

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. Χρήστο Ελευθεριάδη, αναπληρωτή καθηγητή στο Τμήμα Φυσικής του Α.Π.Θ., κατά την επιστροφή του από τη Γενεύη στη Θεσσαλονίκη. Η σκιά του αεροπλάνου προβάλλεται στα σύννεφα και περιβάλλεται από ένα κυκλικό ουράνιο τόξο! Πώς σχηματίζεται το κυκλικό αυτό τόξο; Πόσο πιθανό είναι να παρατηρήσετε ένα τέτοιο φαινόμενο; Δείτε προσεκτικά τη φωτογραφία: τι άλλο παρατηρείτε; 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 5^{ου} τεύχους στις σελίδες 86-87.

Editorial	4
Για το περιοδικό	5-6
Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες	
Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών για όλα τα παιδιά. Μια πρόκληση για το μέλλον τους P. Léna	7-18
Η Φυσική δεν είναι μόνο εννοιολογικό περιεχόμενο, είναι επίσης μεθοδολογία λύσης (καθημερινών) Προβλημάτων και στάση ζωής, Π. Κουμαράς	19-28
Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό	
Πρακτικές εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης στη διδασκαλία της Φυσικής (Β' Μέρος) Γ. Στύλος, Κ. Κώτσης, Α. Εμβαλωτής	29-38
Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο	
Η διερευνητική διδακτική προσέγγιση στην ανάπτυξη και την αξιολόγηση της κριτικής σκέψης των μαθητών, Σ. Τσεχερίδης	39-46
Προσδιορισμός της τιμής του στοιχειώδους ηλεκτρικού φορτίου. Προσομοιώνοντας το πείραμα του Millikan στην τάξη, Δ. Νάκος, Χ. Πολάτογλου	47-56
Μέσα στην τάξη	
Υπολογισμός της επιτάχυνσης της βαρύτητας με φωτογράφιση πτώσης φωτοδιόδου LED Π. Λάζος, Π. Ξανθάκος	57-61
Δύο εναλλακτικές εργαστηριακές ασκήσεις Χημείας Α' Λυκείου ή πώς να κάνουμε τη ζωή μας πιο εύκολη στο εργαστήριο, Α. Γκιγκούδη	63-68
Σκουπιδομαζέματα-επιστημοσκορπίσματα	
Η διαστολή και η συστολή του νερού στη Φυσική της Α' Γυμνασίου, Ν. Ιωάννου	69-74
Αντί βιβλιο-παρουσίασης	
Ready, Set, Science!, Θ. Πιερράτος	75-81
Πρόκειται να συμβούν	83-84
Γράψατε για το εξώφυλλο	85-86

Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση – ISSN 2241-7680

Εκδοτική ομάδα

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

Διαχείριση δικτυακού τόπου

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

Συντακτική ομάδα

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

Επιμέλεια Εξώφυλλο

Μαΐδου Ανθούλα, Εκπ/κος Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης

Επιστημονική Επιτροπή

Αυγολούπης Σταύρος, Καθηγητής του Π.Τ.Δ.Ε. του Α.Π.Θ.
Βαλαδάκης Ανδρέας, Δρ. Φυσικής, Εκπ/κός Δ/βάθμιας Εκπ/σης
Δαπόντες Νίκος, π. Σχ. Σύμβουλος ΠΕ04
Δομουχτίδου Γαρυφαλλιά, Δρ. Βιολογίας, Εκπ/κός Δ/βάθμιας Εκπ/σης
Καλογιαννάκης Μιχάλης, Λέκτορας του Π.Τ.Π.Ε. του Παν. Κρήτης
Καρούνιαν 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.
Εύοσμου
Πλακίτση Κατερίνα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Π.Τ.Ν. του Παν.
Ιωαννίνων

Πολάτογλου Χαρίτων, Αν. Καθηγητής του Τμήματος Φυσικής Α.Π.Θ.
Πράμας Χρήστος, Δρ. Διδακτικής της Φυσικής, Σχ. Σύμβουλος Π/βάθμιας
Εκπ/σης Σεργίων
Πριμεράκης Γιώργος, Δάσκαλος Π/βάθμιας Εκπ/σης
Ρούμελης Νικόλαος, Δρ. Χημείας, Σχ. Σύμβουλος ΠΕ04 Κυκλάδων
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.
Χαραλάμπους Μάριος, Δρ. Διδακτικής της Φυσικής, Εκπ/κός Π/βάθμιας
Εκπ/σης Κύπρου

Editorial – Μάρτιος 2015

Από τα μέσα της δεκαετίας του 1990 καταγράφεται διεθνώς μια ριζική αλλαγή στα Προγράμματα Σπουδών. Στόχος τους είναι, πέρα από την κατάκτηση επαρκούς σώματος γνώσεων, η ανάπτυξη της ικανότητας των μαθητών να συνεργάζονται, να συλλογίζονται και να κατανοούν. Γενικότερα: να αποκτήσουν τα εφόδια για να μπορούν να αντιμετωπίσουν στη ζωή τους μια άγνωστη κατάσταση. Στην κατεύθυνση αυτή αναγνωρίστηκε ότι η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες (Φ.Ε.) μπορεί να διαδραματίσει κεντρικό ρόλο.

Τα προγράμματα Φ.Ε. που αναπτύχθηκαν στη συνέχεια βασίστηκαν στην, υπάρχουσα ήδη από τη δεκαετία του 1960, διδακτική προσέγγιση «*Εκπαίδευση στις Φ.Ε. βασιζόμενη στη διερεύνηση*» (inquiry based learning). Τα προγράμματα αυτά φαίνεται να υπερκαλύπτουν την καλλιέργεια στους μαθητές, των ικανοτήτων για: α) τη διατύπωση ερωτημάτων, σχετικών με τις Φ.Ε., που έχουν νόημα για τα ίδια τα παιδιά, β) το σχεδιασμό (διατύπωση υποθέσεων, έλεγχός τους, κτλ) και την εκτέλεση έρευνας με στόχο την απάντηση στα ερωτήματα αυτά, γ) την εξαγωγή συμπερασμάτων που στηρίζονται στα δεδομένα της έρευνας και την αξιολόγηση των συμπερασμάτων άλλων, αν δηλαδή αυτά στηρίζονται σε δεδομένα ή όχι, και δ) την ανακοίνωση των συμπερασμάτων σε συγκεκριμένο ακροατήριο. Τα παραπάνω δείχνουν τον κεντρικό ρόλο που κατέχει στα σημερινά προγράμματα σπουδών Φυσικής η μεθοδο-

λογία της Φυσικής. Αυτά που έλεγε το 1909 ο [Dewey](#) είναι σήμερα πάλι επίκαιρα.

