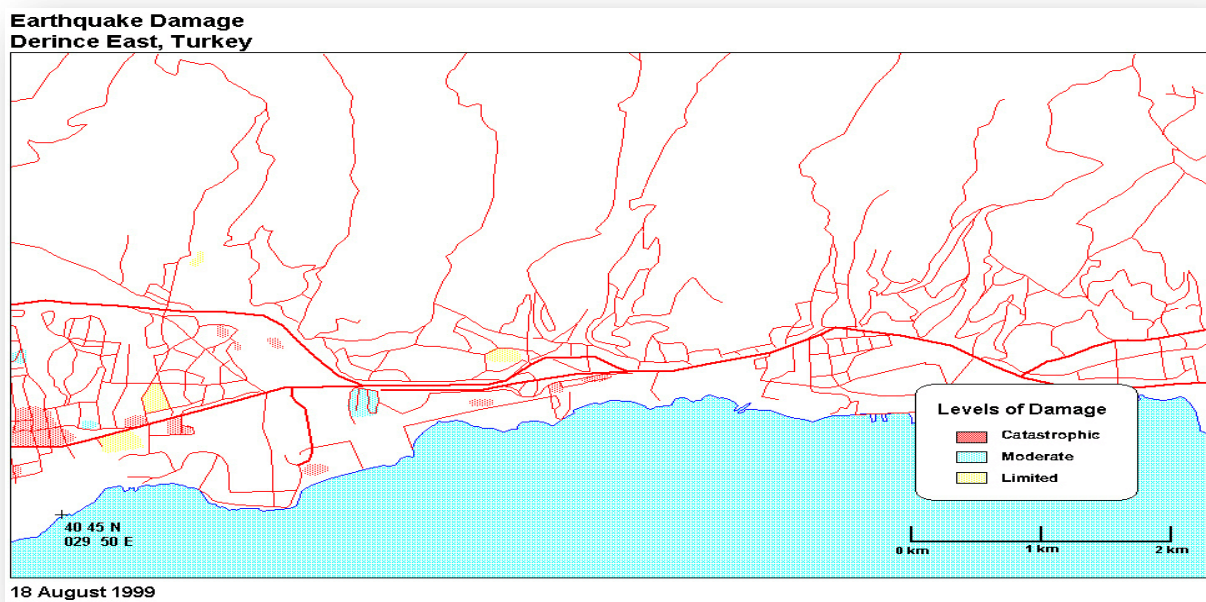
Εικόνα 4: Σεισμός που καταγράφηκε από το σειсмоγράφο μας, νοτίως της Σαντορίνης μεγέθους 3.9R στις 28/2/2014.

Γ. Δορυφορική τηλεπισκόπηση σεισμικών καταστροφών

Η Ευρωπαϊκή Διαστημική Υπηρεσία (ESA) μέσα από τον πολύ πλούσιο και ενδιαφέρον δικτυακό της τόπο (<http://www.esa.int>), μπορεί να προσφέρει μια άλλη οπτική για τους σεισμούς που μελετούμε.

Συγκεκριμένα, οι μαθητές έχουν πρόσβαση σε δεδομένα και πληροφορίες που έχουν συλλεχθεί από δορυφόρους μετά από έναν ισχυρό σεισμό.

Έτσι, οι μαθητές μας μελέτησαν το σεισμό που έγινε στην περιοχή Ismit της Τουρκίας το 1999. Ο σεισμός αυτός ήταν πολύ ισχυρός, μεγέθους 7.8R, και ισοπέδωσε πλήθος κτηρίων. Η δορυφορική τηλεπισκόπηση της περιοχής παρέχει, μεταξύ άλλων, χάρτες οι οποίοι απεικονίζουν την ακριβή θέση των κατεστραμμένων κτηρίων (http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_Disasters_GR/SEMT0VRRJHG_1.html#subhead2). Οι μαθητές αρχικά διέκριναν τις αστικές από τις αγροτικές περιοχές, προσδιόρισαν τάξεις δομημένων περιοχών (βιομηχανικές ή μη), σημείωσαν στο χάρτη τα οικοδομικά τετράγωνα που υπέστησαν μερική ή ολική καταστροφή (Εικόνα 5). Στην εικόνα καταγράφεται η αριστερή πλευρά της περιοχής της Τουρκίας που έχει υποστεί ζημιά. Με κόκκινο χρώμα είναι οι περιοχές που έχουν υποστεί τη μεγαλύτερη ζημιά, οι μπλε περιοχές είναι οι περιοχές με μέτριες ζημιές και οι κίτρινες με τις λιγότερες ζημιές. Ο χάρτης σε κάποια σημεία έχει πολλούς δρόμους (κόκκινες γραμμές) οι οποίοι γίνονται οικοδομικά τετράγωνα. Οι μαθητές διαχώρισαν τις αγροτικές περιοχές (οι οποίες δεν έχουν οικοδομικά τετράγωνα) από τις αστικές περιοχές και αρίθμησαν τις περιοχές που υπέστησαν καταστροφή. Διαπίστωσαν ότι στη δυτική πλευρά του Ismit καταγράφονται οι πιο πολλές καταστροφές και προβληματίστηκαν γιατί να συμβαίνει αυτό. Διαπίστωσαν ότι εκεί κυρίως υπάρχουν αστικές περιοχές ενώ επιπλέον σε εκείνη την περιοχή διαφοροποιούνται τα πετρώματα του εδάφους πάνω στα οποία έχουν κτιστεί τα κτήρια.



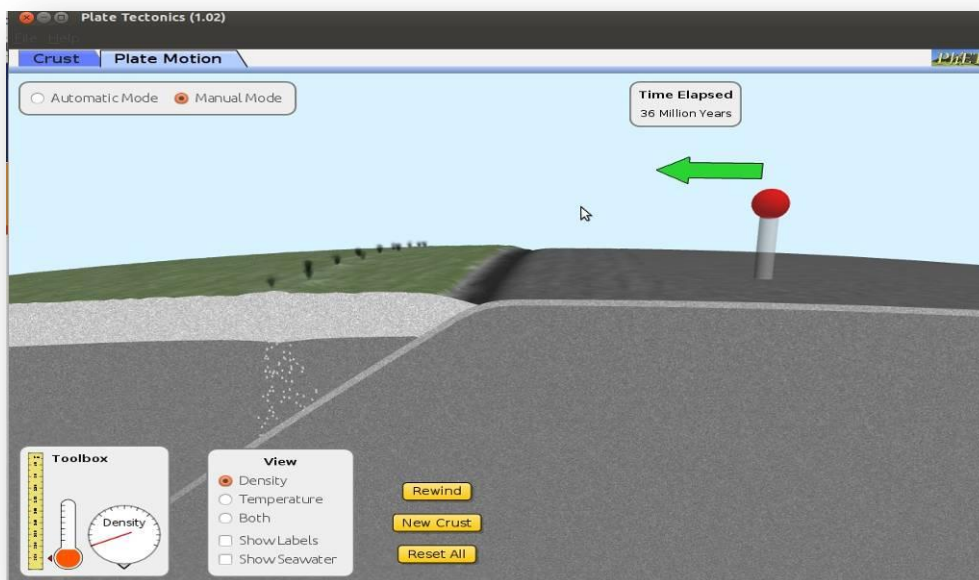
Εικόνα 5. Η ανατολική περιοχή του Ismit. (http://www.esa.int/images/damages_derince_e.gif)

Με αυτή την άσκηση οι μαθητές γνώρισαν τι γίνεται αφού πραγματοποιηθεί ο σεισμός σε επίπεδο πολιτικής προστασίας. Γνώρισαν με ποιο τρόπο μπορεί η δορυφορική τηλεπισκόπηση να βοηθήσει

στην καταγραφή των ζημιών για να μειωθούν οι αρνητικές επιπτώσεις αυτού του φυσικού φαινομένου αλλά και να ληφθούν μέτρα ώστε να αποφευχθούν οι αρνητικές επιπτώσεις από ένα μελλοντικό σεισμό, καθώς έπειτα από έναν σεισμό καταγράφονται πιθανές περιοχές ή οικοδομικά τετράγωνα τα οποία υπέστησαν ζημιές ενώ αρχικά δεν είχε θεωρηθεί ότι διέτρεχαν κίνδυνο.

Δ. Προσομοίωση με το phet.

Οι προσομοιώσεις με το εργαλείο Phet του πανεπιστημίου του Colorado είναι αρκετά γνωστές και διαδεδομένες. Για τους σκοπούς της εκπαιδευτικής μας δράσης, οι μαθητές δούλεψαν με αυτήν των τεκτονικών πλακών (<http://phet.colorado.edu/en/simulation/plate-tectonics>). Η προσομοίωση αυτή είναι προσανατολισμένη στην ανακάλυψη του τρόπου κίνησης των τεκτονικών πλακών και των παραγόντων που την επηρεάζουν, όπως π.χ. η θερμοκρασία, το πάχος των πλακών, η σύσταση των πετρωμάτων. Οι μαθητές εργάστηκαν τόσο στο εργαστήριο των υπολογιστών όσο και στο σπίτι τους διερευνώντας ο καθένας κάτι διαφορετικό. Ενδεικτικά, οι μαθητές μετέβαλλαν τη θερμοκρασία, τη σύσταση του εδάφους (π.χ. να περιέχει πιο πολύ σίδηρο ή πιο πολύ διοξείδιο του πυριτίου, δηλαδή άμμο) καθώς και το πάχος των τεκτονικών πλατών. Επίσης επέλεξαν στην προσομοίωση τις τεκτονικές πλάκες να είναι ηπειρωτικές ή ωκεάνιες και άλλαξαν την πυκνότητα των υλικών. Αλλάζοντας κατάλληλα τις παραπάνω μεταβλητές οι μαθητές παρατήρησαν πλάκες να συγκρούονται, να αποκλίνουν ή να κινούνται πλευρικά με το πέρασμα των γεωλογικών ετών.



Εικόνα 6. Προσομοίωση στο phet: τεκτονικές πλάκες. Οι μαθητές δημιούργησαν ηφαίστεια στην αριστερή τεκτονική πλάκα για να ελέγξουν πώς αυτά επηρεάζουν την κίνησή τους και τη δημιουργία σεισμών.

Συμπεράσματα

Ο σειсмоγράφος που χρησιμοποιήσαμε έφτασε στο σχολείο μας περίπου δύο εβδομάδες μετά την παραγγελία του. Από την πρώτη στιγμή που εγκαταστάθηκε φάνηκε ότι προκάλεσε το ενδιαφέρον των μαθητών που συμμετείχαν εθελοντικά στο πρόγραμμα και εκτός σχολικού ωραρίου, ιδιαίτερα μάλιστα των πιο «αδύναμων» από αυτούς. Από τα πρώτα χτυπήματα του σειсмоγράφου με τα χέρια, για να διαπιστώσουν τι καταγράφεται σε πραγματικό χρόνο στην οθόνη του υπολογιστή, μέχρι τη συμμετοχή της ομάδας στο Εθνικό Θεματικό Δίκτυο του Κ.Π.Ε. Λιθακιάς Ζακύνθου «Το σεισμικό τόξοπου μας ενώνει», οι μαθητές ενεπλάκησαν σε συζητήσεις και αναζητήσεις προσπαθώντας να απαντήσουν ερωτήματα που είτε τέθηκαν από τους ίδιους είτε ανέκυψαν κατά την διαχείριση των δεδομένων που συνέλλεγαν.

Τα παιδιά και απέκτησαν πρόσβαση σε γραφικές παραστάσεις από τους σεισμούς της Κεφαλονιάς από ένα Γυμνάσιο στην Πελοπόννησο το οποίο διαθέτει τον ίδιο σειсмоγράφο. Ανέπτυξαν έτσι επικοινωνιακές δεξιότητες και επιχειρήσαν να παρουσιάσουν και να αναδείξουν τη δική τους ερευνητική δουλειά.

Ο διεπιστημονικός χαρακτήρας του προγράμματος έδωσε αφορμές για ενδιαφέρουσες συζητήσεις ανάμεσα στους μαθητές και την επιβλέπουσα εκπαιδευτικό σε πολλά θεματικά πεδία: Φυσική, Γεωλογία, Σχολικός Επαγγελματικός Προσανατολισμός, Πολιτική Προστασία, τα οποία προσεγγίστηκαν σε ένα πλαίσιο άτυπης εκπαίδευσης που φάνηκε να έχει ιδιαίτερη δυναμική όσο αφορά την συναισθηματική εμπλοκή των μαθητών. Οι τέσσερις δραστηριότητες που πραγματοποιήθηκαν πρόσφεραν μια σφαιρική εικόνα των σεισμών φαινομένων στους μαθητές.

Η αγορά και εγκατάσταση του QCN σειсмоγράφου είναι από μόνη της μια πολύ σημαντική δράση για το σχολείο και μπορεί να παρέχει για πολλά χρόνια δεδομένα και πληροφορίες γύρω από τους σεισμούς και τη σεισμολογία εκπαιδύοντας αρκετές φουρνιές μαθητών. Το επόμενο βήμα θα μπορούσε να είναι η θεσμική δημιουργία ενός δικτύου σχολείων που διαθέτουν τον συγκεκριμένο εξοπλισμό στην Ελλάδα, τα οποία όπως προκύπτει από τη σελίδα του διεθνούς προγράμματος (<http://qcn.stanford.edu/qcn-map>) επί του παρόντος είναι ελάχιστα διαδεδομένος.

Σχόλια

[1]. Το λογισμικό SAC που προμηθευτήκαμε από το το IRIS τρέχει σε περιβάλλοντα linux, mac, και solaris. Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές του σχολικού εργαστηρίου πληροφορικής έχουν εγκατεστημένο λειτουργικό linux.

Βιβλιογραφία

Cohran, E. S., Lawrence, J. F., Christensen, C. και Jakka, R. S. (2009). The Quake-Catcher Network: Citizen: science expanding seismic horizons. *Seismological Research Letters* V. 80 N.1 pp. 26-30.

Faulkner, M., Clayton, R., Heaton, T., Mani Chandy, K., Kohler, M., Bunn, J., Guy, R., Liu, A., Olson, M., Cheng, M., and Krause, A. (2014). Community Sense and Response Systems: Your Phone as Quake Detector. *Communications of The ACM*. Vol. 57, N. 7, pp. 66-75.

Παπανικολάου, Δ. Ι. και Σιδέρης, Χ. Ι. (2007). *Γεωλογία η επιστήμη της γης*. Εκδόσεις Πατάκη.



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

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή

Πόσα αστέρια βλέπουμε με γυμνό μάτι στο βραδινό ουρανό;

Σεραφείμ Σπανός και Χρίστος Ξενάκης

Η δραστηριότητα που ακολουθεί δόθηκε σε μαθητές που παρακολούθησαν το χειμερινό σχολείο αστρονομίας της Εταιρείας Αστρονομίας και Διαστήματος του Βόλου με τη μορφή διερευνητικής εργασίας (project) και με στόχο να εκτιμηθεί ο αριθμός των παρατηρούμενων αστερών με γυμνό μάτι στο βραδινό ουρανό, δηλαδή χωρίς τη χρήση τηλεσκοπίου ή κιαλιών.

Η παιδαγωγική μέθοδος που ακολουθήθηκε ήταν η καθοδηγούμενη διερευνητική διδασκαλία και μάθηση, ενώ τα ερωτήματα που τέθηκαν διατυπώθηκαν όπως περίπου στην εποχή που επιχειρήθηκε για πρώτη φορά η απάντησή τους. Αυτά αφορούσαν στον αριθμό των παρατηρούμενων αστερών και άλλων φωτεινών αντικειμένων του νυκτερινού ουρανού και στη σχέση του αριθμού αυτού με παράγοντες όπως η εποχή του έτους, η επίδραση του φωτός της Σελήνης, η φωτορύπανση της περιοχής, η αιθαλομίχλη κλπ. Για να απαντήσουν στα ερωτήματα αυτά οι μαθητές πραγματοποίησαν μία ιδιοκατασκευή παρατήρησης, έκαναν μετρήσεις σε διάφορες τοποθεσίες και σε διάφορες ώρες της νύκτας, επεξεργάστηκαν τα αποτελέσματα των μετρήσεών τους. Τέλος, σύγκριναν τα αποτελέσματα των μετρήσεων με τις αρχικές τους εκτιμήσεις και κατέληξαν σε συμπεράσματα.