Στο τρέχον τεύχος, πέρα από τις πολύ ενδιαφέρουσες και στοχευμένες εργασίες που αφορούν τη διαχείριση μέσα στην τάξη συγκεκριμένων διδακτικών ενοτήτων, περιλαμβάνονται τέσσερις εργασίες, ένα μικρό αφιέρωμα, που αφορούν όλα τα παραπάνω. Η πρώτη, με τίτλο «*Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών για όλα τα παιδιά. Μια πρόκληση για το μέλλον τους*» αποτελεί την πολύ τιμητική για το περιοδικό συνεισφορά του Γάλλου ακαδημαϊκού κ. Pierre Léna και σκιαγραφεί το κοινωνικό πλαίσιο μέσα στο οποίο καλούνται οι Φ.Ε. να προσφέρουν στην πνευματική ανάπτυξη των νέων. Η δεύτερη, με τίτλο «*Η Φυσική δεν είναι μόνο εννοιολογικό περιεχόμενο, είναι και μεθοδολογία λύσης (καθημερινών) προβλημάτων και στάση ζωής*», περιγράφει το θεωρητικό πλαίσιο με μια εφαρμογή στο Δημοτικό και το Γυμνάσιο, της διδακτικής προσέγγισης που αναφέρεται υπό το γενικό τίτλο «*διερεύνηση*». Η τρίτη, με τίτλο «*Η διερευνητική διδακτική προσέγγιση στην ανάπτυξη και την αξιολόγηση της κριτικής σκέψης των μαθητών*», δίνει μία εφαρμογή στο Λύκειο. Τέλος, στις παρουσιάσεις βιβλίων προτείνεται ένα διεθνές εγχειρίδιο της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, το «*Ready, Set, SCIENCE*», μέσα από τις σελίδες του οποίου ξεπηδούν διδακτικές δραστηριότητες που εντάσσονται στο εν λόγω διδακτικό πλαίσιο.

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.

Μέσα από την στήλη “Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες” δημοσιεύονται γενικά άρθρα που αφορούν τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών.

Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών για όλα τα παιδιά. Μια πρόκληση για το μέλλον τους

Pierre Léna

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ – ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΜΙΧΑΛΗΣ ΣΚΟΥΜΙΟΣ

Αυτή η εργασία αποτελεί μετάφραση της κεντρικής ομιλίας του Pierre Léna στο 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή με τίτλο: «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες» που πραγματοποιήθηκε στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου στη Ρόδο και περιλαμβάνεται στα Πρακτικά του. Εδώ αναπαράγεται με την άδεια του συγγραφέα.

Στις αρχές του αιώνα μας, προσδιορίστηκαν οι Αναπτυξιακοί Στόχοι της Χιλιετίας των Ηνωμένων Εθνών, με ορίζοντα υλοποίησης τη χρονική περίοδο 2000-2015. Η βασική εκπαίδευση για όλους, ήταν μια από τις πλέον ρητές επιδιώξεις τους: «να διασφαλιστεί ότι αγόρια και κορίτσια σε όλο τον κόσμο θα ολοκληρώνουν την Πρωτοβάθμια εκπαίδευση». Ορισμένοι από αυτούς τους στόχους επιτεύχθηκαν, δεδομένου ότι ο αριθμός των παιδιών που δεν έχουν παρακολουθήσει σχολείο μειώθηκε από τα 102 εκατομμύρια (το 2000) στα 57 εκατομμύρια (το 2014). Επιπλέον, η χαμηλή ποιότητα της διδασκαλίας έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχουν 250 εκατομμύρια παιδιά που δεν μπορούν να διαβάσουν ούτε να γράψουν μετά από τέσσερα χρόνια σχολικής εκπαίδευσης, ενώ οι κοινωνικές συνθήκες επιφέρουν μείωση της σχολικής φοίτησης η οποία ανέρχεται στο 25% των μαθητών στο τέλος της Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Αναφορικά με τους έφηβους και τους νεαρούς ενήλικες (13-30 ετών), προκύπτει ότι 123 εκατομμύρια διαθέτουν χαμηλή ικανότητα ανάγνωσης και γραφής. Στα θετικά στοιχεία, ωστόσο, συγκαταλέγεται η διαπίστωση ότι ο αλφαριθμητισμός στο τέλος της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σε ορισμένες χώρες έχει αυξηθεί: από 68% σε 89% στη Βόρεια Αφρική και από 60% σε 81% στη Νότια Ασία.

Το 2015 τα Ηνωμένα Έθνη θα καθορίσουν τους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης (Sustainable Development Goals) για τη χρονική περίοδο 2015-2030. Χωρίς να εγκαταλειφθεί ο στόχος που αναφέρθηκε προηγουμένως για ανάγνωση, γραφή και αρίθμηση για όλους τους μαθητές, οι πρόσθετοι στόχοι που έχουν τεθεί εστιάζουν σε νέες προκλήσεις, που αφορούν στην ανάπτυξη της ικανότητας των μαθητών να κατανοούν και να συλλογίζονται. Προς αυτή την κατεύθυνση, η

εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες μπορεί να διαδραματίσει έναν κεντρικό ρόλο. Αυτό ακριβώς το θέμα επιθυμούμε να αναδείξουμε σε αυτή την εργασία, εξετάζοντας πώς αυτό μπορεί να επιτευχθεί, με βάση τα όσα μάθαμε τις δυο προηγούμενες δεκαετίες σε όλο τον κόσμο, μέσα από τις πρακτικές που έχουν εφαρμοστεί για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες.

Η υποχρεωτική εκπαίδευση για τους μαθητές έχει τρεις θεμελιώδεις στόχους: τη μετάδοση των πνευματικών κληροδοτημάτων του παρελθόντος και των πολιτισμικών αξιών πάνω στις οποίες αυτά έχουν οικοδομηθεί, την κατανόηση του παρόντος, με όλες τις ποικιλομορφίες και πολυπλοκότητές του και την προετοιμασία για τον κόσμο του αύριο, συμπεριλαμβανομένων των αναγκαίων ικανοτήτων για επιβίωση, άσκηση επαγγέλματος και διαμόρφωση ενός υπεύθυνου πολίτη. Η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες οφείλει να συμβάλλει σε αυτούς τους τρεις θεμελιώδεις στόχους. Τρία είναι τα ερωτήματα που τότε αναδύονται: Για ποιους νέους; Για ποιον κόσμο; Για ποια εκπαίδευση;

Για ποιους νέους;

Τα σχολεία έχουν την τάση να αναπαράγουν τον εαυτό τους, με βραδεία ικανότητα προσαρμογής στις αλλαγές στο πέρασμα των γενεών. Όμως, σήμερα οι αλλαγές που συμβαίνουν στους νέους όλου του κόσμου είναι εξαιρετικά ραγδαίες και αποτελούν πρόκληση για όλα τα σχολικά συστήματα. Ας αναφέρουμε εν συντομία μερικές από αυτές τις αλλαγές. Η παγκοσμιοποίηση των συναλλαγών, οι μεταναστεύσεις και η εύκολη επικοινωνία μέσω του διαδικτύου δημιουργούν σήμερα μια παγκόσμια κοινότητα νέων που ανακαλύπτει, απηχεί και ζει σε διαφορετικές κλίμακες από τις παραδοσιακές εθνικές ή τοπικές κλίμακες του παρελθόντος (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Οι νέοι αλλάζουν: παιδιά (στην Ουρουγουάη) γοητευμένα από τη ψηφιακή επανάσταση. Διαθέτουν XOs, μικρούς υπολογιστές (και σήμερα tablets) από το πρόγραμμα «Ένας Φορητός Υπολογιστής για Κάθε Παιδί» (Φωτογραφία του A. Battro).

Οι θέσεις εργασίας επηρεάζονται επίσης από την παγκοσμιοποίηση, αφού υπάρχει μια ταχύτατη αύξηση του κύκλου εργασιών, τεράστιες ανταλλαγές μεταναστευτικού εργατικού δυναμικού (Archer, 2014) καθώς επίσης και μια ραγδαία αλλαγή στις δεξιότητες που απαιτούνται. Το παραδοσιακό οικογενειακό μοντέλο έχει κλονιστεί από αυτές τις αλλαγές και αυτό γίνεται ορατό στις οικογένειες με ένα παιδί στην Κίνα, στην αύξηση των διαζυγίων στις βιομηχανικές χώρες, στο μεταναστευτικό ρεύμα και τις επιπτώσεις του και στην κρίση των παραδοσιακών μορφών εξουσίας. Τέλος, ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας είναι η φτώχεια που πλήττει τεράστιους πληθυσμούς και ιδιαίτερα τους νέους, οι οποίοι υποφέρουν περισσότερο από αυτόν τον παράγοντα, καθώς το μέλλον τους υπονομεύεται από τις ελλείψεις στην εκπαίδευσή τους.

Αυτοί είναι οι λόγοι για τους οποίους εκδηλώνονται σε παγκόσμια κλίμακα κινήσεις διαμαρτυρίας των νέων, που διαδηλώνουν ενάντια στη δυστυχία που τους επιφυλάσσει το μέλλον (Εικόνα 2).

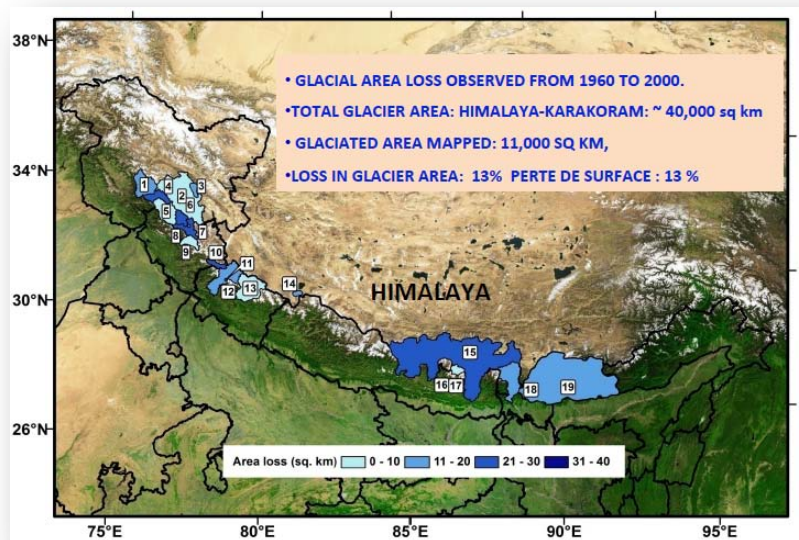


Εικόνα 2. Έκφραση δυσαρέσκειας των νέων παγκοσμίως στις αρχές της δεκαετίας του 2010 (βλ. Sachs, αναφορά στο Archer, 2014).

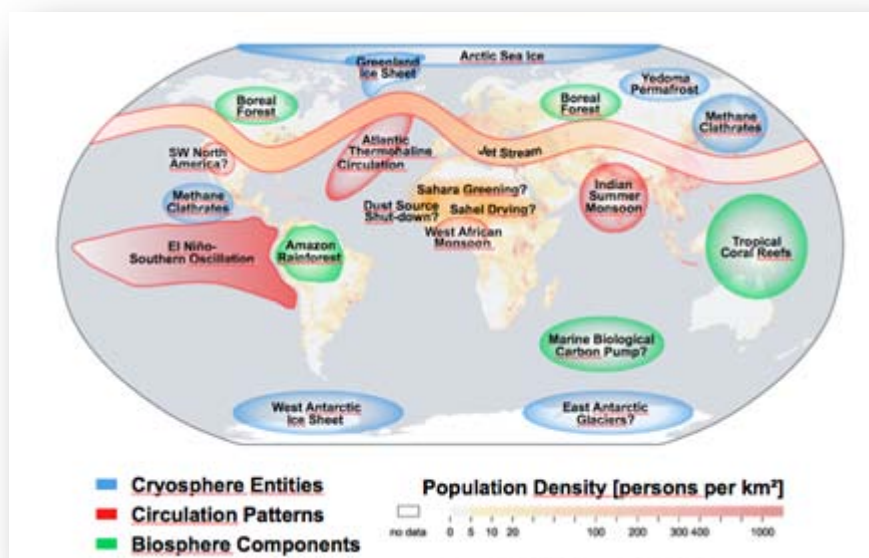
Για ποιον κόσμο;

Μετά από δυο αιώνες επιστημονικής ανάπτυξης, στον 20ό αιώνα είδαμε τα αποτελέσματά της στην τεχνολογία, η οποία άλλαξε σχεδόν κάθε τομέα της ζωής των ανθρώπων: οι μεταφορές, η υγεία, η ενέργεια, η διατροφή, οι επικοινωνίες έχουν αλλάξει ως απόρροια της επιστημονικής γνώσης. Τις τελευταίες δεκαετίες αυτή η γνώση βοήθησε στην κατανόηση των απειλών που θα αντιμετωπίσει η ανθρωπότητα στο μέλλον προκειμένου να καταφέρει να επιβιώσει [Archer, 2014; Bonnet & Woltjer, 2008; Arnould & Blamont, 2009]. Τα παραδείγματα είναι αναρίθμητα. Ανάμεσά τους, η κλιματική

αλλαγή και η μείωση της βιοποικιλότητας [Pimm *et al.*, 2014] είναι οι απειλές που αναφέρονται συχνότερα και πιθανώς οι σοβαρότερες (Εικόνες 3 και 4). Σε αυτόν τον κόσμο θα ζήσουν τα παιδιά και οι έφηβοι, οι σημερινοί μαθητές των σχολείων.



Εικόνα 3. Οι πρόσφατες αλλαγές στην κάλυψη των παγετώνων στα Ιμαλάια. Οι αλλαγές οφείλονται σε αρκετούς παράγοντες, όπως η υπερθέρμανση του πλανήτη και η απόθεση αιθάλης (από το μαγείρεμα με κάρβουνο σε Ινδία και Πακιστάν) που μαυρίζει την επιφάνεια του παγετώνα και αυξάνει την απορρόφηση θερμότητας από την ηλιακή ακτινοβολία (βλ. Ramanathan, αναφορά στο Archer, 2014).