Κατά τη διάρκεια σχεδιασμού της δραστηριότητας δόθηκε ιδιαίτερη σημασία στην ιστορική εξέλιξη των εμπλεκόμενων ιδεών καθώς και στη μαθηματική διάσταση των ερωτημάτων. Ωστόσο, αποφεύχθηκε η πολύπλοκη μαθηματική έκφραση μέσω τύπων και ακολουθήθηκε η χρήση απλών υπολογισμών η νομογραμμμάτων.

Η παρούσα διερευνητική εργασία δεν θα ήταν εφικτή χωρίς την αξιοποίηση των ιδιοκατασκευών (Spanos and Vatsios, 2012). Οι ιδιοκατασκευές αναπτύσσουν κιναισθητικές δεξιότητες (βιδώνω - ξεβιδώνω, στερεώνω - κολλάω, εκτιμώ διαστήματα), προάγουν την εφευρετικότητα (δες τα γύρω αντικείμενα με άλλη ματιά), ενεργοποιούν καλλιτεχνικές ευαισθησίες (ελεύθερη διαμόρφωση εξωτερικής μορφής των ιδιοκατασκευών), εδραιώνουν στάση ζωής (όλα τα υλικά είναι επαναχρησιμοποιήσιμα), ταιριάζουν με τη διαδικασία της διερευνητικής εργασίας (το τελικό προϊόν - παραδοτέο περιλαμβάνει και την ίδια την ιδιοκατασκευή).

Συνοπτικά το διδακτικό σχήμα που ακολουθήθηκε στην παρούσα διερευνητική εργασία (Ξενάκης και Σπανός, 2012; Spanos and Xenakis, 2013) ήταν το εξής:

- Θέσε το πρόβλημα όπως απασχόλησε τους μεγάλους επιστήμονες του παρελθόντος.
- Κατασκεύασε με υλικά του κοντινού περιβάλλοντος σου όργανο ή λειτουργικό πρότυπο που νομίζεις ότι απαντά στο επιστημονικό πρόβλημα.
- Χρησιμοποίησε την κατασκευή σου για παρατήρηση και συλλογή δεδομένων
- Επεξεργάσου τα δεδομένα για να δώσεις απάντηση στο πρόβλημα

Πρότεινε βελτιώσεις τις διαδικασίας ή άλλα προβλήματα που αυτή μπορεί να αντιμετωπίσει

Η ταυτότητα του πρότζεκτ

Η συγκεκριμένη διερευνητική δραστηριότητα δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να εργαστούν ατομικά ή σε ομάδες προκειμένου να κατανοήσουν τη σημασία της σωστής δειγματοληψίας στην επιστήμη και να εφαρμόσουν τα συμπεράσματά τους προκειμένου να μιλήσουν για ιδιότητες του συνολικού πληθυσμού. Τα στοιχεία της ταυτότητας της διερευνητικής εργασίας παρατίθενται συνοπτικά στη συνέχεια:

- **Λεξιλόγιο:** Αστέρες, ουράνια σφαίρα, εμβαδό επιφάνειας σφαίρας- κύκλου, δειγματοληψία, μέση τιμή.
- **Κοινό που απευθύνεται:** Μαθητές Γυμνασίου και Λυκείου ηλικίας 13-15 και 15-18 με κατάλληλες προσαρμογές.
- **Περιβάλλον:** Το ύπαιθρο κατά τη νύχτα και η τάξη.
- **Χρονική διάρκεια:** 2 - 4 ώρες στη τάξη και όσο χρειασθεί για να βρεθούν κατάλληλες νύχτες και κατάλληλες τοποθεσίες.
- **Τεχνικές απαιτήσεις:** Σχοινί κατάλληλου μήκους, χαρτόνι κατάλληλου εμβαδού, διαβήτης, ψαλίδι, μετροταινία.
- **Σύνδεση με τη διδακτέα ύλη:** Στοιχεία από το κεφάλαιο Β1 στη Γεωγραφία Α' Γυμνασίου, Μαθηματικά Γυμνασίου - Λυκείου.
- **Διδακτικοί στόχοι:** Η επιστημονική προσέγγιση στην κατανόηση και ερμηνεία του φυσικού κόσμου μέσα από την ακολουθία παρατήρηση-δειγματοληψία – μέτρηση-επεξεργασία μετρήσεων-γενίκευση.
- **Καθοδήγηση για προετοιμασία:** Οι μαθητές καλούνται να εκτιμήσουν τον αριθμό άστρων σε εικόνα παίρνοντας τυχαίες μετρήσεις του αριθμού τους σε ορισμένα μέρη αυτής. Στην συνέχεια εφαρμόζουν την ίδια μέθοδο εκτιμώντας το πλήθος των άστρων του ουρανού.

Διδακτικές Φάσεις

Ακολουθώντας τη μεθοδολογία της διερευνητικής μάθησης χωρίζουμε τη διεκπεραίωση του πρότζεκτ σε διάφορες φάσεις.

Η 1^η διδακτική φάση περιλαμβάνει δραστηριότητες για την εκμείωση ερωτήσεων και την πρόκληση ενδιαφέροντος. Καθοδηγούμε τους μαθητές που ανέλαβαν την εργασία σε ερωτήματα όπως αυτά που παρατίθενται στη συνέχεια:

- Υπάρχουν μόνο όσα άστρα βλέπουμε;
- Πόσα άστρα βλέπουμε; Είναι όλα ίδια σε ό,τι αφορά τη λαμπρότητα;
- Μπορούμε να τα μετρήσουμε;
- Ποιος πραγματοποίησε πρώτος μια τέτοια επίπονη διαδικασία;

Η 2^η διδακτική φάση περιλαμβάνει την ενεργή διερεύνηση – πρόταση αρχικών υποθέσεων ή προβλέψεων. Ενδεικτικά, ας δούμε πιθανές απαντήσεις στο δεύτερο ερώτημα (Γαβρίλη κ.α., 1999; Μαυρομαμάτης, 2011) μαζί με την προτεινόμενη αντίδραση του διδάσκοντα σε αυτές. Έτσι, όταν οι μαθητές ρωτούνται πόσα άστρα βλέπουμε συνήθως απαντάνε:

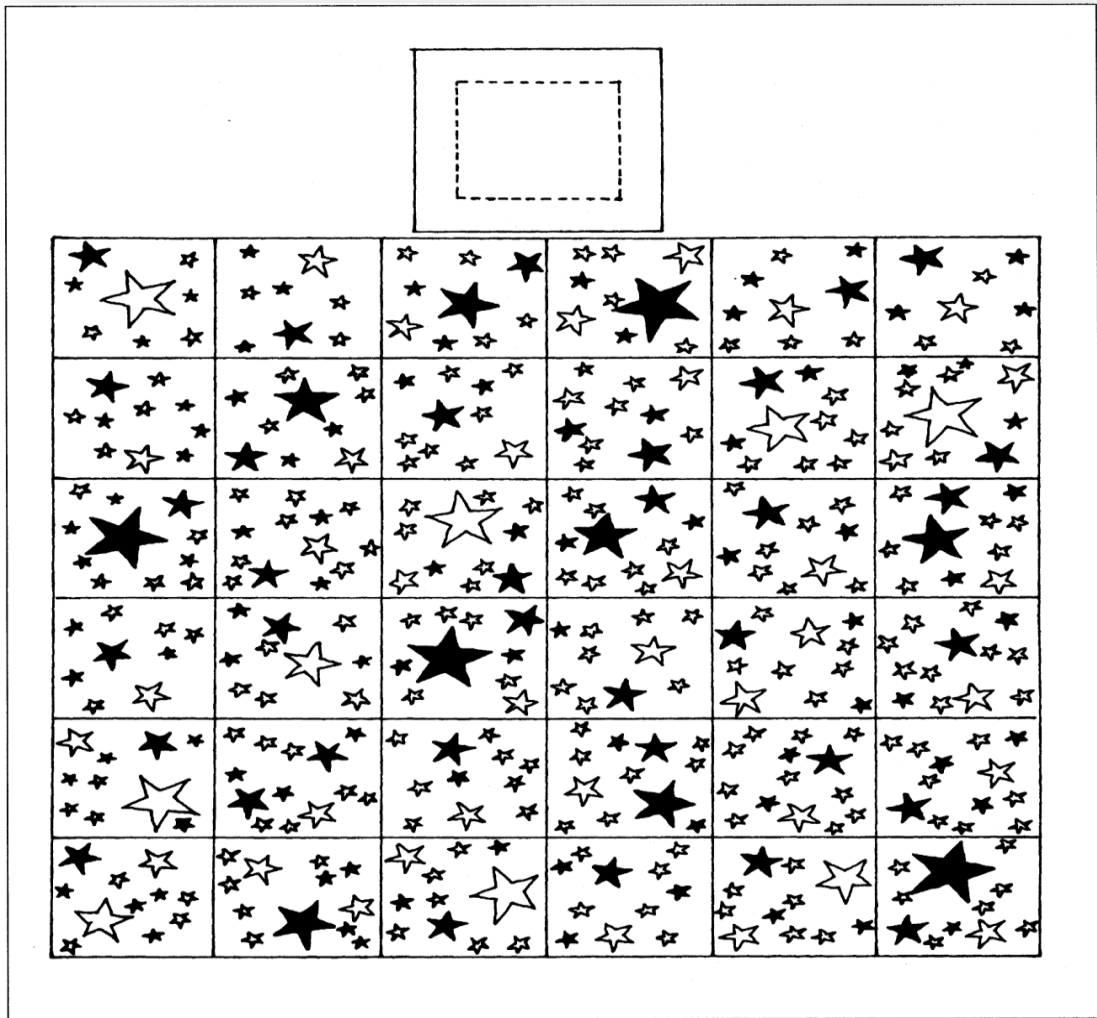
- “Άπειρα”. Ο διδάσκων μπορεί να καθοδηγήσει μία συζήτηση για το παράδοξο του Olbers.
- “Δισεκατομμύρια”. Αν ήταν δισεκατομμύρια θα μπορούσε ένας άνθρωπος να τα ταξινομήσει;
- “Χιλιάδες”. Πράγματι ο αριθμός που κατέγραψε ο Ίππαρχος ήταν αυτής της τάξης.

Με αφορμή την τρίτη απάντηση ο διδάσκων οδηγεί τους μαθητές σε διαδικτυακή έρευνα με θέμα την ιστορία της χαρτογράφησης του ουρανού από την αρχαιότητα έως σήμερα. Γίνεται ιδιαίτερη μνεία στο έργο του πρωτοπόρου Έλληνα αστρονόμου Ίππαρχου.

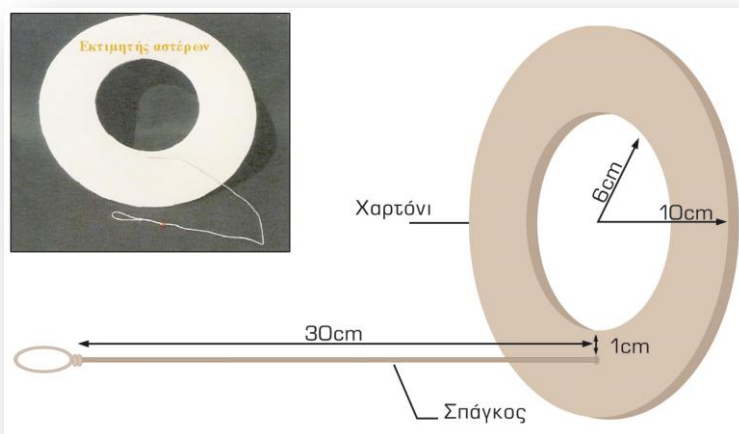
Στη συνέχεια αφού σχολιάσουμε το έργο του Ίππαρχου ως έργου ζωής οδηγούμε τους μαθητές σε μια λιγότερο χρονοβόρα τεχνική από τη δική του για τον προσδιορισμό του αριθμού των άστρων. Φωτοτυπούμε το Σχήμα 1 σε φύλλο χαρτιού.

Κόβουμε το πάνω ορθογώνιο παραλληλόγραμμο εξωτερικά και εσωτερικά ώστε να δημιουργήσουμε ένα παράθυρο και το ρίχνουμε τυχαία πάνω στην εικόνα των άστρων 5 φορές. Προσέχουμε ώστε η ρίψη να πραγματοποιείται εντός της εικόνας των άστρων αλλιώς την επαναλαμβάνουμε. Καθορίζουμε από πριν τι θεωρούμε ως μονάδα μέτρησης (π.χ. το μεγαλύτερο μέρος του άστρου να περιέχεται στο παράθυρο). Αθροίζουμε τον αριθμό των άστρων από όλες τις ρίψεις και διαιρούμε δια (5) πέντε. Μετά πολλαπλασιάζουμε τον αριθμό που βρέθηκε με αυτόν των ισοδιάστατων ορθογωνίων που διαιρείται η εικόνα (δηλαδή 36). Μετράμε ένα – ένα τον συνολικό αριθμό των άστρων και συγκρίνουμε το αποτέλεσμα με εκείνο του πολλαπλασιασμού.

Ζητάμε από τους μαθητές να σκεφθούν ανάλογη διαδικασία για τα άστρα του ουράνιου θόλου και συζητούμε την κατασκευή ενός «παραθύρου» όπως αυτό του Σχήματος 1 για τον ουρανό. Αφού ακούσουμε διάφορες απόψεις και για την οικονομία του χρόνου (θα επανέλθουμε στο ζήτημα αυτό στην 4^η φάση) προτείνουμε την κατασκευή του σχήματος 2 (Causeret et al., 2005). Αφήνουμε τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες (όπως είδος του υλικού, χρώμα κλπ) στην ευχέρεια των μαθητών.



Σχήμα 1. Προσομοίωση της διαδικασίας δειγματοληψίας για την εκτίμηση του αριθμού των άστρων



Σχήμα 2. Πρόταση ιδιοκατασκευής για δειγματοληψία αριθμού άστρων του ουρανού.

Οδηγούμε τους μαθητές στους πιο κάτω υπολογισμούς ώστε να προσδιορίσουν μόνοι τους ποιος είναι ο πολλαπλασιαστής που θα χρησιμοποιήσουν, αντίστοιχος του αριθμού 36 στην προσομοίωση με το Σχήμα 1.

$$\text{Εμβαδόν κυκλικής οπής ακτίνας } h \text{ (6 cm)} = \pi 6^2 = 113.04 \text{ cm}^2$$

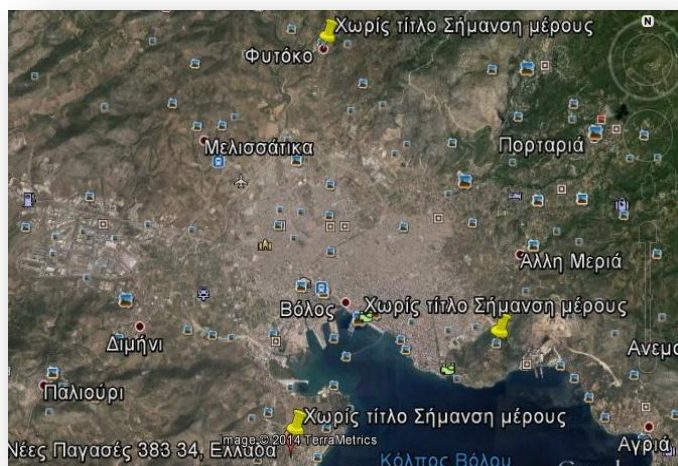
$$\text{Εμβαδόν επιφάνειας σφαίρας ακτίνας } \rho \text{ (30 cm)} = 4\pi 30^2 = 11304 \text{ cm}^2$$

Ο πολλαπλασιαστής στη περίπτωση του Σχήματος 2 είναι $11304/113.04 = 100$ και παρουσιάζει εμφανές υπολογιστικό πλεονέκτημα.

Τέλος προτείνουμε τον τρόπο χρήσης της ιδιοκατασκευής (Σχήμα 3) και ακούμε διάφορες πρακτικές προτάσεις βελτίωσης της χρήσης του (π.χ. κλείσιμο του άλλου ματιού κλπ).