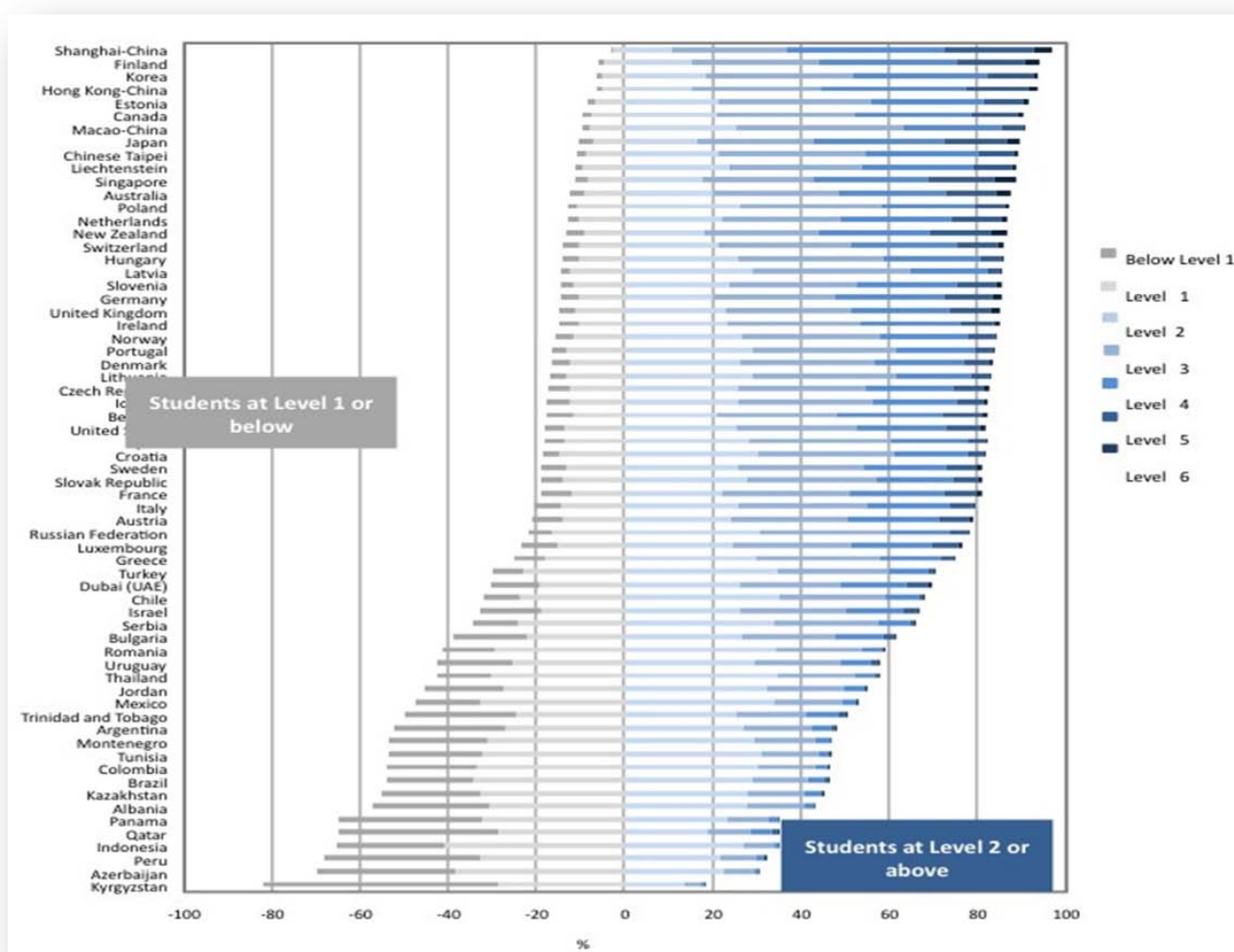


Εικόνα 4. Οι πιθανές αστάθειες («σημεία ανατροπής») που ίσως προκύπτουν από τις τρέχουσες κλιματικές αλλαγές: ατμόσφαιρα, υδρόσφαιρα, κρυόσφαιρα και βιόσφαιρα πιθανώς απειλούνται από απότομες αλλαγές

(μεταβάσεις φάσης) που είναι υπερβολικά δύσκολο να προβλεφθούν με ακρίβεια (προσαρμογή από Lenton et al. 2008, από H.G. Schnellhuber, βλ. αναφορά στο Archer, 2014).

Για ποια εκπαίδευση;

Για αυτούς τους νέους οι οποίοι αλλάζουν μέσα σε ένα κόσμο που επίσης μεταβάλλεται συνεχώς, πρέπει οπωσδήποτε να αλλάξει και η βασική εκπαίδευση. Εδώ θα εστιάσω σε δυο πλευρές αυτής της αναγκαίας αλλαγής: στο ρόλο της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία, για την προετοιμασία ενήλικων που να είναι ικανοί να συλλογίζονται και να κατανοούν και στην ανάγκη ενός ηθικού οράματος για την ανθρώπινη αλληλεγγύη. Το παλιό εκπαιδευτικό σύστημα δεν είναι πλέον αποδεκτό.



Εικόνα 5. Άποψη των αποτελεσμάτων της έρευνας PISA του ΟΟΣΑ στις Φυσικές Επιστήμες (αποτελέσματα έτους 2009). Η υψηλότερη τιμή είναι 6 και η χαμηλότερη 0.

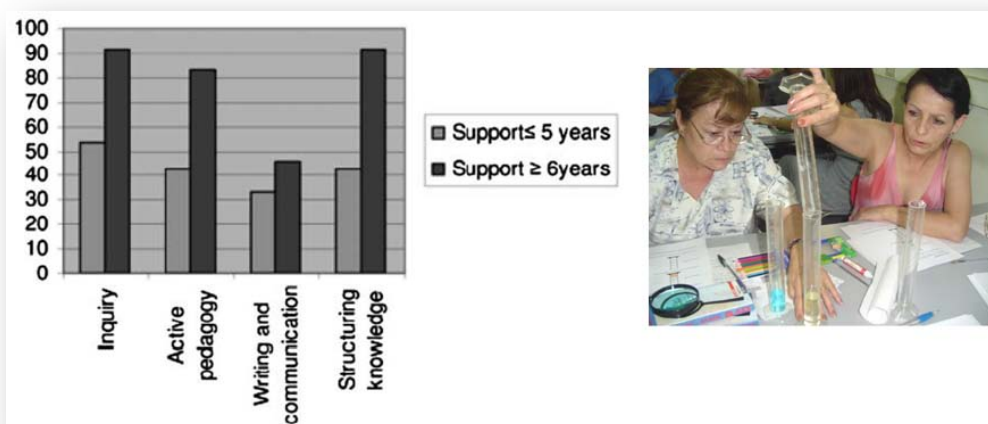
Τα αποτελέσματα των ερευνών του προγράμματος PISA, που δημοσιεύτηκαν από τον ΟΟΣΑ, είναι γνωστά σε όλους (Εικόνα 5) και πρέπει να μελετηθούν με ιδιαίτερη προσοχή επειδή είναι αρκετά διαφορετικά για κάθε χώρα. Επιπλέον, τα αποτελέσματα αυτά αναδεικνύουν παγκόσμιες τάσεις. Το πρόγραμμα PISA εξετάζει τρία γνωστικά αντικείμενα, τα δύο από τα οποία αφορούν σε πεδία των θετικών Επιστημών (Φυσικές επιστήμες και Μαθηματικά). Οι επιδόσεις των μαθητών ηλικίας 15 ετών μειώνονται όταν το επίπεδο ανάπτυξης (που υπολογίζεται με βάση το Ακαθάριστο Εθνικό Εισόδημα της χώρας) αυξάνεται, ενώ το ενδιαφέρον των μαθητών για τις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία ακολουθεί την αντίθετη τάση, με τα κορίτσια να ενδιαφέρονται λιγότερο από τα αγόρια. Γενικά, η αύξηση της επιστημονικής και τεχνολογικής γνώσης στις σύγχρονες κοινωνίες δεν συνοδεύεται από την προσήλωση των νέων σε αυτήν, αλλά ούτε και από μια τάση απόκτησής της από τους μαθητές.