Σχήμα 3. Τρόπος χρήσης της προτεινόμενης ιδιοκατασκευής.



Σχήμα 4. Χάρτης από το Google Earth που δείχνει με την κίτρινη πινέζα τις θέσεις δειγματοληψίας.

Η 3^η διδακτική φάση περιλαμβάνει προγραμματισμό και συγκέντρωση στοιχείων από παρατήρηση και την επεξεργασία τους. Οι μαθητές χρησιμοποιούν χάρτη της ευρύτερης περιοχής (στην περίπτωση μας, του πολεοδομικού συγκροτήματος του Βόλου) για τον προγραμματισμό των θέσεων όπου θα πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις (Σχήμα 4).

Η συγκέντρωση στοιχείων από παρατήρηση οδήγησε στην κατασκευή του Πίνακα 1.

Φυτόκο	Πρ. Ηλίας	Γορίτσα
16	5	13
9	7	5
8	8	7
9	6	8
7	5	8
10	7	10
6	5	6
12	7	11
15	8	12
12	7	9

Πίνακας 1. Μετρήσεις του αριθμού των άστρων εντός του «παραθύρου» της ιδιοκατασκευής, σε δέκα διαφορετικές διευθύνσεις και σε τρεις τοποθεσίες.

Η επεξεργασία των στοιχείων της παρατήρησης οδήγησε στον Πίνακα 2.

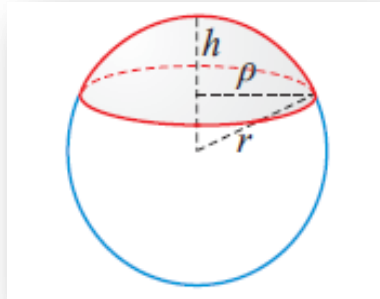
Θέση	Φυτόκο	Συνολικά 1140 άστρα
ΜΟ	11,4	
Εύρος τιμών	6-16	
Θέση	Πρ. Ηλίας	Συνολικά 660 άστρα
ΜΟ	6,6	
Εύρος τιμών	5-8	
Θέση	Γορίτσα	Συνολικά 890 άστρα
ΜΟ	8,9	
Εύρος τιμών	5-13	

Πίνακας 2. Ενδιάμεσοι υπολογισμοί και αποτελέσματα.

Οι μαθητές έχουν εντυπωσιασθεί από τον αισθητά μικρότερο αριθμό άστρων που είναι ορατά ιδιαίτερα στην 2^η τοποθεσία και προτίθενται να συζητήσουν την αξιοπιστία του αποτελέσματος. Ας σημειωθεί δε, ότι ο αριθμός αυτός των αστεριών αφορά σε επιφάνεια σφαίρας, άρα ο αριθμός των

άστρων που βλέπουμε κάθε στιγμή στον ουράνιο θόλο, δηλαδή σε ένα ημισφαίριο, είναι ο μισός από αυτούς που δίνονται στον Πίνακα 2.

Η 4^η Διδακτική φάση περιλαμβάνει Συζήτηση-Ερμηνεία των αποτελεσμάτων και θεώρηση άλλων πιθανών ερμηνειών και πηγών σφάλματος. Καταρχάς ελέγχεται το ενδεχόμενο σφάλματος κατά την μαθηματική επεξεργασία. Ελέγχονται οι γεωμετρικές υποθέσεις που έγιναν με την προτροπή του διδάσκοντα. Προτάθηκε ως μια πιθανή πηγή σφάλματος η θεώρηση σφαιρικής επιφάνειας αντί της κυκλικής όπως φαίνεται στο σχήμα 5.



Σχήμα 5. Θεώρηση σφαιρικής επιφάνειας αντί επιφάνειας κύκλου στον υπολογισμό του πολλαπλασιαστή (Persidis, 2007).

Το εμβαδόν της σκιασμένης επιφάνειας στο σχήμα 5, δηλαδή το εμβαδό της επιφάνειας της σφαίρας που βρίσκεται πάνω από τον κόκκινο κύκλο, είναι (Persidis, 2007):

$$E = 2\pi rh$$

επειδή

$$h = r - \sqrt{r^2 - \rho^2} \Rightarrow h = 30 - \sqrt{30^2 - 6^2} = 30 - 29,6 = 0,61$$

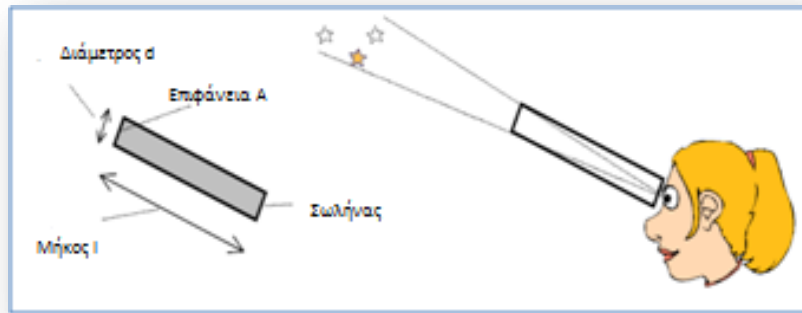
και έτσι:

$$E = 6,28 \cdot 30 \cdot 0,61 = 114,924 \text{ cm}^2$$

άρα η ακριβής τιμή του πολλαπλασιαστή είναι $11304/114,924=98,36$.

Η αμελητέα αυτή διαφορά δεν μπορεί να δικαιολογήσει τους μικρούς αριθμούς αστείων που υπολογίσθηκαν.

Στη συνέχεια ελέγχονται οι αδυναμίες της διαδικασίας δειγματοληψίας όπως η αστάθεια του χεριού κατά την παρατήρηση. Προτείνονται διάφορες κυλινδρικές διατάξεις (Σχήμα 6) για τον ίδια διαδικασία οι οποίες μπορούν να σταθεροποιηθούν σε κοντάρι σταθερής κατεύθυνσης. Ωστόσο οι διατάξεις αυτές δίνουν πλεονέκτημα μόνο όταν η διάμετρος τους είναι αρκετά μεγάλη ώστε να περιλαμβάνει ένα αξιόπιστο αριθμό άστρων.



Σχήμα 6. Χρήση κυλίνδρων τοποθετημένων πάνω σε άξονα μπορεί να ελαττώσει την αστάθεια του χεριού.

Οι μαθητές αντιλήφθηκαν τελικά ότι όσο κι αν βελτιωθούν η σχεδίαση και η πρακτική της διαδικασίας δειγματοληψίας το θέμα του μικρού αριθμού παρατηρούμενων άστρων παραμένει. Έτσι εισάγονται στο πρόβλημα της φωτορύπανσης των αστικών περιοχών και συνειδητοποιούν ότι η πλειοψηφία των σύγχρονων ανθρώπων διαθέτει περιορισμένες ευκαιρίες να απολαύσει το θέαμα που αντίκριζε το γυμνό μάτι ενός πρωτόγονου ή ενός στοχαστή-επιστήμονα παλαιότερων εποχών.

Η 5^η Διδακτική φάση περιλαμβάνει Ανάδραση-Παρουσίαση ερμηνείας και προτάσεις επιπλέον εφαρμογών. Παρατίθεται στη συνέχεια ένα απόσπασμα από υποβληθείσα αναφορά μαθητή όπου φαίνεται καθαρά η δημιουργία επιστημονικού προτύπου μίμησης και η καλλιέργεια στάσης:

...Τα βήματα του Ίππαρχου του Ρόδιου, που όχι άδικα θεωρείται «πατέρας της Αστρονομίας» και θεμελιωτής της Τριγωνομετρίας, αποφάσισα να ακολουθήσω εκτιμώντας τον αριθμό των άστρων με αβοήθητο μάτι –όπως εκείνος- που κατάφερε επιπλέον να τα ταξινομήσει με βάση τη φωτεινότητά τους, δηλαδή με βάση το φαινόμενο μέγεθος τους ...

Στα πλαίσια του αναστοχασμού για την ίδια τη διαδικασία και για τις δυνατότητες επέκτασής της προτάθηκαν ενδιαφέρουσες ιδέες που μπορούν να αποτελέσουν την απαρχή νέων διερευνητικών εργασιών.

Μεταξύ άλλων προτάθηκε η διερεύνηση της απόκρυψης των άστρων από μετεωρολογικά φαινόμενα. Η εξέταση της σχέσης μεταξύ αριθμού ορατών άστρων και εμφάνισης αχλίδος αν και αντικειμενικά δύσκολη παρουσιάζει αρκετό ενδιαφέρον.

Επίσης προτάθηκαν δύο διερευνήσεις επικάλυψης από φυσικές φωτεινές πηγές. Η εξέταση της σχέσης μεταξύ αριθμού ορατών άστρων και φάσεων της σελήνης αποτελεί την πρώτη πρόταση ενώ η εξέταση της σταδιακής εμφάνισης-εξαφάνισης ορατών άστρων κατά την ανατολή-δύση του ήλιου αποτελεί τη δεύτερη.

Ενδιαφέρουσα φαίνεται ακόμη η διερεύνηση της φυσιολογίας οφθαλμού μέσα από τον προσδιορισμό του αριθμού ορατών άστρων. Η εξέταση του χρόνου προσαρμογής του ματιού στο

νυκτερινό ουρανό αποτελεί την πρώτη πρόταση. Κατά μέσο όρο ένα νεαρό μάτι προσαρμόζεται πλήρως σε 20 min. Οι λεπτομέρειες της προσαρμογής μπορούν να αποτελέσουν ξεχωριστή διερεύνηση. Η εξέταση της σχέσης μεταξύ ηλικίας και ευαισθησίας του ματιού αποτελεί την δεύτερη πρόταση. Το μάτι ενός 25χρονου είναι τρεις φορές πιο ευαίσθητο από εκείνο ενός 65χρονου. Η λεπτομερής σχέση μεταξύ ηλικίας και αριθμού ορατών άστρων φαίνεται εξαιρετικά ενδιαφέροντα.

Συμπεράσματα

Η εκτίμηση του πλήθους των αστέρων που παρατηρούμε με γυμνό μάτι αποδείχθηκε στην πράξη μια εξαιρετική διερευνητική δραστηριότητα με επιστημονικό ενδιαφέρον για αρκετούς μαθητές και πλούσιο εκπαιδευτικό περιεχόμενο. Παρά τους περιορισμούς που συνόδευαν την εφαρμογή της σε ένα σχολικό περιβάλλον όπως αυτό του χειμερινού σχολείου αστρονομίας, η δραστηριότητα διεκπεραιώθηκε με τέτοια επιτυχία που θεωρείται βέβαιο ότι και στα πλαίσια της σχολικής πραγματικότητας των Γυμνασίων και Λυκείων μπορεί να προσφέρει.

Η προσφορά της δεν περιορίζεται μόνο στη διεξαγωγή μιας εφαρμόσιμης και ελεγμένης δραστηριότητας-εργασίας αλλά επεκτείνεται στην απαραίτητη κάλυψη του γνωστικού κενού που έχει παρατηρηθεί μεταξύ των μαθητών από τότε που το μάθημα της αστρονομίας έχει εξορισθεί από το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών.

Βιβλιογραφία

- Causeret, P., Fouquet, J.L., Sarrazin – Vilas, L. (2005). *Le ciel à portée de main*, Ed. BELIN.
- Persidis, S. (2007). *Mathematical handbook*. Alive books, ESPI, Athens.
- Spanos S. and Xenakis, C. (2013). *Learning Astronomy through Inquiry and by means of Self-Constructions*. Published by Astronomy and Space Society & Ellinogermaniki Agogi, Athens pp 191.
- Spanos, S. and Vatsios, X. (2012). An attempt for teaching Meteorological Instruments to the students of Agriculture by using Self-Constructions. In C. G. Helmis and P. T. Nastos (eds) *Advances in Meteorology Climatology and Atmospheric Physics*, 301-307 Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Γαβρίλη, Κ., Μεταξά, Μ., Νιάρχος, Π., Παπαμιχάλης, Κ. (1999). *Στοιχεία Αστρονομίας και Διαστημικής*, Β' ΓΕΛ, Εκδόσεις ΟΕΔΒ, Αθήνα.
- Μαυρομάτης, Κ. (2011). *Στοιχεία Αστρονομίας, Αστροφυσικής και Διαστημικής*, βιβλία του μαθητή, τεύχη 1, 2, Εκδόσεις Εταιρεία Αστρονομίας και Διαστήματος, Βόλος, 2011.
- Ξενάκης, Χ., και Σπανός Σ. (2012). *Στοιχεία Αστρονομίας Αστροφυσικής και Διαστημικής*, τεύχος 4ο, *Διερευνητικές Εργασίες (Projects), Πειραματικές Δραστηριότητες και Πρακτικές Εφαρμογές*. Εκδόσεις Εταιρείας Αστρονομίας και Διαστήματος, Βόλος σελ. 127.



Ο Σεραφεΐμ Σπανός αποφοίτησε από το Φυσικό τμήμα του Πανεπιστημίου Αθηνών και πραγματοποίησε μεταπτυχιακές σπουδές στο ίδιο Πανεπιστήμιο με αντικείμενο την μετεωρολογία. Εργάζεται από το 2000 στη Μέση Εκπαίδευση ως καθηγητής κλάδου ΠΕ04. Παράλληλα ολοκλήρωσε τη διδακτορική του διατριβή στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης σε θέματα Συνοπτικής Κλιματολογίας. Έχει υπηρετήσει επί τετραετία στη θέση του Υπευθύνου στο ΕΚΦΕ Μαγνησίας ενώ από το 2011 έως σήμερα είναι διευθυντής στο Γυμνάσιο Ιωλκού.



Ο Χρίστος Ξενάκης σπούδασε Φυσική στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Πραγματοποίησε μεταπτυχιακές σπουδές στη Διδακτική Φυσικών Επιστημών και πήρε Διδακτορικό δίπλωμα στη Φυσική με εξειδικεύσεις στο Παρίσι, στη Λυών και στο Σαουθάμπτον της Αγγλίας. Έχει διδάξει στη Μέση Εκπαίδευση ως καθηγητής Φυσικής, ενώ υπήρξε Διευθυντής Λυκείου, Σχολικός Σύμβουλος Φυσικών Επιστημών, Πάρεδρος ε.θ. του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου, καθηγητής Φυσικής και Συντονιστής του Τομέα Φυσικών Επιστημών στο European School of Brussels III (Βέλγιο).

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.

Κατασκευή και βαθμονόμηση ενός θερμομέτρου στην τάξη

Παναγιώτης Μουρούζης

Εισαγωγή

Αλήθεια, πόσο δύσκολο είναι να φτιάξει κάποιος ένα θερμομέτρο; Πόσο δύσκολο να το βαθμονομήσει; Τι γνώσεις πρέπει να έχει ώστε να μπορεί να κάνει μία τέτοια κατασκευή και βαθμονόμηση; Σε αυτά και σε άλλα ερωτήματα θα προσπαθήσουμε να απαντήσουμε σε αυτό το άρθρο. Σκοπός μας είναι να προτείνουμε την κατασκευή και τη βαθμονόμηση ενός θερμομέτρου για την υποστήριξη του 4ου φύλλου εργασίας της Φυσικής της Α΄ Γυμνασίου (Καλκάνης κ.α., 2013).

Η θερμική διαστολή

Η κυβική θερμική διαστολή των σωμάτων, η αύξηση ΔV του όγκου ενός σώματος, περιγράφεται εν γένει από τη σχέση:

$$\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta \theta \quad (1)$$

όπου γ είναι ο συντελεστής κυβικής διαστολής, V_0 ο αρχικός όγκος του σώματος και $\Delta \theta$ η μεταβολή της θερμοκρασίας του.

Ο συντελεστής γ εξαρτάται από αν το σώμα είναι στερεό, υγρό ή αέριο αλλά για σώματα στη στερεή ή υγρή κατάσταση εξαρτάται από το υλικό. Γενικά, μεγαλύτερο συντελεστή γ έχουν τα αέρια, ακολουθούν τα υγρά και έπονται τα στερεά. Στον Πίνακα 1 δίνονται μερικές ενδεικτικές τιμές για στερεά και υγρά.