Στα μέσα της δεκαετίας του 1990 κάποιοι διορατικοί προέβλεψαν την ανάγκη αναστροφής αυτής της τάσης, επειδή διέγνωσαν τον κίνδυνο για τους νέους αλλά και για ολόκληρη την κοινωνία. Έτσι αναπτύχθηκε μια διδακτική προσέγγιση με την επωνυμία «Εκπαίδευση στις Φυσικές επιστήμες που βασίζεται στην Έρευνα» (Inquiry Based Science Education), που οδήγησε στην εφαρμογή πιλοτικών προγραμμάτων, σε πολλές χώρες, κυρίως σε σχολεία της Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Αυτά τα πιλοτικά προγράμματα βασίζονται στην ενεργή συμμετοχή των μαθητών, τον πειραματισμό, την επιχειρηματολογία, τη διατύπωση υποθέσεων και την ανάπτυξη μιας νέας σχέσης με τις Φυσικές Επιστήμες η οποία εδράζεται στην περιέργεια των μαθητών που καθοδηγείται από τον εκπαιδευτικό (Harlen, 2012).

Ακολουθούν μερικά συμπεράσματα που προέκυψαν μετά από σχεδόν δυο δεκαετίες εξέλιξης της «Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες που βασίζεται στην Έρευνα»:

- Έχουν πραγματοποιηθεί σε περισσότερες από 80 χώρες παρουσιάσεις και επιμορφώσεις σχετικά με αυτή τη διδακτική προσέγγιση.
- Υπάρχει μια ικανοποιητική κατανόηση του νοήματος και του περιεχομένου αυτής της διδακτικής προσέγγισης στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση και σε ορισμένες περιπτώσεις και στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση (κυρίως σε γυμνάσια).
- Αρκετές δεκάδες πιλοτικά προγράμματα έχουν δημιουργηθεί, ορισμένες φορές για διάστημα μεγαλύτερο της μιας δεκαετίας, για την αξιολόγηση της εφαρμογής αυτής της διδακτικής προσέγγισης στη σχολική τάξη αλλά και για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σε αυτήν [1].
- Οι υπεύθυνοι για την εκπαιδευτική πολιτική ορισμένων χωρών έχουν πεισθεί, έστω και με καθυστέρηση, για την αναγκαιότητα αναθεώρησης της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες και σε ορισμένες περιπτώσεις έχουν υιοθετήσει αυτή την προσέγγιση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (ενδεικτικά: Αυστραλία, Κίνα, Γαλλία και Σκωτία).

- Μέχρι σήμερα δεν έχει εκπονηθεί ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα για τη βασική εκπαίδευση που να καλύπτει και να συμπεριλαμβάνει τις Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά, μολονότι αυτή φαίνεται να είναι η μελλοντική κατεύθυνση [2].
- Έχει καταδειχθεί ότι η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σε αυτή τη διδακτική προσέγγιση και κατά συνέπεια στη νέα προοπτική του ρόλου τους - όπου οι μαθητές είναι περισσότερο ενεργοί - είναι εφικτή, αλλά απαιτεί χρόνο (Delclaux & Saltiel, 2011) (Εικόνα 6) και είναι δαπανηρή διαδικασία αν εφαρμοσθεί σε όλα τα σχολεία Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης μιας χώρας [3].



Εικόνα 6. Επιμόρφωση εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στην παιδαγωγική της «Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες που βασίζεται στην Έρευνα». Το γράφημα απεικονίζει μια μεγάλη ομάδα εκπαιδευτικών στη Γαλλία που ειδικεύονται σε διάφορους τομείς αυτής της διδακτικής προσέγγισης για λιγότερα από 5 χρόνια ή για περισσότερα από 5 χρόνια. Οι διαφορές είναι εντυπωσιακές (Delclaux & Saltiel, 2011).

- Η αξιολόγηση διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο στην αποτελεσματική εφαρμογή κάθε προγράμματος. Οι βέλτιστες μέθοδοι για την αξιολόγηση (διαμορφωτική ή αθροιστική) αυτής της διδακτικής προσέγγισης, βρίσκονται ακόμη στο αρχικό στάδιο ανάλυσης και απέχουν πολύ από την εφαρμογή τους στα ανωτέρω πιλοτικά προγράμματα [Harlen, 2013].

Καθώς οι μεταβολές στη ζωή των νέων αλλά και στον κόσμο απαιτούν βαθιές εξελίξεις στον τομέα της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες, ίσως μπορούμε να ελπίζουμε ότι η τάση για μάθηση μέσα από έρευνα, όπως παρατηρείται τις δυο τελευταίες δεκαετίες στην Πρωτοβάθμια και στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση, θα συνεχιστεί και την επόμενη δεκαετία, με περισσότερη έμφαση στην επιμόρφωση των εκπαιδευτικών, τα αναλυτικά προγράμματα Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας, Μηχανικής και Μαθηματικών, την αξιολόγηση και την επέκταση αυτής της διδακτικής προσέγγισης σε νέες χώρες. Αυτό όμως μπορεί να αποδειχθεί πως δεν είναι αρκετό για την αντιμετώπιση των

προκλήσεων του μέλλοντος και να απαιτηθούν βαθύτερες αλλαγές στην εκπαίδευση. Οι στόχοι αυτών των αλλαγών, όσον αφορά στην προετοιμασία των νέων για τον αυριανό κόσμο, είναι τρεις:

- Με δεδομένη την απίστευτη ποσότητα των άμεσα διαθέσιμων πληροφοριών, η γνώση που συνοδεύεται με κατανόηση καθίσταται ακόμη σημαντικότερη από την απλή γνώση γεγονότων και κανόνων. Αυτό αλλάζει πλήρως τη μαθησιακή διαδικασία, ιδιαίτερα στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία.
- Οι αλλαγές στον εργασιακό τομέα είναι πολύ γρήγορες λόγω του ρυθμού των τεχνολογικών αλλαγών και απαιτούν την καλλιέργεια της δημιουργικότητας. Οι πληθυσμιακές μεταναστεύσεις, η μετακίνηση δεκάδων εκατομμυρίων νέων από την παραδοσιακή ζωή των χωριών στις μεγαλουπόλεις, απαιτεί την καλλιέργεια της αυτοπεποίθησης και την αφύπνιση των «κρυφών χαρισμάτων», ιδιαίτερα στα φτωχότερα παιδιά.
- Η παγκοσμιοποίηση των προβλημάτων και των απαιτούμενων λύσεων αυτών των προβλημάτων (κλίμα, νερό, σίτιση, ...) απαιτεί από την εκπαίδευση την εφαρμογή ενός αισθήματος ανθρώπινης αλληλεγγύης πέρα από έθνη και σύνορα, σε συνδυασμό με ένα αίσθημα ευθύνης. Η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες πρέπει να έχει και ηθικές διαστάσεις.