Αντίστοιχα, όλα τα αέρια έχουν σχεδόν τον ίδιο κυβικό συντελεστή ο οποίος ισούται περίπου με $\gamma = 3333 \cdot 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$, όπως προκύπτει από την καταστατική εξίσωση των αερίων (1).

Από τη σχέση (1) προκύπτει ότι η μεταβολή του όγκου είναι ανάλογη με τη μεταβολή της θερμοκρασίας. Συνεπώς, αυτή η σχέση αναλογίας μπορεί να αξιοποιηθεί για τη μέτρηση

θερμοκρασιών μέσω της μέτρησης μηκών. Αυτή είναι, πράγματι, η βασική αρχή λειτουργίας των θερμομέτρων.

ΣΤΕΡΕΑ	
γυαλί pyrex	$4,0 \times 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$
αλουμίνιο	$71,7 \times 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$
χαλκός	$50,4 \times 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$
χρυσός	$58,8 \times 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$
σίδηρος	$36,6 \times 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$
πάγος (-10 έως 0 °C)	$152,1 \times 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$
ΥΓΡΑ	
νερό	$207 \times 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$
υδράργυρος	$182 \times 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$
γλυκερίνη	$505 \times 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$
βρώμιο	$1132 \times 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$
αιθανόλη	$1120 \times 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$
πετρέλαιο	$900 \times 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$

Πίνακας 1. Ενδεικτικές τιμές του συντελεστή κυβικής διαστολής γ (Μπεθάνης, 2014).

Επιλέγοντας τα υλικά κατασκευής ενός θερμομέτρου καθημερινής χρήσης

Τι φυσικής κατάστασης σώμα είναι βολικό να χρησιμοποιήσουμε, του οποίου η θερμική διαστολή θα αντιστοιχηθεί με τη μεταβολή της θερμοκρασίας; Στερεό, υγρό ή αέριο; Εξαρτάται. Για ένα θερμόμετρο καθημερινής χρήσης είναι δύσκολο να χρησιμοποιήσουμε κάποιο στερεό υλικό γιατί ο θερμικός συντελεστής κυβικής διαστολής γ είναι πολύ μικρός, οπότε δεν θα έχουμε μία αξιόλογη αύξηση του μήκους (εκτός βέβαια αν θα θέλαμε να μετρήσουμε πολύ ψηλές θερμοκρασίες). Από την άλλη, ούτε αέριο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε εύκολα, αφού λόγω του πολύ μεγάλου συντελεστή γ θα είχαμε μεγάλες μεταβολές του όγκου (εκτός αν θέλαμε ένα ευαίσθητο θερμόμετρο που να μετράει μικρές μεταβολές θερμοκρασίας). Μοιάζει, λοιπόν, το καταλληλότερο μέσο για ένα θερμόμετρο καθημερινής χρήσης να είναι κάποιο υγρό.

Ποιο υγρό θα χρησιμοποιήσουμε;

Κάθε υγρό έχει ένα συγκεκριμένο σημείο πήξης και ένα σημείο βρασμού. Για να λειτουργεί σωστά το θερμόμετρό μας, θα πρέπει το υγρό να μην αλλάζει φάση στο εύρος των θερμοκρασιών που επιθυμούμε να χρησιμοποιηθεί: έστω από $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ έως $110 \text{ }^\circ\text{C}$. Άρα, θα πρέπει να έχει σημείο πήξης μικρότερο από $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ και σημείο βρασμού μεγαλύτερο από $110 \text{ }^\circ\text{C}$. Έτσι ένα τέτοιο θερμόμετρο δεν μπορεί να περιέχει οινόπνευμα το οποίο έχει σημείο βρασμού $78 \text{ }^\circ\text{C}$. Συνεπώς, τα θερμόμετρα του εμπορίου που θερμομετρούν σε αυτό το εύρος θερμοκρασιών κακώς λέγονται θερμόμετρα οινόπνευματος καθώς δεν περιέχουν οινόπνευμα. Ακόμη και αν είναι κλεισμένος ο σωλήνας που περιέχει το υγρό, για να βράζει το οινόπνευμα πάνω από τους $110 \text{ }^\circ\text{C}$ θα πρέπει η πίεση στο σωλήνα

να είναι αρκετές ατμόσφαιρες, γεγονός που θα καθιστούσε ακριβή και δύσκολη την κατασκευή ενός τέτοιου θερμομέτρου.

Επίσης, η διαστολή του υγρού που θα χρησιμοποιήσουμε θα πρέπει να μην είναι «ανώμαλη» όπως αυτή του νερού. Στην περίπτωση του νερού, από την ανάγνωση της στήλης δεν μπορούμε να αποφανθούμε μονοσήμαντα σχετικά με τη θερμοκρασία του, αφού για το ίδιο ύψος της στήλης νερού γύρω από τους 4 0C που παρουσιάζει την μεγαλύτερη πυκνότητα, αντιστοιχούν δύο διαφορετικές θερμοκρασίες. Επιπλέον, η διαστολή του νερού για μεγαλύτερες θερμοκρασίες δεν είναι γραμμική.

Ένα υγρό που μπορούμε, σύμφωνα με τα παραπάνω, να χρησιμοποιήσουμε είναι το πετρέλαιο αφού αυτό έχει σημείο βρασμού πάνω από 200 0C, σημείο πήξης χαμηλότερο από -40 0C, αλλά και μεγάλο συντελεστή διαστολής σε σχέση με άλλα υγρά όπως φαίνεται από τον Πίνακα 1. Πράγματι, τα σύγχρονα θερμοόμετρα που μετράνε στην κλίμακα -10 0C έως 110 0C, περιέχουν είτε πετρέλαιο είτε τολουόλιο με προσθήκη κάποιας χρωστικής ουσίας. Επίσης, στην κλίμακα για την οποία θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε το θερμοόμετρο, η αύξηση του όγκου του πετρελαίου είναι ανάλογη της αύξησης της θερμοκρασίας του, αποφεύγοντας προβλήματα όπως αυτά που προκύπτουν από την «ανώμαλη» συμπεριφορά του νερού.

Στο σημείο αυτό ίσως γεννηθεί στον αναγνώστη η απορία γιατί, παρά όλα τα παραπάνω, για πάρα πολλά χρόνια, μέχρι πρόσφατα, επιλεγόταν ως υγρό ο υδράργυρος. Μάλιστα, όπως βλέπουμε από τον Πίνακα 1, ο υδράργυρος έχει το μικρότερο συντελεστή διαστολής από τα υπόλοιπα υγρά. Υπάρχουν δύο σοβαροί λόγοι για την επιλογή του.

Ο πρώτος έχει να κάνει με το μεγάλο σημείο βρασμού του υδραργύρου που ισούται με 356,7 0C, γεγονός που τον καθιστά το καταλληλότερο υλικό για τη κατασκευή θερμομέτρου το οποίο να μπορεί να μετράει υψηλές θερμοκρασίες, αφού τα υπόλοιπα διαδεδομένα υγρά έχουν αρκετά χαμηλότερο σημείο βρασμού.

Ο δεύτερος λόγος είναι ότι με τη χρήση του υδραργύρου μπορούμε να φτιάξουμε ένα θερμοόμετρο που να διατηρεί προς ανάγνωση τη μέγιστη καταγεγραμμένη θερμοκρασία. Για το λόγο αυτό δημιουργείται ένα στένωμα στη βάση του θερμομέτρου. Έτσι, όταν ο όγκος του υδραργύρου τείνει να ελαττωθεί λόγω της ελάττωσης της θερμοκρασίας, ο υδράργυρος πρέπει να περάσει από αυτό το στένωμα. Όμως, λόγω της μεταλλικής φύσης του υγρού δεν υπάρχει η απαιτούμενη δύναμη συνοχής ώστε να υπάρχει ροή μέσα από το στένωμα, με αποτέλεσμα η ροή να διακόπτεται. Έτσι, το θερμοόμετρο συνεχίζει να δείχνει τη μέγιστη θερμοκρασία που κατέγραψε. Αυτά τα θερμοόμετρα είναι κατάλληλα για ιατρικούς σκοπούς, αφού σε αυτή την περίπτωση αφαιρώντας το θερμοόμετρο από τον ασθενή, δεν πέφτει η στάθμη του υδραργύρου οπότε μπορούμε να διαβάσουμε τη θερμοκρασία του ασθενούς. Με ένα απλό τίναγμα, χρησιμοποιώντας την αρχή της αδράνειας, «βοηθάμε» τον υδράργυρο να περάσει από το στένωμα και επαναφέρουμε το θερμοόμετρο στην αρχική του κατάσταση.

Εναπομείναντα προβλήματα προς λύση

Έχοντας επιλέξει το υγρό που θα χρησιμοποιηθεί για να αντιστοιχηθούν οι μεταβολές του όγκου του με την ένδειξη της θερμοκρασίας, δεν έχουν λυθεί και όλα τα προβλήματα που συναντήσει κανείς στην πράξη. Θα πρέπει να γίνουν μερικές ακόμη επιλογές.

Για την εύκολη και ακριβή βαθμονόμηση ενός θερμομέτρου θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένας σωλήνας κυλινδρικός ή πρισματικός, ώστε η αύξηση του όγκου του υγρού να είναι ανάλογη με την αύξηση του ύψους της στήλης στο σωλήνα.

Η διαστολή του υλικού του σωλήνα μέσα στο οποίο είναι το υγρό θα πρέπει να είναι πολύ μικρότερη από τη διαστολή του υγρού ώστε η ανύψωση της στήλης του υγρού στο σωλήνα να παραμένει ανάλογη της αύξησης του όγκου του υγρού που περιέχει. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να επιλεγεί ένα υλικό το οποίο να έχει συντελεστή διαστολής γ πολύ μικρότερο από αυτόν του υγρού, για παράδειγμα του πετρελαίου. Αυτό συμβαίνει για το γυαλί, αφού σύμφωνα με τον Πίνακα 1 είναι $\gamma_{\text{γυαλιού}} \ll \gamma_{\text{πετρελαίου}}$, αλλά δεν συμβαίνει για παράδειγμα για το πλαστικό. Άρα, ο σωλήνας που θα χρησιμοποιηθεί προτείνεται να είναι γυάλινος και σε καμία περίπτωση πλαστικός.

Τέλος, θα πρέπει η θερμοχωρητικότητα του θερμομέτρου να είναι αρκετά μικρότερη από τη θερμοχωρητικότητα του σώματος που θερμομετρούμε, ώστε όταν σώμα και θερμοόμετρο έρθουν σε θερμική επαφή η τελική θερμοκρασία του σώματος να μην διαφέρει αισθητά από την αρχική θερμοκρασία του σώματος. Κατά συνέπεια το μέγεθος του θερμομέτρου πρέπει να είναι σχετικά μικρό συγκρινόμενο με το προς θερμομέτρηση αντικείμενο [2].

Ένα σύντομο χρονικό της βαθμονόμησης των θερμομέτρων

Μολονότι όργανα μέτρησης της θερμοκρασίας, τα θερμοσκόπια, είχαν επινοηθεί ήδη από τον Ήρωνα και το Φίλωνα, ήταν ο Γαλιλαίος που εφηύρε ένα στοιχειώδες θερμοσκόπιο νερού, το οποίο, για πρώτη φορά, έδωσε τη δυνατότητα να μετρηθούν οι μεταβολές της θερμοκρασίας. Το θερμοσκόπιο αυτό βασίζεται στην αρχή της διαστολής του αέρα μέσα σε ένα σωλήνα.

Ο πρώτος που έφτιαξε ένα θερμοόμετρο όπως αυτά που χρησιμοποιούνται σήμερα, φαίνεται να είναι ο Φαρενάιτ το 1724. Αρχικά χρησιμοποίησε οινόπνευμα και στη συνέχεια υδράργυρο. Για να βαθμονομήσει το θερμοόμετρό του ο Φαρενάιτ έπρεπε να επιλέξει δύο σταθερές θερμοκρασίες. Αρχικά παρατήρησε ότι αν σε νερό με πάγο διαλύσει κάποιο αλάτι η θερμοκρασία του διαλύματος πέφτει αρκετά. Το πόσο πολύ πέφτει εξαρτάται από το είδος του αλατιού καθώς και την ποσότητα του αλατιού που θα διαλυθεί. Ο Φαρενάιτ διαπίστωσε ότι η θερμοκρασία πέφτει περισσότερο όταν διαλύεται στο νερό με πάγο χλωριούχο αμμώνιο. Αυτό οφείλεται στη μικρή γραμμομοριακή μάζα καθώς και στη μεγάλη διαλυτότητα αυτού του αλατιού. Με τη διάλυση λοιπόν χλωριούχου αμμωνίου σε νερό με πάγο πέτυχε τη μικρότερη θερμοκρασία που μπορούσε να σημειώσει στο εργαστήριό του. Τη θερμοκρασία αυτή την αντιστοίχισε σε 0 βαθμούς επειδή δεν επιθυμούσε την αναφορά αρνητικών θερμοκρασιών. Τους 100 βαθμούς, πιθανολογείται, ότι τους αντιστοίχισε στη θερμοκρασία του

αλόγου του, αφού διαπίστωσε ότι τα άλογα διατηρούσαν σταθερή θερμοκρασία και μάλιστα μεγαλύτερη από αυτή των ανθρώπων.

Ο δεύτερος που πρότεινε μία άλλη κλίμακα μέτρησης της θερμοκρασίας ήταν ο Κέλσιος το 1741. Αντιστοίχισε το 0 με τη θερμοκρασία βρασμού του νερού και το 100 με τη θερμοκρασία που το νερό συνυπάρχει με τον πάγο. Πιθανολογώ ότι και αυτός το έκανε για να μην παρουσιάζονται στην πράξη αρνητικές θερμοκρασίες, αφού πολλές φορές χρειαζόταν να μετρηθούν θερμοκρασίες κάτω από τη θερμοκρασία πήξεως του νερού, ενώ εκείνη την εποχή σπάνια χρειαζόταν να μετρηθούν θερμοκρασίες πάνω από το σημείο βρασμού του νερού. Μετά το θάνατό του ο Λιμναίος πρότεινε την αντιστροφή της κλίμακας.

Οι 0 βαθμοί Φαρενάιτ αντιστοιχούν περίπου στους -18 βαθμούς Κελσίου και οι 100 βαθμοί Φαρενάιτ στους 38 βαθμούς Κελσίου. Δηλαδή αν έχετε νερό με πάγο και διαλύσετε αρκετό χλωριούχο αμμώνιο, η θερμοκρασία θα κατέβει στους -18 °C ενώ αν θερμομετρήσετε ένα άλογο θα βρείτε ότι έχει θερμοκρασία 38 °C.

Τέλος, γύρω στο 1860 ο Κέλβιν πρότεινε την κλίμακα της απόλυτης θερμοκρασίας η οποία έχει ως κατώτερο σημείο το 0 το οποίο αντιστοιχεί στους -273,15 °C. Σε αυτή την κλίμακα δεν υπάρχουν εξ ορισμού αρνητικές θερμοκρασίες.

Βαθμονομώντας ένας θερμομόμετρο στην τάξη

Στο πλαίσιο του μαθήματος της Φυσικής της Α' Γυμνασίου, προβλέπεται, στο 4ο φύλλο εργασίας (Καλκάνης κ.α., 2013), η βαθμονόμηση ενός ήδη βαθμονομημένου θερμομέτρου. Η βαθμονόμηση ενός ήδη έτοιμου θερμομέτρου κρύβει όλη τη Φυσική που βρίσκεται πίσω από αυτήν. Συγκεκριμένα στερεί από τους μαθητές να μάθουν ότι:

- Η θερμοκρασία του νερού γύρω από τον πάγο είναι πάντα η ίδια ανεξάρτητα της ποσότητας του νερού ή του πάγου.
- Η θερμοκρασία του νερού που βράζει είναι πάντα η ίδια ανεξάρτητα της ποσότητας του νερού που βράζει.
- Αν βαθμονομήσουμε με 0 την κλίμακα στην πρώτη περίπτωση και με 100 στη δεύτερη, τότε βυθίζοντας το θερμομόμετρο σε νερό θερμοκρασίας 50 βαθμών η στάθμη της στήλης του υγρού του θερμομέτρου θα ανέβει ακριβώς στη μέση (γραμμικότητα).

Μία εναλλακτική πρόταση

Προτείνουμε ότι αντί οι μαθητές να βαθμονομήσουν ένα έτοιμο θερμομόμετρο, να φτιάξουν και να βαθμονομήσουν ένα θερμομόμετρο αερίου, όπως αυτό του Γαλιλαίου. Μία τέτοια κατασκευή μπορεί και πρέπει να αναδείξει, επιπλέον από τα παραπάνω, ότι η μέτρηση της θερμοκρασίας μπορεί να γίνει με τη βοήθεια του νόμου της διαστολής των σωμάτων. Όταν τα αέρια ζεσταίνονται τότε διαστέλλονται, εφόσον η πίεση είναι σταθερή.

Η κατασκευή του θερμομέτρου έχει τα εξής πλεονεκτήματα:

1. γίνεται με απλά και ακίνδυνα μέσα
2. η βαθμονόμηση γίνεται σχετικά εύκολα
3. μπορούμε να συγκρίνουμε με αυτό αντικειμενικά δύο σώματα με την ίδια περίπου θερμοκρασία
4. μας επιτρέπει να μιλήσουμε για την ακρίβεια μέτρησης των οργάνων

Κατασκευή και βαθμονόμηση του θερμομέτρου

Υλικά που απαιτούνται:

- Ένα γυάλινο μπουκαλάκι, από φάρμακο ή από ούζο, όγκου 50 mL.
- Ένας γυάλινος σωλήνας μικρής διατομής και ύψους 25-30 cm
- Νερό βρύσης
- Λίγο τσάι ή άλλη χρωστική ουσία
- Κόλλα στεγανοποίησης ή θερμοσιλικόνη
- Βραστήρας
- Θερμόμετρο του εμπορίου ηλεκτρονικό ή πετρελαίου
- Μερικά μπουκάλια νερού όγκου 1,5 L
- Ψαλίδι
- Μαρκαδόρος

Προσθέτουμε στο μπουκαλάκι 25 mL χρωματιστό νερό [3]. Τοποθετούμε το γυάλινο σωλήνα μέσα στο μπουκάλι και τον στεγανοποιούμε με τη κόλλα στεγανοποίησης ή με θερμοσιλικόνη. Αυτό το στάδιο είναι πολύ σημαντικό για την επιτυχία κατασκευής του θερμομέτρου, αφού η μη καλή στεγανοποίηση επιτρέπει την εισαγωγή ή την εξαγωγή αέρα με αποτέλεσμα το θερμόμετρο να μη μετράει σωστά [4]. Αφού περιμένουμε μέχρι να στεγνώσει η κόλλα, προσθέτουμε χρωματιστό νερό στο γυάλινο σωλήνα ώστε να φθάσει το νερό λίγο πιο πάνω από το μπουκάλι (Εικόνα 1). Το θερμόμετρο είναι έτοιμο.

Απομένει η βαθμονόμησή του. Η διαδικασία που μπορεί να ακολουθηθεί είναι η εξής:

Σε δύο μπουκάλια νερού του 1,5L, από τα οποία έχουμε κόψει τα στόμια, προσθέτουμε νερό της βρύσης και νερό από το βραστήρα αντίστοιχα. Με τη βοήθεια του θερμομέτρου του εμπορίου και προσθαφαιρώντας νερό της βρύσης ή από τον βραστήρα, ρυθμίζουμε τη θερμοκρασία του νερού στο πρώτο μπουκάλι στους 20 °C και στο δεύτερο στους 60 °C. Τοποθετούμε τώρα το θερμόμετρό μας στα δύο μπουκάλια και σημειώνουμε τις δύο ενδείξεις. Χωρίζουμε το μεταξύ τους διάστημα σε 8 ίσα μέρη σημειώνοντάς τα με το μαρκαδόρο, ολοκληρώνοντας τη βαθμονόμηση του θερμομέτρου μας [5].



Εικόνα 1. Το ολοκληρωμένο θερμόμετρο.

Στη συνέχεια μπορούν να τεθούν στους μαθητές μία σειρά από προβλήματα. Ενδεικτικά, και ανάλογα που το χρόνο που υπάρχει, μπορείτε να καλέσετε τους μαθητές σας:

A. Να μετρήσουν τη θερμοκρασία μίας ποσότητας νερού. Σε ένα από τα παραπάνω κομμένα μπουκάλια νερού όγκου 1,5 L, βάζουμε νερό βρύσης και προσθέτουμε μία τυχαία ποσότητα από το νερό του βραστήρα. Ζητάμε από τους μαθητές να θερμομετρήσουν το νερό με το θερμόμετρό τους καθώς και με το θερμόμετρο του εμπορίου και να συγκρίνουν τα αποτελέσματα.

B. Να βρουν ποιο δοχείο περιέχει πιο ζεστό νερό. Παρέχουμε στους μαθητές δύο κομμένα μπουκάλια νερού όγκου 1,5 L γεμισμένα με ίσες ποσότητες νερού που οι θερμοκρασίες τους να διαφέρουν πολύ λίγο, περίπου 1-2 βαθμούς. Μπορούν να πουν ποιο είναι πιο ζεστό χρησιμοποιώντας τα χέρια τους; Μπορούν να βρουν ποιο είναι το πιο ζεστό, χρησιμοποιώντας το θερμόμετρό τους. Τελικά το θερμόμετρο που φτιάξανε είναι πιο ακριβές από τα αισθητήρια του σώματος μας ή όχι; Επεκτείνοντας αυτή τη δραστηριότητα, μπορούμε να ζητήσουμε από τους μαθητές να ελέγξουν ποια είναι η μικρότερη διαφορά θερμοκρασίας που μπορεί να έχουν δύο ποσότητες νερού ώστε να μπορούν, βάζοντας το χέρι τους μέσα σε αυτές, να συμπεράνουν με ασφάλεια ποια ποσότητα είναι η πιο ζεστή. Το ίδιο μπορεί να γίνει με το θερμόμετρο που φτιάξανε.

Σχόλια

[1]. Πράγματι, εφαρμόζοντας την καταστατική εξίσωση για αέριο σε δύο διαφορετικές καταστάσεις, με διαφορετικές θερμοκρασίες αλλά ίδια πίεση, θα έχουμε $P \cdot \Delta V = n \cdot R \cdot \Delta T$. Διαιρώντας, κατά μέλη, την εξίσωση αυτή με την καταστατική εξίσωση, $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$, προκύπτει:

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta T}{T} \Rightarrow \Delta V = \frac{1}{T} V \Delta \theta$$

Σε συνδυασμό με την σχέση (1) έχουμε ότι $\gamma = 1/T$. Έτσι, για $T = 300 \text{ K}$ είναι $\gamma = 3333 \cdot 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$.

[2]. Ας υποθέσουμε ότι το θερμόμετρο που θα φτιάξουμε έχει μία στήλη από γυάλινο σωλήνα με εμβαδό διατομής 20 mm^2 και ύψος αρκετό ώστε να μπορεί η στάθμη του πετρελαίου στο σωλήνα να μεταβάλλεται κατά 20 cm όταν η θερμοκρασία μεταβάλλεται από -10 C έως 110 C . Τότε η μεταβολή του όγκου θα είναι $20 \times 0,2 = 4 \text{ cm}^3$. Άρα χρησιμοποιώντας πετρέλαιο, από τη σχέση (1) θα έχουμε

$$V_0 = \frac{\Delta V}{\gamma \Delta \theta} = \frac{4}{9 \cdot 10^{-4} \cdot 120} \text{ cm}^3 = 37 \text{ cm}^3 \approx 37 \text{ mL}$$

Από την παραπάνω ανάλυση φαίνεται ότι ο όγκος ενός τέτοιου θερμομέτρου δεν είναι πολύ μικρότερος από τον όγκο μιας ποσότητας νερού που θέλουμε να μετρήσουμε τη θερμοκρασία της. Με αποτέλεσμα να έχουμε ένα υπολογίσιμο σφάλμα μέτρησης. Έτσι αν τοποθετήσουμε το θερμόμετρό μας σε δοχείο με 500 mL νερού θερμοκρασίας 60 C ενώ το πετρέλαιο έχει τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος περίπου 20 C , δεδομένου ότι η ειδική θερμότητα του πετρελαίου είναι $0,51 \text{ cal/g} \cdot \text{grad}$ θα μετρήσουμε θερμοκρασία $58,6 \text{ C}$ αφού θα ισχύει η σχέση

$$Q_1 = Q_2 \rightarrow 500 \cdot 1 \cdot (60 - \theta) = 37 \cdot 0,5 \cdot (\theta - 20) \rightarrow \theta = 58,6^\circ \text{C}$$

Ας σημειωθεί ότι στην ανάλυση αυτή δεν λήφθηκε υπόψη η θερμοχωρητικότητα και του γυαλιού η οποία προσθέτει επιπλέον σφάλματα.

[3]. Γιατί βάζουμε αρχικά 25 mL στο μπουκαλάκι; Θέλουμε να φτιάξουμε ένα θερμόμετρο που να μετράει θερμοκρασίες από 10 έως 90 βαθμούς Κελσίου σε μία κλίμακα μήκους 16 cm , λόγω των περιορισμών που θέτει το μήκος του σωλήνα που διαθέτουμε. Μετρήσαμε τον όγκο που έχει μία στήλη ύψους 16 cm στο γυάλινο σωλήνα και τον βρήκαμε 6 mL . Άρα θα πρέπει ο όγκος του αερίου που περιέχεται στο μπουκαλάκι των 50 mL να αυξάνεται κατά 6 mL όταν η θερμοκρασία μεταβάλλεται κατά $90 - 10 = 80$ βαθμούς Κελσίου. Από τη σχέση:

$$\Delta V = V \frac{\Delta T}{T}$$

με $T = 293 \text{ K}$ προκύπτει $V = 25 \text{ mL}$, επομένως θα πρέπει να προσθέσουμε $50 - 25 = 25 \text{ mL}$ νερό ώστε να μείνουν 25 mL αέρα.

[4]. Εναλλακτικά, θα μπορούσαμε να κλείσουμε το στόμιο του μπουκαλιού με το καπάκι του το οποίο θα έχουμε τρυπήσει κατάλληλα ώστε να περάσει ο γυάλινος σωλήνας μέσα από αυτό. Σε αυτή την περίπτωση στεγανοποιούμε τα κενά ανάμεσα στο σωλήνα και την τρύπα στο καπάκι.

[5]. Το συγκεκριμένο θερμόμετρο στηρίζεται στην μεταβολή του όγκου υπό σταθερή πίεση. Στην πραγματικότητα η πίεση μέσα στο μπουκάλι δεν παραμένει σταθερή, καθώς όταν το υγρό ανεβαίνει μέσα στο σωλήνα στην πίεση του αερίου προστίθεται και η υδροστατική πίεση του υγρού. Όταν το νερό ανέβει 20 cm η πίεση αυξάνεται κατά περίπου 2% . Η μεταβολή αυτή θα έχει ως αποτέλεσμα στη μέση της απόστασης μεταξύ 20 και 60 βαθμών της στήλης του θερμομέτρου μας μήκους 20 cm , η θερμοκρασία να είναι $39,8$ αντί για 40 που θα αναγράφεται. Άρα ένα τέτοιο σφάλμα είναι ασήμαντο και μπορεί να μην ληφθεί υπόψη.

[6]. Στο θερμόμετρό μας εισέρχεται και ένα σφάλμα λόγω της θερμοχωρητικότητας του θερμομέτρου μας που είναι αρκετά σημαντική σε σχέση με την ποσότητα του νερού που θέλουμε να θερμομετρήσουμε. Για να περιορίσουμε αυτό στο σφάλμα χρησιμοποιούμε μεγάλη ποσότητα νερού προς θερμομέτρηση, περίπου ενός λίτρου.

Βιβλιογραφία

Καλκάνης Γ., Γκικοπούλου Ο., Καπότης Ε., Γουσόπουλος Δ., Πατρινόπουλος Μ., Τσάκωνας Π., Δημητριάδης Π., Παπασίμπα Λ., Μιτζήθρας Κ., Καπόγιαννης Α., Σωτηρόπουλος Δ., 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*, ΙΤΥΕ – ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ

Μπεθάνης, Κ. (2014). *Ειδικά κεφάλαια Φυσικής για φοιτητές γεωπονικών επιστημών*. Διαθέσιμο στη διεύθυνση: <http://www.aua.gr/~bethanis/ch8.pdf>



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

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή

Κατασκευή ηλεκτροστατικής μηχανής Lebiez και διάφορων ηλεκτροστατικών διατάξεων με υλικά καθημερινής χρήσης

Χρήστος Πετούσης

Η συγκεκριμένη εργασία παρουσιάστηκε στους 8ους Πανελλήνιους Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών που διοργανώθηκαν από το Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω και την Ελληνική Συντονιστική Επιτροπή του ευρωπαϊκού προγράμματος Science on Stage-Europe στις 7-8 Νοεμβρίου 2014. Αναδημοσιεύεται εδώ μετά από άδεια από την κ. Ευγενία Τσιτοπούλου, Υπεύθυνη του Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω, που διατηρεί τα δικαιώματα έκδοσης των Πρακτικών των συγκεκριμένων αγώνων.

Τα ηλεκτροστατικά φαινόμενα διδάσκονται τόσο στο Γυμνάσιο όσο και στο Λύκειο. Ο διδάσκων έχει την ευκαιρία να παρουσιάσει και να επεξεργαστεί μαζί με τους μαθητές του μία σειρά από απλά και εντυπωσιακά φαινόμενα, χρησιμοποιώντας, μεταξύ άλλων, κάποια ηλεκτροστατική μηχανή. Ωστόσο, υπάρχουν πολλά σχολεία τα οποία είτε δεν διαθέτουν τέτοιες μηχανές είτε αν διαθέτουν παρουσιάζουν προβλήματα δυσλειτουργίας. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το ότι η αγορά τέτοιων μηχανών είναι αρκετά ακριβή, στερεί από τους συναδέλφους τη διδακτική αξιοποίηση ενός ιδιαίτερα εντυπωσιακού και εποπτικού εργαλείου.

Στο άρθρο αυτό θα παρουσιάσουμε αναλυτικά την πορεία κατασκευής μίας ηλεκτροστατικής μηχανής Lebiez με ελάχιστο κόστος διότι χρησιμοποιεί υλικά χαμηλής αξίας (ανακυκλώσιμα υλικά συσκευασίας και άλλα καθημερινά υλικά) και στοιχειώδη εργαλεία (ψαλίδι, πένσα, χάρακας, κόφτης) που υπάρχουν σε κάθε σπίτι.

Η μηχανή Lebiez είναι μια από τις πρώτες ηλεκτροστατικές μηχανές με τις οποίες οι ερευνητές προσπάθησαν να δημιουργήσουν μεγάλες τάσεις, χρήσιμες για τη μελέτη και κατανόηση των ηλεκτρικών φαινομένων. Η εκδοχή της που παρουσιάζεται εδώ μπορεί να δημιουργήσει τάση μεταξύ των πόλων της έως 40.000 Volt. Προτείνεται, επίσης και η κατασκευή μερικών απλών διατάξεων με τις οποίες μπορεί να καταδειχθεί η χρησιμότητά της. Έτσι, η ηλεκτροστατική μηχανή Lebiez μαζί με

τις προτεινόμενες διατάξεις μπορούν να αξιοποιηθούν για να γίνει επίδειξη και η διερεύνηση των παρακάτω ηλεκτροστατικών φαινομένων:

- Φόρτιση δύο κυλινδρικών πυκνωτών συνδεδεμένων σε σειρά.
- Δημιουργία ηλεκτρικών εκκενώσεων (σπινθήρων).
- Λειτουργία απλού ηλεκτροστατικού κινητήρα.
- Λειτουργία απλού ηλεκτροστατικού κινητήρα (Α) τύπου «corona».
- Λειτουργία απλού ηλεκτροστατικού κινητήρα (Β) τύπου «corona».
- Λειτουργία απλού ηλεκτροστατικού ταλαντωτή (Α).
- Λειτουργία απλού ηλεκτροστατικού ταλαντωτή (Β) «Franklin Bells».
- Άπωση και έλξη δύο φορτισμένων με ομώνυμα και ετερόνυμα φορτία σωμάτων αντίστοιχα.
- Φόρτιση ηλεκτρικού θυσάνου.