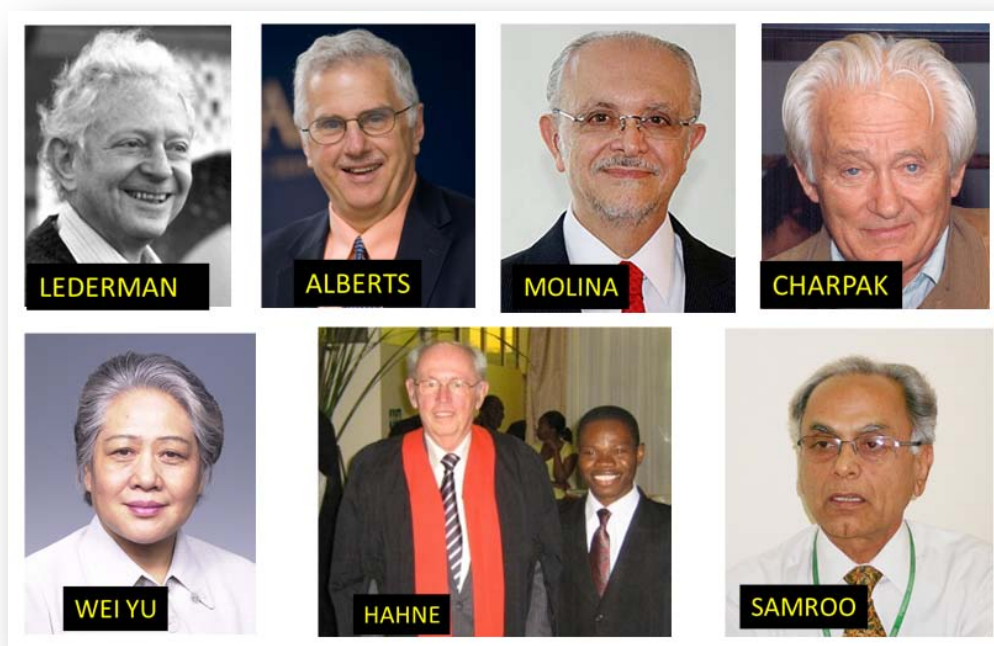
Η υφιστάμενη κατάσταση του σχολείου δεν κρίνεται πλέον επαρκής. Οι κυοφορούμενες αλλαγές θα επηρεάσουν: το περιεχόμενο των μαθημάτων και το αναλυτικό πρόγραμμα, τις μεθόδους και το περιεχόμενο της αξιολόγησης (διαμορφωτικής και αθροιστικής) τόσο για τους μαθητές όσο και για τους εκπαιδευτικούς, και την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών που είναι ιδιαίτερα σημαντική για την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, κυρίως όταν πρέπει να συνοδεύεται από ηθικούς προβληματισμούς.

Οι Φυσικές Επιστήμες αποτελούν παγκόσμια κατάκτηση, ανήκουν σε όλους. Καθολικό γεγονός αποτελεί επίσης η περιέργεια των παιδιών, που όμως χρειάζεται να διεγείρεται στα διαφορετικά κοινωνικά και πολιτισμικά πλαίσια. Η μάθηση μέσα από την έρευνα αναδεικνύεται ότι έχει σχεδόν παγκόσμια αποδοχή όσον αφορά στην εγκυρότητα των παιδαγωγικών αρχών της. Όμως, προτείνεται οι αλλαγές που έχουν αναφερθεί στα προηγούμενα να εφαρμόζονται με συγκεκριμένο τρόπο σε κάθε πολιτισμικό πλαίσιο, χωρίς να επιδιώκεται η διαμόρφωση ενός παγκόσμιου εκπαιδευτικού μοντέλου. Το τίμημα θα ήταν η απώλεια της πολύτιμης ποικιλομορφίας των ανθρώπων στη Γη! Επιπρόσθετα, όπως ήδη αποδείχθηκε κατά την ανάπτυξη των πιλοτικών προγραμμάτων τα τελευταία είκοσι χρόνια, οι διεθνείς ανταλλαγές, οι επιμορφώσεις και οι συνέργειες είναι εξόχως αποτελεσματικές, με βάση τους παγκόσμιους παράγοντες που μόλις αναφέρθηκαν.

Ο ρόλος της επιστημονικής κοινότητας

Τις τελευταίες δεκαετίες, η ανάπτυξη της διδακτικής προσέγγισης που αφορά στη μάθηση μέσα από την έρευνα στα σχολεία, οφείλεται σε ένα μεγάλο βαθμό στην προσωπική εμπλοκή διάσημων

επιστημόνων, που έχουν έντονο ενδιαφέρον για τη στοιχειώδη εκπαίδευση (Εικόνα 7). Αρχικά, αυτό μπορεί να φαίνεται παράξενο καθώς τα επιστημονικά φαινόμενα και οι έννοιες που εμφανίζονται στα αναλυτικά προγράμματα είναι αρκετά απλές: νερό, αέρας, σκιές, φυτά, εποχές, ... Γιατί λοιπόν χρειάζεται η συμβολή εξειδικευμένων επιστημόνων; Η πείρα έχει δείξει ότι οι πρακτικές που ακολουθούνται σε υψηλό επίπεδο έρευνας στις Φυσικές Επιστήμες βοηθούν σημαντικά στην κατανόηση των γνωστικών δυσκολιών των μαθητών, των παιδαγωγικών δυσκολιών των εκπαιδευτικών να μεταφέρουν όχι μόνο γεγονότα –που μαθαίνονται σχετικά εύκολα, ακόμη και με αποστήθιση και χωρίς κατανόηση– αλλά επίσης και την διαδικασία της επιστημονικής σκέψης, την πολύτιμη ικανότητα του συλλογισμού. Συνοψίζοντας όσα μάθαμε [Léna, 2012] κατά την εφαρμογή της μάθησης μέσα από έρευνα, και ευρύτερα της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά, συνάγονται τα ακόλουθα για το ρόλο των επιστημόνων και των μηχανικών κατά τη συνεργασία τους με τους ερευνητές της εκπαίδευσης και τους εκπαιδευτικούς:



Εικόνα 5. Σπουδαίοι επιστήμονες που έχουν αλλάξει την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες στις χώρες τους και αλλού, στις δεκαετίες 1990-2010.

- Μπορούν να μεταφέρουν μια αίσθηση επείγουσας ανάγκης για ενασχόληση με θέματα βιώσιμης ανάπτυξης –η ανθρωπότητα στη Γη το 2050– και ότι αυτή η αίσθηση δεν βασίζεται σε ιδεολογικές απόψεις μιας «αφηρημένης» οικολογίας αλλά σε δεδομένα που έχουν αναλυθεί διεξοδικά.