Πώς λειτουργεί;

Για την κατανόηση του τρόπου λειτουργίας κάθε προτεινόμενης κατασκευής ακολουθεί περιληπτική περιγραφή των διατάξεων και η αρχή λειτουργία τους.

Ηλεκτροστατικές Μηχανές

Οι ηλεκτροστατικές μηχανές (<http://www.coe.ufrj.br/~acmq/electrostatic.html>) είναι συσκευές διαχωρισμού και συγκέντρωσης ηλεκτρικών φορτίων σε δύο ακροδέκτες (θετικό και αρνητικό πόλο). Η τάση μεταξύ των δύο πόλων αυξάνει όσο λειτουργεί η μηχανή, όχι όμως απεριόριστα, λόγω διαρροής των ηλεκτρικών φορτίων στα διάφορα μέρη τους. Οι ηλεκτροστατικές μηχανές χωρίζονται συνήθως σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με τα φαινόμενα τριβής ή επαγωγής στα οποία στηρίζεται η δημιουργία των ηλεκτρικών φορτίων. Η κατασκευή της πρώτης ηλεκτροστατικής μηχανής έγινε το 1672 από τον Otto Van Guericke.

Η ηλεκτροστατική μηχανή Lebiez είναι η απλούστερη μορφή μιας ηλεκτροστατικής μηχανής Voss που κατασκευάστηκε για πρώτη φορά το 1895. Η λειτουργία της στηρίζεται σε επαγωγικά φαινόμενα. Αποτελείται από δύο δίσκους από μονωτικό υλικό από τους οποίους ο ένας είναι ακίνητος και ο άλλος (ο μικρότερος) περιστρέφεται μπροστά από αυτόν, όπως αναπαριστάται στο Σχήμα 1 (βλ. παρακάτω).

Ο σπινθηριστής είναι το μέρος της ηλεκτροστατικής μηχανής στο οποίο δημιουργούνται ηλεκτρικές εκκενώσεις (σπινθήρες). Αποτελείται από δύο σφαιρίδια που είναι αγωγικά συνδεδεμένα με τους πόλους της μηχανής. Η δημιουργία ηλεκτρικού σπινθήρα επιτυγχάνεται όταν η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου μεταξύ των σφαιριδίων ξεπεράσει μια ορισμένη τιμή, οπότε ο αέρας παύει να είναι μονωτής. Η τιμή αυτή είναι περίπου 30 KV/cm για τον ξηρό αέρα, που σημαίνει ότι αν η απόσταση των σφαιριδίων είναι 1cm, η διαφορά δυναμικού που αναπτύσσεται μεταξύ τους είναι 30.000V.

Πυκνωτές

Ο πρώτος πυκνωτής κατασκευάστηκε στο πανεπιστήμιο του Leyden στην Ολλανδία το 1745-1746 από τον καθηγητή Pieter Van Musschenbroek και είναι γνωστός ως φιάλη Leyden. Ένας πυκνωτής μπορεί να κατασκευασθεί με δύο μεταλλικές επιφάνειες μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται κάποιο μονωτικό υλικό. Ανάλογα με το σχήμα των μεταλλικών επιφανειών ο πυκνωτής ονομάζεται επίπεδος, σφαιρικός, κυλινδρικός. Οι μεταλλικές επιφάνειες του πυκνωτή φορτίζονται με ίσα και αντίθετα φορτία και αποτελούν τους οπλισμούς του πυκνωτή. Όσο περισσότερο φορτίο έχουν οι οπλισμοί του τόσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά δυναμικού μεταξύ τους.

Ηλεκτροστατικοί κινητήρες

Ο πρώτος ηλεκτροστατικός κινητήρας (<http://qsl.net/f3wm/sciences/jefimenko.html>) κατασκευάστηκε από τον Benjamin Franklin το 1748. Η λειτουργία του στηρίζεται στην ιδιότητα των ετερόνυμων ηλεκτρικών φορτίων να έλκονται και των ομώνυμων να απωθούνται. Τα απαιτούμενα φορτία για τη λειτουργία του βρίσκονται αποθηκευμένα σε δύο φιάλες Leyden. Η μία φιάλη έχει αποθηκευμένα θετικά φορτία και η άλλη αρνητικά. Μπροστά από κάθε φιάλη περνούν μικροί μεταλλικοί αγωγοί οι οποίοι φορτίζονται όταν έρχονται σε επαφή φορτίο με τη φιάλη και στη συνέχεια απωθούνται από αυτήν αναγκάζοντας τους αγωγούς σε περιστροφή. Το ξεκίνημα της μηχανής γίνεται σπρώχνοντας με το χέρι εκτός κι αν οι δυνάμεις τριβής που εμφανίζονται είναι μικρές οπότε ο κινητήρας μπορεί να ξεκινήσει μόνος του. Στη δική μας κατασκευή που ακολουθεί τα απαραίτητα για την κίνηση φορτία παρέχονται από την ηλεκτροστατική μηχανή Leibez.

Ο ηλεκτροστατικός κινητήρας τύπου «corona» αποτελείται από έναν πλαστικό δίσκο ή κύλινδρο πάνω στον οποίο μεταφέρονται φορτία με ιονισμό του αέρα από μεταλλικές ακίδες φορτισμένες εναλλάξ με θετικό και αρνητικό φορτίο και τον αναγκάζουν να περιστραφεί λόγω των απωστικών δυνάμεων που αναπτύσσονται μεταξύ των ομώνυμων φορτίων (Λιάρου και Κουρσούμης, 2011). Οι ακίδες συνδέονται στους πόλους ηλεκτροστατικής μηχανής. Στο ίδιο φαινόμενο στηρίζεται και η λειτουργία του ηλεκτρικού στροβίλου. Κατά το φαινόμενο «corona» μπορούν να παρατηρηθούν οπτικά, ακουστικά, ηλεκτρικά ακόμη και χημικά φαινόμενα (http://en.wikipedia.org/wiki/Corona_discharge).

Διάφορες απλές ηλεκτροστατικές κατασκευές

Το ηλεκτροστατικό εκκρεμές (Baddi, 2012) υποστηρίζεται ότι κατασκευάστηκε για πρώτη φορά είτε από τον Andrew Gordon, καθηγητή στο πανεπιστήμιο Erfurt στη Γερμανία το 1742, είτε από τον Benjamin Franklin. Σε κάθε περίπτωση, ένα μεταλλικό σφαιρίδιο πηγαινοέρχεται μεταξύ δύο αντίθετα φορτισμένων αγωγών, οι οποίοι μπορούν να έχουν οποιοδήποτε σχήμα. Αποτελεί το πρώτο πείραμα που υπέδειξε τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε μηχανική. Κατά την επαφή του με έναν από τους αγωγούς το σφαιρίδιο φορτίζεται με όμοιο φορτίο με αυτόν με αποτέλεσμα να απωθείται από

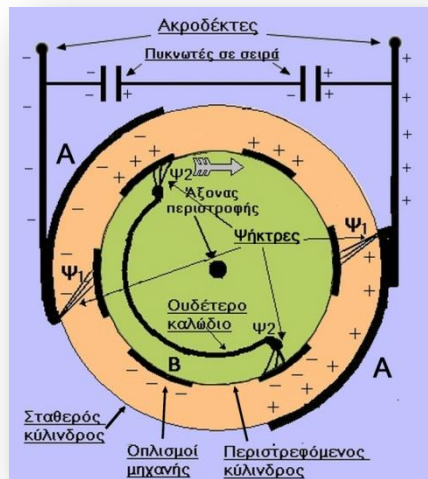
Σκουπιδομαζέματα-επιστημοσκορπίσματα

τον αγωγό αυτόν και να έλκεται από τον άλλο. Στο φαινόμενο αυτό στηρίζεται η λειτουργία των ταλαντωτών της προτεινόμενης κατασκευής που ακολουθεί.

Ο ηλεκτρικός θύσανος αποτελείται από μία μονωτική βάση στήριξης στην κορυφή της οποίας είναι στερεωμένα λεπτά νήματα ή πολύ λεπτές και εύκαμπτες λωρίδες χαρτιού. Όταν φορτίζουμε τη συσκευή τα νήματα ή οι χάρτινες λωρίδες αποκτούν όλες το ίδιο φορτίο με αποτέλεσμα να απωθούνται μεταξύ τους και να ανοίγουν.

Η κατασκευή της μηχανής Lebiez

Η ηλεκτροστατική μηχανή της προτεινόμενης κατασκευής είναι κυλινδρική και η σχηματική της διάταξη παρουσιάζεται στο Σχήμα 1. Ο αναγνώστης μπορεί να δει τα διάφορα στάδια που περιγράφονται παρακάτω σε αναλυτικό βίντεο το οποίο είναι διαθέσιμο στη διεύθυνση: <https://www.youtube.com/watch?v=WY7Yhvaxx0Q>.



Σχήμα 1. Σχηματική διάταξη της μηχανής Lebiez.

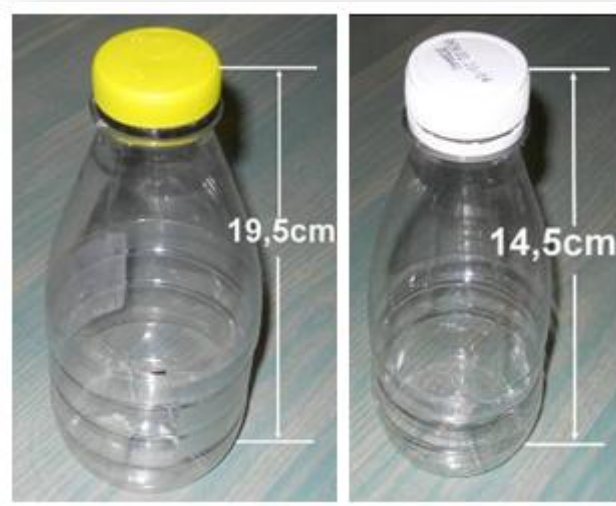


Εικόνα 1. Τα υλικά που απαιτούνται για τις κατασκευές.

Σκουπιδομαζέματα-επιστημοσκοπίσματα

Τα υλικά που απαιτούνται για την κατασκευή της, όσο και για την κατασκευή των υπόλοιπων διατάξεων της εργασίας αυτής, φαίνονται στην Εικόνα 1, και είναι τα εξής:

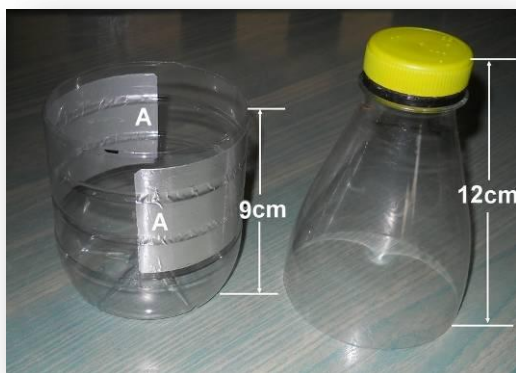
1. Ένα πλαστικό διαφανές μπουκάλι γάλακτος ενός λίτρου με διάμετρο 8 cm και ύψος 25 cm, το οποίο χρησιμοποιείται ως σταθερός κύλινδρος, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. Κόβουμε το μπουκάλι αυτό σε ύψος περίπου 9 cm από τη βάση του και αφαιρούμε από το κάτω μέρος του ένα κυλινδρικό κομμάτι ύψους 5 cm ώστε να αποκτήσει συνολικό ύψος 19,5 cm (Εικόνα 2α) για να μπορεί να συνδυαστεί με τα ξυλάκια που χρησιμοποιούνται στα σουβλάκια, τα οποία έχουν μήκος 22-24 cm. Τρυπάμε το καπάκι του με ένα καρφί που έχει ζεσταθεί στη φλόγα από ένα γκαζάκι, με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να περνάει ελεύθερα μέσα από την τρύπα ένα ξυλάκι από σουβλάκι. Με τον ίδιο τρόπο δημιουργούμε μία τρύπα στο κέντρο του πάτου του μπουκαλιού μέσα στην οποία θα διέλθει το ξυλάκι από σουβλάκι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα περιστροφής γύρω από σταθερό άξονα.



Εικόνα 2. α. (αριστερά) το μπουκάλι γάλακτος μετά το κόψιμό του, β. (δεξιά) το μπουκάλι κεφίρ, μετά το κόψιμό του.

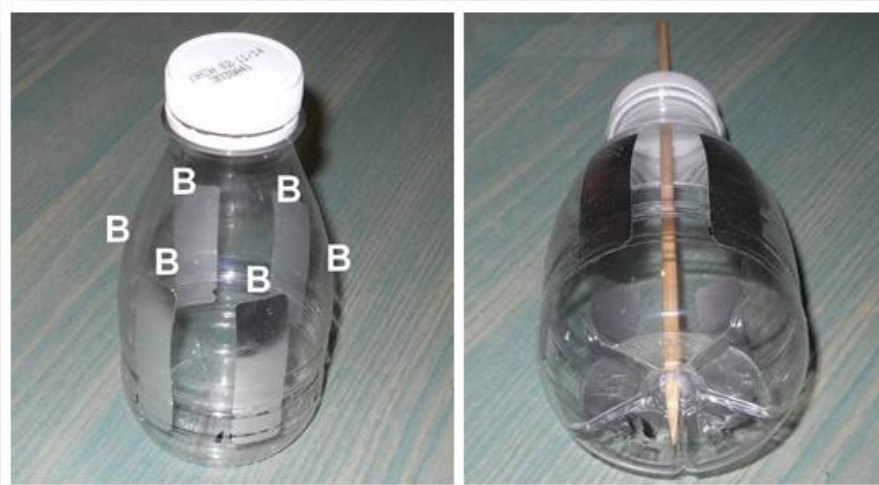
2. Ένα πλαστικό μπουκάλι κεφίρ του $\frac{1}{2}$ λίτρου με διάμετρο 7 cm και ύψος 19 cm, ή οποιοδήποτε πλαστικό μπουκάλι με αντίστοιχη διάμετρο. Το μπουκάλι αυτό χρησιμοποιείται ως περιστρεφόμενος κύλινδρος στο εσωτερικό του πρώτου, με βάση το Σχήμα 1. Κόβουμε από το μπουκάλι αυτό και αφαιρούμε ένα μέρος του ώστε να αποκτήσει συνολικό ύψος 14,5 cm όταν τα δύο κομμάτια μπουκάλι μπει το ένα μέσα στο άλλο (Εικόνα 2β), ώστε να μικρύνει το ύψος του και να μπορεί να περιστρέφεται μέσα στο μεγάλο.

3. Δύο κομμάτια αλουμινοταινία, με διαστάσεις 5x7 cm, τα οποία κολλούνται στο κάτω μέρος του σταθερού κυλίνδρου (μπουκάλι γάλακτος) αντιδιαμετρικά (Εικόνα 3) και αποτελούν τους ακροδέκτες (Α), όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.



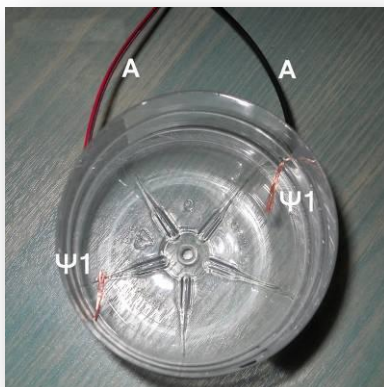
Εικόνα 3.

4. Έξι κομμάτια αλουμινοταινία, με διαστάσεις 6x1,6 cm, τα οποία κολλιούνται αντιδιαμετρικά στο μικρό μπουκάλι-κύλινδρο ανά 3,6 cm (Εικόνα 4α) και αποτελούν τους σπλισμούς (B) της μηχανής, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. Μετά την τοποθέτηση των κομματιών αυτών το μικρό μπουκάλι είναι πλέον ενιαίο και δεν μπορεί να χωριστεί στα δύο κομμάτια από τα οποία αποτελείται. Χρησιμοποιώντας ένα καρφί που έχει ζεσταθεί στη φλόγα από γκαζάκι, τρυπάμε το καπάκι και τη βάση του μπουκαλιού αυτού, περνάμε μέσα από τις δύο τρύπες σφικτά ένα ξυλάκι από σουβλάκι με μήκος 22 έως 24 cm, και το σταθεροποιούμε με κόλλα (αν χρειαστεί) έτσι ώστε όταν στρέφουμε το ξυλάκι να στρέφεται σταθερά και το μπουκάλι (Εικόνα 4β).



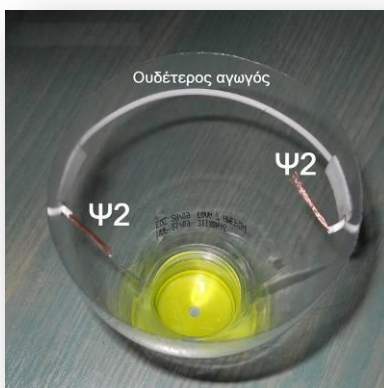
Εικόνα 4. α. (αριστερά) τοποθέτηση των σπλισμών (B). β. (δεξιά) τοποθέτηση του άξονα περιστροφής.

5. Δύο κομμάτια λεπτό πολύκλωνο καλώδιο, π.χ. ηχείων, με μήκος 25 cm το καθένα, τα οποία χρησιμοποιούνται για να γίνουν οι δύο ψήκτρες (Ψ_1 , Ψ_2) και οι δύο ακροδέκτες (A, A) (Εικόνα 5), όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.



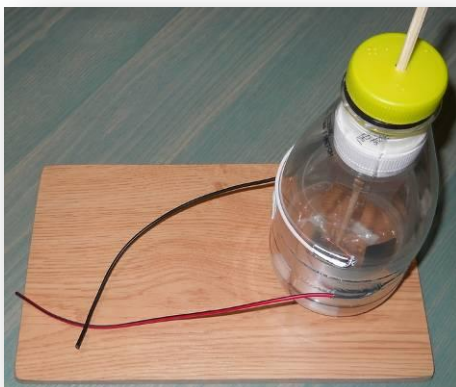
Εικόνα 5.

7. Ένα κομμάτι λεπτό καλώδιο με μήκος 17 cm, το οποίο χρησιμοποιείται για να γίνουν οι ψήκτρες (Ψ_2, Ψ_2) και ο ουδέτερος αγωγός, (Εικόνα 6) όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.



Εικόνα 6.

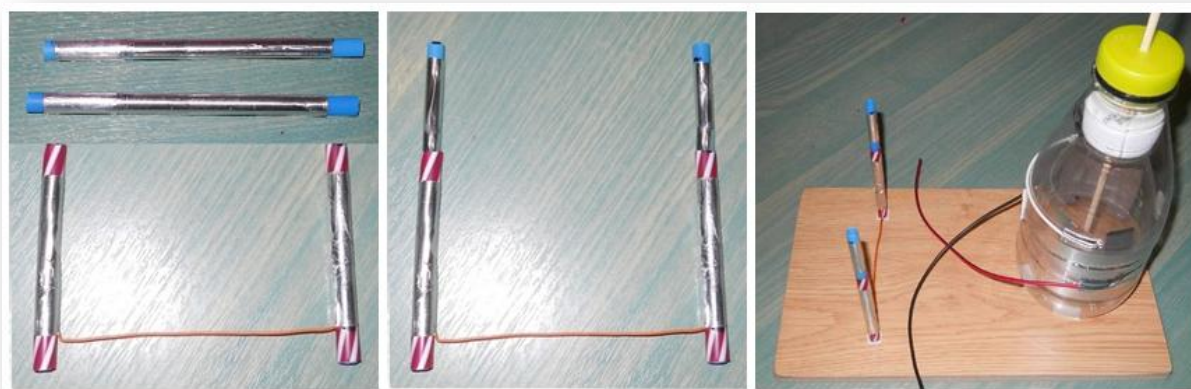
8. Μία ξύλινη βάση με διαστάσεις 20x25 cm, πάνω στην οποία συναρμολογείται σταδιακά όλη η κατασκευή, όπως φαίνεται στην Εικόνα 7. Συγκεκριμένα, κολλάμε αρχικά το κάτω μέρος του μπουκαλιού γάλακτος και τοποθετούμε στη συνέχεια το μπουκάλι κεφίρ έτσι ώστε η άκρη από το ξυλάκι από σουβλάκι που προεξέχει από αυτό να «καθίσει» σταθερά στην τρύπα που έχουμε δημιουργήσει στη βάση του πρώτου μπουκαλιού. Το πάνω μέρος του μπουκαλιού γάλακτος της Εικόνας 6 τοποθετείται στη συνέχεια έτσι ώστε το ξυλάκι να διέρχεται μέσα από την τρύπα στο καπάκι του και επιπλέον, οι ψήκτρες Ψ_2, Ψ_2 να βρίσκονται σε απόσταση 3 - 4 cm δεξιότερα από τις ψήκτρες Ψ_1, Ψ_1 της εικόνας 5, πάντοτε όμως στο εσωτερικό των ακροδεκτών Α, που βρίσκονται στο κάτω μέρος του ίδιου μπουκαλιού.



Εικόνα 7.

9. Κολλητική ταινία διπλής όψης με μήκος περίπου 20 cm, η οποία χρησιμοποιείται σε όλα τα σημεία που χρειάζεται συγκόλληση δύο υλικών, όπως για παράδειγμα του μπουκαλιού πάνω στην ξύλινη βάση (Εικόνα 7).

10. Δύο κομμάτια πλαστικά καλαμάκια με μήκος 11 cm, δύο φαρδύτερα καλαμάκια με μήκος 7 cm, δύο κομμάτια αλουμινοταινία 3,5x10cm, δύο κομμάτια αλουμινοταινία 3,5x5 cm, ένα κομμάτι μονόκλωνο καλώδιο με μήκος 13 cm. Στα δύο πρώτα καλαμάκια τυλίγουμε τα δύο πρώτα κομμάτια αλουμινοταινίας δημιουργώντας τους εσωτερικούς σπλισμούς των πυκνωτών (Εικόνα 8α). Στα δύο φαρδύτερα καλαμάκια τυλίγουμε τα άλλα δύο κομμάτια αλουμινοταινίας δημιουργώντας τους εξωτερικούς σπλισμούς των πυκνωτών οι οποίοι και ενώνονται μεταξύ τους με το σύρμα των 13 cm (Εικόνα 8α). Τοποθετούμε τους εσωτερικούς σπλισμούς μέσα στους εξωτερικούς (Εικόνα 8β) και στηρίζουμε το σύστημα στην ξύλινη βάση (Εικόνα 8γ).



Εικόνα 8. α. (αριστερά) το σύστημα των δύο εσωτερικών (πάνω) και εξωτερικών (κάτω) σπλισμών, β. σχηματισμός των πυκνωτών, γ. οι πυκνωτές τοποθετημένοι στη βασική διάταξη.

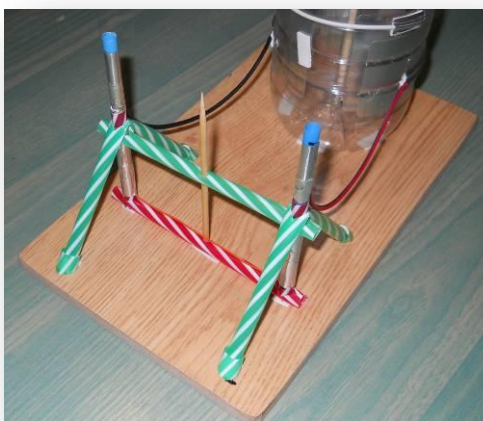
Η μηχανή Lebiez έχει ολοκληρωθεί. Προκειμένου να είναι πιο σταθερή, μπορούμε να κολλήσουμε μεταξύ τους τα δύο κομμάτια του εξωτερικού μπουκαλιού.

Διάφορες ηλεκτροστατικές διατάξεις

Περιστρέφοντας δεξιόστροφα με το χέρι το κομμάτι από το ξυλάκι που εξέρχει από το καπάκι του μπουκαλιού, φορτίζονται οι πυκνωτές και μία σειρά από ηλεκτροστατικά φαινόμενα μπορούν να δειχθούν. Αρκεί να κατασκευάσουμε και να αξιοποιήσουμε διάφορες διατάξεις, όπως αυτές των οποίων η λειτουργία παρουσιάστηκε παραπάνω. Ακολουθούν τα υλικά που απαιτούνται και οδηγίες συναρμολόγησης.

Βάση στήριξης διάφορων διατάξεων

Απαιτούνται δύο από τα φαρδύτερα πλαστικά καλαμάκια με μήκος 12 cm, άλλα δύο ίδια με μήκος 16 cm και ένα ξυλάκι από αυτά που χρησιμοποιούνται στα σουβλάκια με μήκος 10 cm. Ένας τρόπος υποστήριξης των πυκνωτών και κατασκευής βάσης στήριξης των υπόλοιπων ηλεκτροστατικών διατάξεων, φαίνεται στην Εικόνα 9. Σε κάθε περίπτωση, το ξυλάκι από το σουβλάκι πρέπει να τοποθετηθεί στη μέση της απόστασης των δύο πυκνωτών και στο ίδιο ύψος με αυτούς.



Εικόνα 9. Η βάση στήριξης των διάφορων διατάξεων.

Σπινθηριστές

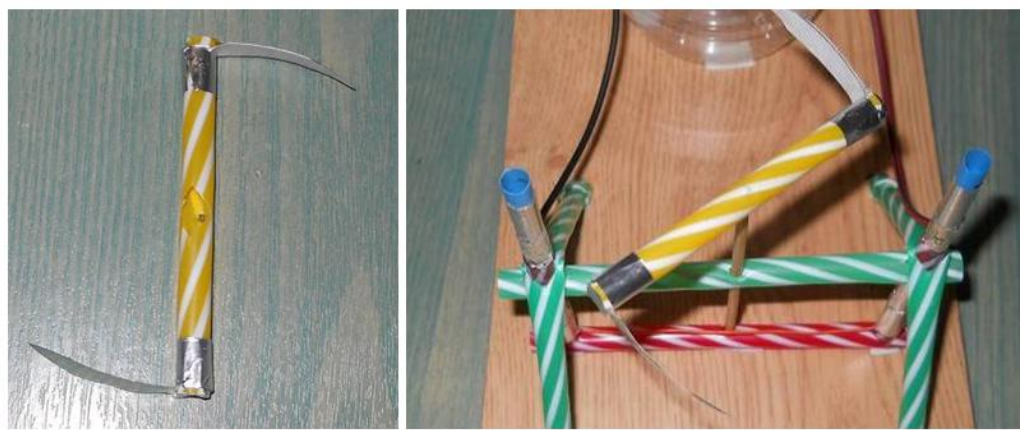
Απαιτούνται δύο κομμάτια από τα φαρδύτερα πλαστικά καλαμάκια με μήκος 4 cm, δύο κομμάτια μονόκλωνο καλώδιο, π.χ. θυροτηλεφώνου, με μήκος 10 cm και δύο κομμάτια αλουμινοταινία 2x5 cm. Αφού τοποθετήσουμε την αλουμινοταινία στο κάτω μέρος από τα καλαμάκια, σφηνώνουμε κατάλληλα το κάθε ένα από τα καλώδια (Εικόνα 10α). Τοποθετούμε τα δύο καλαμάκια πάνω στους πυκνωτές (Εικόνα 10β).



Εικόνα 10. α. (αριστερά) οι σπινθηριστές. β. τοποθετημένοι στους πυκνωτές.

Ηλεκτροστατικοί κινητήρες

1. Απαιτούνται, ένα κομμάτι από τα φαρδύτερα πλαστικά καλαμάκια με μήκος 8 cm, δύο κομμάτια αλουμινόχαρτο 1x5 cm και δύο κομμάτια αλουμινόχαρτο 1x2. Φτιάχνουμε την κατασκευή της Εικόνας 11α και την τοποθετούμε στη βάση στήριξης (Εικόνα 11β).



Εικόνα 11. α. ο ηλεκτροστατικός κινητήρας. β. τοποθετημένος στη βάση στήριξης.

2. Απαιτούνται, ένα πλαστικό καπάκι από μεταλλικό κουτί στιγμιαίου καφέ, με διάμετρο 7,5 cm και ένα πλαστικό καπάκι από αναψυκτικό με διάμετρο 3 cm. Τρυπάμε με ζεσταμένο καρφί το μεγάλο καπάκι στο κέντρο του και δημιουργούμε αντίστοιχα μία μικρή κοιλότητα στο μικρό καπάκι, ώστε να μπορεί να στηριχθεί στη μύτη από το ξυλάκι (Εικόνα 12). Κολλάμε με ταινία διπλής όψης τα δύο καπάκια οπότε προκύπτει ο δίσκος ενός ηλεκτροστατικού κινητήρα τύπου «κορώνα».



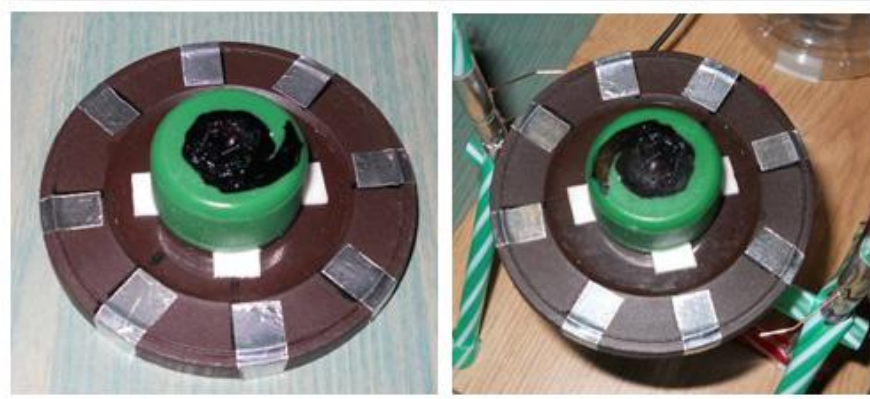
Εικόνα 12. Οι δύο πλευρές ενός δίσκου ηλεκτροστατικού κινητήρα τύπου “corona”.

Στη συνέχεια, με δύο κομμάτια από τα φαρδύτερα πλαστικά καλαμάκια με μήκος 5 cm, δύο κομμάτια αλουμινοταινία 2,5x5 cm και δύο κομμάτια μονόκλωνο καλώδιο με μήκος 6 cm, κατασκευάζουμε τις ακίδες του ηλεκτροστατικού κινητήρα (Εικόνα 13α). Τις τοποθετούμε πάνω στους πυκνωτές και τοποθετούμε το δίσκο στη μύτη από το ξύλο στήριξης, χωρίς να ακουμπά τις δύο ακίδες (Εικόνα 13β).



Εικόνα 13. α. (αριστερά) οι ακίδες του κινητήρα, β. (δεξιά) ο δίσκος στη βάση στήριξης.

3. Απαιτούνται, τα ίδια υλικά με την προηγούμενη κατασκευή και επιπλέον, οκτώ κομμάτια αλουμινοταινίας 1x2 cm, τα οποία τοποθετούνται στο μεγάλο καπάκι, όπως φαίνεται στην Εικόνα 14α. Προκύπτει έτσι ένας ηλεκτροστατικός κινητήρας τύπου “corona” (Εικόνα 14β) ο οποίος είναι περισσότερο αποδοτικός.



Εικόνα 14. α. (αριστερά) ο δίσκος του κινητήρα, β. (δεξιά) ο δίσκος στη βάση στήριξης.

Ταλαντωτές

1. Απαιτούνται, ένα πλαστικό καλαμάκι από τα φαρδύτερα με μήκος 4 cm, δύο κομμάτια αλουμινοταινία 1x2,5 cm και δύο κομμάτια λεπτό αλουμίνιο από αυτό που χρησιμοποιείται για σφράγισμα των κουτιών στιγμιαίων καφέδων, διάστασης 0,5x4 cm. Τρυπάμε το καλαμάκι και στα άκρα του τοποθετούμε το αλουμίνιο, όπως φαίνεται στην Εικόνα 15α. Τοποθετούμε τον ταλαντωτή που δημιουργήσαμε στη βάση στήριξης (Εικόνα 15β), και θέτουμε τη μηχανή σε λειτουργία περιστρέφοντας το ξυλάκι. Ο ταλαντωτής αρχίζει να κινείται μπρος-πίσω.