- Μπορούν να παρέχουν βοήθεια για την κατανόηση της περιπλοκότητας που χαρακτηρίζει τα περισσότερα προβλήματα του κόσμου σήμερα: ανάλυση συστημάτων, πολυπαραγοντικές ή μη γραμμικές διαδικασίες, κρυφές μεταβλητές, στατιστικές αβεβαιότητες και θεωρίες αποφάσεων. Η περιπλοκότητα απαιτεί επίσης τη σύγκλιση πολλών παραδοσιακών επιστημονικών πεδίων, τα οποία συνήθως εισάγουν στα σημερινά αναλυτικά προγράμματα τον κατακερματισμό της γνώσης, παρεμποδίζοντας την κατανόηση αυτών των σύνθετων θεμάτων.
- Ως επιστήμονες, οι οποίοι χρησιμοποιούν καθημερινά τις πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και γνωρίζουν πολύ καλά τη διαδικασία με την οποία οι Φυσικές Επιστήμες αναπτύχθηκαν στο πέρασμα των χρόνων, μπορούν να βοηθήσουν τους εκπαιδευτικούς να αναγνωρίσουν τη φύση της επιστημονικής σκέψης και τη διαδικασία της εξέλιξής της, το παράδοξο της αναζήτησης –και εύρεσης– μιας αλήθειας που διαρκώς συνεχίζει να εξελίσσεται, το ρόλο των σφαλμάτων και των αδιεξόδων στη διαδικασία της ανακάλυψης.
- Ως μηχανικοί, μπορούν να αποδώσουν τον τρόπο που λειτουργεί ένα σύνθετο σύστημα –ένος πύργου, ένα αεροπλάνο, ένα νέο φάρμακο– συνδυάζοντας τη φαντασία, τη σχολαστική επιστημονική σκέψη, τους εμπειρικούς ελέγχους, τους οικονομικούς προβληματισμούς και τα κατάλληλα τεχνολογικά μέσα, τα οποία είτε υπάρχουν είτε πρόκειται να αναπτυχθούν (Miaoullis, 2010).
- Μπορούν να εισάγουν την ομορφιά της Φύσης και των Μαθηματικών, την αίσθηση του μυστηρίου που δημιουργεί αυτή η ομορφιά, όπως υπογράμμιζε πάντα ο Αϊνστάιν, το συνεπακόλουθο θαυμασμό για την ανθρώπινη νοημοσύνη που την αποκωδικοποιεί, και –αν διαθέτουν θρησκευτική πίστη– το σεβασμό για τη Δημιουργία.

Μέσα από την τεράστια ποσότητα πληροφοριών που παράγουν σήμερα η επιστήμη και η τεχνολογία, είναι δύσκολο να αποφασιστεί τι είναι απαραίτητο να μεταδοθεί στους νέους κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Προς αυτή την κατεύθυνση ένα πλήθος ερευνητών σήμερα προσπαθούν να απομονώσουν ορισμένες μεγάλες ιδέες (big ideas) των Φυσικών Επιστημών που θεωρούνται ζωτικές για τους νέους που θα ζήσουν ως ενήλικες τις επόμενες δεκαετίες και θα αντιμετωπίσουν τον κόσμο του 2050, όταν ο πληθυσμός της Γης θα ξεπερνά τα 9 δισεκατομμύρια. Οι θετικές επιστήμες, οι γνωστικές επιστήμες και η παιδαγωγική πρέπει να ενώσουν τις προσπάθειές τους για το σχεδιασμό των νέων αναλυτικών προγραμμάτων (Harlen, 2010).

Οι ιδέες των Φυσικών Επιστημών δεν είναι εύκολο να προσδιοριστούν επαρκώς, αν αναλογιστούμε το «λεπτό νήμα» μεταξύ των Φυσικών Επιστημών, της Μηχανικής και των σύγχρονων κοινωνιών. Οι ιδέες για τις Φυσικές Επιστήμες, για τη φύση τους και τις διαδικασίες τους, θεωρούνται σημαντικές. Η ηθική και οι αξίες δεν προκύπτουν από τις Φυσικές Επιστήμες αλλά ανήκουν σε άλλες όψεις της

ανθρώπινης διανόησης. Πρέπει όμως να λαμβάνονται υπόψη όταν οι Φυσικές Επιστήμες και η Μηχανική αντιμετωπίζουν ευρύτερα προβλήματα, όπως η προφύλαξη σε αντιδιαστολή με το ρίσκο, η φτώχεια σε αντιδιαστολή με τον πλούτο, οι σημερινές σε αντιδιαστολή με τις μελλοντικές γενιές, ...

Συμπέρασμα

Τις δυο τελευταίες δεκαετίες έχει παρατηρηθεί μια έντονη κινητοποίηση της επιστημονικής κοινότητας σε εθνικό, περιφερειακό (π.χ. η Ευρωπαϊκή Ένωση και η Επιτροπή της) και διεθνές επίπεδο για την αναβάθμιση της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες. Έχει παρατηρηθεί κάποια πρόοδος, έχει αποκτηθεί πολλή γνώση και έχει δημιουργηθεί εκπαιδευτικό υλικό που είναι ευρύτατα διαθέσιμο [4]. Ωστόσο, σήμερα εμφανίζονται νέα πιεστικά προβλήματα, που αφορούν στη βιώσιμη ανάπτυξη και τις προκλήσεις της για την εκπαίδευση. Είναι απαραίτητο να οικοδομηθεί πάνω στα προηγούμενα βήματα ένα καινούργιο όραμα για την εκπαίδευση και για το ρόλο του εκπαιδευτικού στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών, με ενεργή συμμετοχή τόσο των κοινοτήτων των επιστημόνων και των μηχανικών όσο και της εκπαιδευτικής κοινότητας.

Σχόλια

[1]. Δείτε για παράδειγμα τα προγράμματα *La main à la pâte*, της Γαλλίας (www.fondation-lamap.org), τα *Haus der kleinen Forscher* της Γερμανίας (www.haus-der-kleinen-forscher.de), ή τα *Primary Connections* της Αυστραλίας (<https://www.primaryconnections.org.au/>).

[2]. Δείτε σχετικά: στη Γαλλία, *Socle commun de connaissances, de compétences et de culture* (2015), <http://www.education.gouv.fr/cid2770/>, στο Ηνωμένο Βασίλειο, *Vision for science and mathematics education*, The Royal Society, 2014. στις ΗΠΑ, *Next generation science standards* (2013), www.nextgenscience.org, στην Κίνα, Wei, Yu. *What to be proven by ten years of Learning by Doing?* China Science and Technology Press, Beijing, 2011.

[3]. Για τη Γαλλία, δείτε σχετικά στο Léna, P. “Des Maisons pour la science au service des professeurs”, *Reflets de la Physique*, n°42, p.30 (2014). Για τη Χιλή, δείτε το πρόγραμμα *Ensenanza Ciencia Basadas en la Indigacion*. www.ecbichile.cl.

[4]. Για παράδειγμα, δείτε το διαθέσιμο υλικό του προγράμματος *La main à la pâte* (www.fondation-lamap.org).

Βιβλιογραφία

Archer, M. (2014). *Being trafficked to work. Human trafficking. In Sustainable development, sustainable humanity, A Workshop of the Pontifical Academies (Sciences and Social Sciences)*, Vatican City. <http://www.casinapioiv.va/content/accademia/en/events/2014/sustainable/statement.html>

Arnould, J., Blamont, J. (2009). *Lève-toi et marche. Propositions pour un futur de l'humanité*, O. Jacob, Paris.

Bonnet, R.M., Woltjer, L. (2008). *Surviving 1000 centuries. Can we do it?*, Springer.

Delclaux, M., Saltiel, E. (2011). An evaluation of local teacher support strategies for the implementation of inquiry-based science education in French primary schools. *Education* 3-13, <http://dx.doi.org/10.1080/03004279.2011.564198>

Harlen, W. (2013). *Assessment & Inquiry-Based Science Education*, Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Program. www.interacademies.net/activities/projects/12250.aspx.

Harlen, W. (coord.) (2012). *Learning through inquiry, The Fibonacci project*. www.fibonacci-project.eu. Δείτε επίσης τα έγγραφα *Inquiry in Science Education* και *Inquiry in Mathematics Education*.