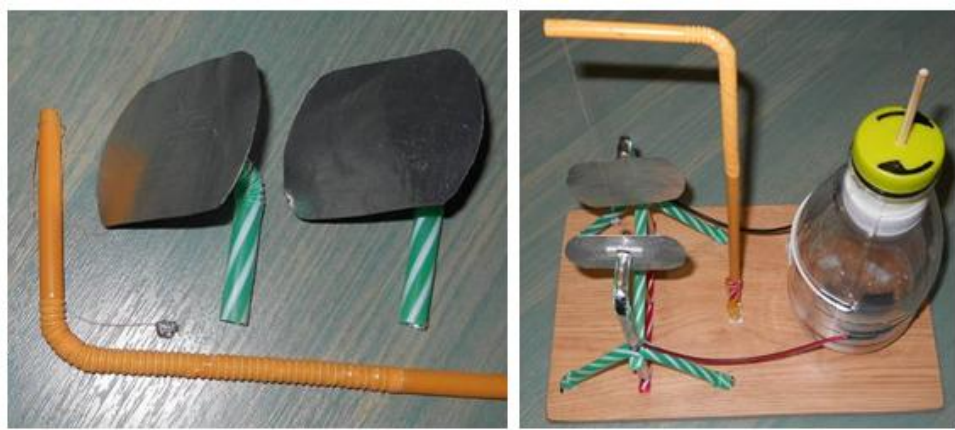


Εικόνα 15. α. (αριστερά) ο ταλαντωτής, β. η πλήρης διάταξη.

2. Απαιτούνται δύο κομμάτια λεπτό αλουμίνιο 6x4 cm από αυτό που χρησιμοποιείται για σφράγισμα των κουτιών διαφόρων καφέδων, ένα πλαστικό καλαμάκι από τα λεπτότερα της κατασκευής, δύο κομμάτια πλαστικό καλαμάκι από τα φαρδύτερα (το σπαστό μέρος τους) με μήκος 7 cm, δύο

Σκουπιδομαζέματα-επιστημοσκορπίσματα

κομμάτια αλουμινοταινία 1x10 cm, ένα κομμάτι λεπτό αλουμίνιο 1x2 cm και 20 cm περίπου λεπτό σχοινί ή πετονιά. Κολλάμε τα κομμάτια αλουμινίου στα δύο κομμάτια αντίστοιχα των σπαστών κομματικών από τα φαρδιά καλαμάκια (Εικόνα 16α) και τοποθετούμε τα καλαμάκια πάνω στους πυκνωτές (Εικόνα 16β). Στερεώνουμε το ηλεκτροστατικό εκκρεμές στη ξύλινη βάση και θέτουμε σε λειτουργία τη μηχανή Leibez: το εκκρεμές ταλαντώνεται.



Εικόνα 16. α. (αριστερά) οι δύο πόλοι, β. ο ταλαντωτής “Franklin bells”.

Δυνάμεις μεταξύ φορτισμένων σωμάτων

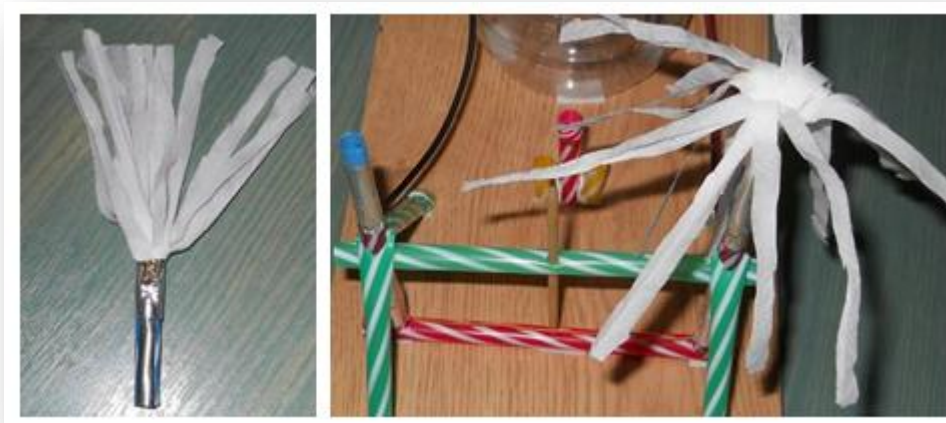
Απαιτούνται δύο κομμάτια μονόκλωνο καλώδιο με μήκος 10 cm. Σχηματίζουμε δύο αγωγούς επίδειξης των ελκτικών και απωστικών δυνάμεων μεταξύ φορτισμένων αγωγών (Εικόνα 17α) τους οποίους αναρτούμε στους σπινθηριστές (Εικόνα 17β). Όταν η μηχανή Leibez λειτουργεί οι δύο αγωγοί έλκονται. Αν κρεμαστούν στον ίδιο σπινθηριστή, απωθούνται.



Εικόνα 17. α. (αριστερά) δύο αγωγοί επίδειξης ηλεκτρικών δυνάμεων, β. η πλήρης διάταξη.

Ηλεκτρικός θύσανος

Απαιτούνται, ένα κομμάτι πλαστικό καλαμάκι από τα φαρδύτερα με μήκος 4 cm, ένα κομμάτι αλουμινοταινία 2,5x5 cm, ένα κομμάτι αλουμινοταινία 0,5x5 cm και ένα κομμάτι χαρτομάντιλο. Κόβουμε το χαρτομάντιλο σε λωρίδες, όπως φαίνεται στην Εικόνα 18α, και το τοποθετούμε στο καλαμάκι. Ο ηλεκτρικός θύσανος τοποθετείται πάνω σε έναν από τους δύο πυκνωτές και όταν η μηχανή λειτουργεί οι λωρίδες απωθούνται και ανοίγουν (Εικόνα 18β).



Εικόνα 18. α. ο ηλεκτρικό θύσανος, β. σε λειτουργία.

Εν κατακλείδι

Για την υλοποίηση της ιδέας της προτεινόμενης κατασκευής δόθηκε ιδιαίτερη σημασία όχι τόσο στην εμφάνιση όσο στην απλότητα των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν, αποδεικνύοντας ότι με καθημερινά υλικά και χωρίς ουσιαστικό κόστος οι μαθητές σε συνεργασία με τον καθηγητή τους μπορούν να κατασκευάσουν μηχανές, συσκευές και διατάξεις με τις οποίες μπορούν να παρατηρήσουν, να συζητήσουν και να σχολιάσουν βασικούς νόμους της Φυσικής. Στη συγκεκριμένη επίσης κατασκευή δόθηκε ιδιαίτερη σημασία να μπορεί ο μαθητής να παρατηρήσει διάφορα φαινόμενα και ιδιότητες των σωμάτων βήμα-βήμα με πολλά εναλλακτικά εξαρτήματα που εφαρμόζονται στην ίδια διάταξη. Η ενασχόληση του μαθητή μπορεί να ξεκινήσει με την κατασκευή της ηλεκτροστατικής μηχανής και διαδοχικά με την κατασκευή κάθε προτεινόμενης εφαρμογής, με σκοπό τη διατήρηση του ενδιαφέροντός του και τη διέγερση της φαντασίας του για το καινούργιο.

Η συγκεκριμένη ηλεκτροστατική μηχανή Lebiez μπορεί να κατασκευασθεί από οποιονδήποτε συνδυασμό πλαστικών μπουκαλιών, αρκεί η διάμετρος τους να διαφέρει το πολύ κατά ένα εκατοστό, για να λειτουργούν τα επαγωγικά φαινόμενα.

Η προτεινόμενη εφαρμογή είναι μόνο μια ιδέα από τις πολλές δυνατότητες που υπάρχουν στην κατασκευή παρόμοιων διατάξεων, όπως κατασκευή απλού ηλεκτροσκοπίου, γεννήτριας Van de Graaff, ηλεκτροστατική γεννήτρια Voss, απλό ηλεκτρικό κινητήρα, κ.λ.π..

Βιβλιογραφία

Λιάρου, Β. και Κουρσούμης, Κ. (2011). *Μελέτη της ανάπτυξης και εξέλιξης του φαινομένου κορώνας σε διάκενα ατμοσφαιρικού αέρα: 1. Ηλεκτρική συμπεριφορά 2. Υδροδυναμική συμπεριφορά*. Διαθέσιμο στη διεύθυνση: nemertes.lis.upatras.gr/jspui/handle/10889/4674

Baddi, R. (2012). *High voltage electrostatic pendulum*. <http://arxiv.org/abs/1201.3092>.



Ο Χρήστος Πετούσης είναι φυσικός και διδάσκει τα τελευταία 22 χρόνια στο δημόσιο τομέα της εκπαίδευσης. Εδώ και 16 χρόνια διδάσκει στο 6ο Γυμνάσιο Κατερίνης. Τα διδακτικά και ερευνητικά του ενδιαφέροντα είναι εστιασμένα στην οργάνωση της σκέψης των μαθητών και στον πειραματικό τρόπο διδασκαλίας της Φυσικής και της Χημείας, ώστε οι μαθητές να αγαπήσουν τη μάθηση κάνοντας πράξη τη θεωρία με πειράματα και πειραματικές διατάξεις που υλοποιούν οι ίδιοι με τη χρήση καθημερινών υλικών.

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

9ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση «Διδασκαλία και μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και στην Τεχνολογία: Έρευνες, καινοτομίες και πρακτικές»

Το 9ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση θα γίνει στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο στη Θεσσαλονίκη στις 8-10 Μαΐου του 2015. Το 9ο Συνέδριο οργανώνεται από την «ΕΝΩΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ» /ΕΝΕΦΕΤ» σε συνεργασία με την Παιδαγωγική Σχολή -Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του ΑΠΘ.

Σκοπός του Συνεδρίου είναι η ανακοίνωση και η ενημέρωση για τις έρευνες που διεξάγονται, η συζήτηση για τη βελτίωση της εκπαίδευσης στις ΦΕ και την Τεχνολογία, η ανάδειξη τεκμηριωμένων εφαρμογών, η επικοινωνία και η αλληλεπίδραση μεταξύ ερευνητών και εκπαιδευτικών όλων των βαθμίδων.

Τις εργασίες του 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση μπορούν να παρακολουθήσουν όλοι όσοι ενδιαφέρονται, είτε με εργασία (προφορική ανακοίνωση, συμπόσιο, αφίσα, εργαστήριο, συνεδρία στρογγυλής τραπέζης, εργασία εφαρμογών) είτε με απλή συμμετοχή (χωρίς εργασία). Σε κάθε περίπτωση, η συμμετοχή στο Συνέδριο επιβαρύνεται με έξοδα εγγραφής. Το κόστος εγγραφής διαφοροποιείται ανάλογα με την ιδιότητα του συμμετέχοντος, αλλά και

την ημερομηνία καταβολής του αντίστοιχου ποσού. Η προεγγραφή γίνεται μέχρι τις 20 Μαρτίου 2015 και η εγγραφή μετά από αυτή την ημερομηνία

Για περισσότερες πληροφορίες: <http://synedrioenephet-2015.web.auth.gr/wordpress/>

Πρόεδρος του Συνεδρίου: Δημήτρης Ψύλλος, Καθηγητής ΠΤΔΕ ΑΠΘ, psillos@eled.auth.gr, τηλ. 2310991216

8ο Πανελλήνιο Συνέδριο των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ «Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη». **Σύρος 26, 27, 28 Ιουνίου 2015. Υπό την Αιγίδα του Υ.ΠΑΙ.Θ.**

Σκοπός του Συνεδρίου είναι ο γόνιμος προβληματισμός και ο δημιουργικός διάλογος αναφορικά με την εφαρμογή των «Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση» (ΤΠΕ-Ε), καθώς και τις σύγχρονες πρακτικές έτσι όπως διαμορφώνονται στη σχολική πραγματικότητα. Ιδιαίτερα στοχεύει στο να ευαισθητοποιήσει τους/τις εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης προς την κατεύθυνση ανάδειξης των θεμάτων διδακτικής μεθοδολογίας με την αξιοποίηση των ΤΠΕ.

Το Συνέδριο απευθύνεται στους/στις Εκπαιδευτικούς όλων των γνωστικών αντικειμένων της Προσχολικής και

Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, της Δευτεροβάθμιας Γενικής και Επαγγελματικής Εκπαίδευσης, της Ειδικής Αγωγής, στους/στις Επιμορφωτές/τριες των ΤΠΕ, καθώς και στους/στις Σχολικούς Συμβούλους, και στα Στελέχη Εκπαίδευσης. Επιπρόσθετα αναζητεί τη βέλτιστη συμβολή των ΤΠΕ στα ειδικευμένα σχολεία όπως αυτά των Παλινοστούντων, τα Πολυπολιτισμικά Σχολεία, τα Μουσικά και Καλλιτεχνικά Σχολεία, τα Ολοήμερα Δημοτικά κ.ά.

Το Συνέδριο αφορά τόσο τη Δημόσια όσο και την Ιδιωτική Εκπαίδευση, που αναζητά τρόπους αξιοποίησης των ΤΠΕ για τη βελτίωση της Μαθησιακής και Διδακτικής Διαδικασίας και την καλύτερη οργάνωση της Εκπαιδευτικής κοινότητας (Παιδαγωγική αξιοποίηση των λογισμικών, χρήση του διαδικτύου στη διδακτική πράξη, υπηρεσίες του WEB 2.0).

Η Συντονιστική Επιτροπή καλεί όσους/ες ενδιαφέρονται, να υποβάλουν εισηγήσεις σχετικές με τη θεματολογία του Συνεδρίου. Στο Συνέδριο μπορούν να υποβληθούν εργασίες-εισηγήσεις τεσσάρων κατηγοριών. Το πλήρες κείμενο της εισήγησης δε θα πρέπει να ξεπερνά το μέγιστο αριθμό σελίδων που αντιστοιχεί σε κάθε κατηγορία εισήγησης, δηλαδή:

- Πλήρεις Εισηγήσεις: 6-10 σελίδες.
- Σύντομες Εισηγήσεις: 4-6 σελίδες.
- Συνεδρίες Στρογγυλής Τράπεζας (Panels): 3-4 σελίδες.
- Εργαστηριακές παρουσιάσεις (tutorials & workshops): 3-4 σελίδες.

Πληροφορίες για το Συνέδριο:

Νίκος Τζιμόπουλος

Τηλ.: 2281079396, 6979776923

e-mail: ntzimop@sch.gr

Δικτυακός τόπος: www.e-diktyo.eu



Στο εξώφυλλο του 4ου τεύχους δημοσιεύτηκε η φωτογραφία της κ. Ανθούλας Μαΐδου που θα μπορούσε να τιτλοφορηθεί ως “ισορροπώντας σε τεντωμένο σκοινί” Στη φωτογραφία, 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.

Όλες οι απαντήσεις που πήραμε συμφωνούσαν, σε γενικές γραμμές, με την απάντηση του κ. Βαγγέλη Κουντούρη, (συνταξιούχου) φυσικού, τ. Υπεύθυνου του Ε.Κ.Φ.Ε. Αγίων Αναργύρων Αθήνας:

Νομίζω ότι το κέντρο μάζας της όλης κατασκευής βρίσκεται χαμηλότερα από το σημείο στήριξης πάνω στο συρματόσχοινο, οπότε αν για κάποιο λόγο αυτή γείρει θα την επαναφέρει η ροπή του βάρους της (ανάλογα λειτουργεί και το “έρμα” στα πλοία). Από τη σκοπιά της Φυσικής θα χαρακτήριζα τη συσκευή ως φυσικό εκκρεμές.

Ευχαριστούμε όλους και όλες που έστειλαν τις απαντήσεις τους. Περιμένουμε με ανυπομονησία τις απαντήσεις σας και για τη φωτογραφία του εξώφυλλου του 5ου τεύχους!