Harlen, W. (dir.) (2010). *Principles and big ideas in science education*. www.ase.org.uk. Δεύτερη αναθεωρημένη και επαυξημένη έκδοση είναι υπό έκδοση (2015), στην ίδια διεύθυνση.

Léna, P. (2012). Education in science: its value and the role of the scientific community. *Rend. Fis. Acc. Lincei*, 23, 13-16, Springer.

Miaoullis, I. (2010). K-12 Engineering. The Missing Core Discipline, in *Holistic Engineering Education Beyond Technology*. Grasso D & Burkins M.B. Eds., Springer.

Pimm, S.L. et al. (2014). The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution and protection, *Science*, 344, 987.



Ο Pierre Léna είναι Αστροφυσικός, Ομότιμος Καθηγητής του Πανεπιστημίου Paris Diderot, μέλος της Γαλλικής Ακαδημίας Επιστημών, της Ευρωπαϊκής Ακαδημίας και της Παπικής Ακαδημίας Επιστημών. Διετέλεσε Πρόεδρος του Εθνικού Ινστιτούτου Παιδαγωγικών Ερευνών της Γαλλίας. Μαζί με τον Georges Charpak (βραβείο Νόμπελ Φυσικής 1992) και τον φυσικό Yves Quéroux ίδρυσαν το εκπαιδευτικό πρόγραμμα "La matière râtelée" που έχει σημαντική συμβολή στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και στην επιμόρφωση των εκπαιδευτικών.

Η Φυσική δεν είναι μόνο εννοιολογικό περιεχόμενο, είναι επίσης μεθοδολογία λύσης (καθημερινών) προβλημάτων και στάση ζωής **Παναγιώτης Κουμαράς**

Το 1909 ο Dewey στην ομιλία του «Οι Φυσικές Επιστήμες ως περιεχόμενο και ως μέθοδος», στο ετήσιο συνέδριο της Αμερικανικής Ένωσης για την Πρόοδο των Φυσικών Επιστημών (AAAS), σχολιάζοντας την αποτυχία (σε σχέση με τα αναμενόμενα) της διδασκαλίας της Φυσικής λέει: «Η καθοριστική αιτία [της αποτυχίας] για μένα είναι ότι η Φυσική διδάσκεται σε μεγάλο βαθμό ως μια συσσώρευση έτοιμου υλικού με το οποίο οι μαθητές πρέπει να εξοικειωθούν και όχι ως μια μέθοδος σκέψης και στάσης, που ως πρότυπο καθορίζει και μετατρέπει τη διανοητική πρακτική». Ολόκληρη η ομιλία του δημοσιεύεται στο πρώτο τεύχος αυτού του περιοδικού (Dewey, 2014). Στη χώρα μας, όσο τουλάχιστον εγώ θυμάμαι όντας μαθητής της δεκαετίας του '60, η Φυσική διδάσκεται ως ένα σύνολο ορισμών, νόμων, τύπων κ.τ.λ. που πρέπει να απομνημονευτεί από το μαθητή. Αυτό, δηλαδή, που ο Dewey στην ομιλία του ονομάζει «συσσώρευση έτοιμου υλικού» με το οποίο οι μαθητές πρέπει να εξοικειωθούν.

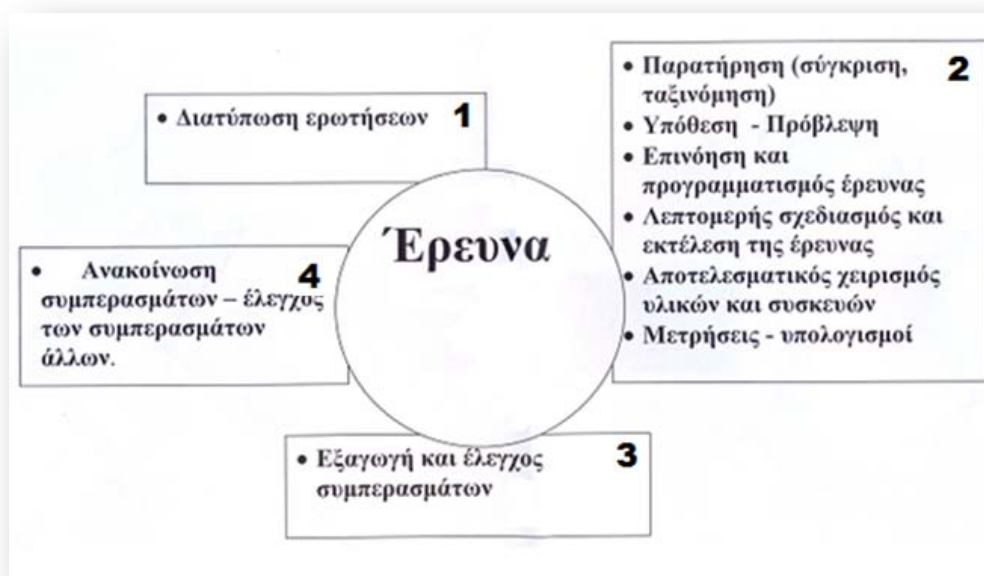
Σήμερα, στα αναλυτικά προγράμματα των περισσότερων χωρών, η Φυσική αντιμετωπίζεται και ως περιεχόμενο και ως μεθοδολογία λύσης (και καθημερινών) προβλημάτων (Κουμαράς, Πράμας και Σταμπουλή, 2010, σ. 43; Κουμαράς, Κεραμιδάς και Τσεχερίδης, 2011, σ. 37). Στην Εικόνα 1 παρουσιάζεται αυτό που, σε γενικές γραμμές, αποκαλείται στην εκπαίδευση επιστημονική μεθοδολογία. Σημειώνεται ότι η επιστημονική μεθοδολογία δεν είναι κάτι που εφαρμόζεται μόνο στη Φυσική. Εφαρμόζεται και στην καθημερινή ζωή. Προφανώς στην καθημερινή ζωή δεν έχουμε συστηματική εφαρμογή της επιστημονικής μεθοδολογίας, αν και αυτή θα μπορούσε να δώσει λύση σε πολλά καθημερινά προβλήματα και επιπλέον να δημιουργήσει στάσεις αναγκαίες για τον ενεργό πολίτη.

Στην Εικόνα 1 οι δεξιότητες και ικανότητες της επιστημονικής μεθοδολογίας έχουν ταξινομηθεί σε 4 ομάδες:

1. Αναγνώριση της ερώτησης που πρέπει να απαντηθεί για να δοθεί λύση στο πρόβλημα που υπάρχει.

2. Προσδιορισμός των στοιχείων και της τεχνικής που απαιτούνται για την εξαγωγή συμπεράσματος.
3. Εξαγωγή και αξιολόγηση των συμπερασμάτων που έχουν προέλθει από τα δεδομένα.
4. Ανακοίνωση των συμπερασμάτων σε δεδομένα ακροατήρια.

Στη συνέχεια, με στόχο να διευκρινιστούν τα παραπάνω, περιγράφεται πώς μπορεί να οργανωθεί ένα μάθημα της Ε΄ Δημοτικού ή της Β΄ Γυμνασίου με στόχο, πέρα από την καλλιέργεια γνώσεων και την καλλιέργεια ικανοτήτων.



Εικόνα 1. Οι ικανότητες και δεξιότητες της επιστημονικής μεθοδολογίας

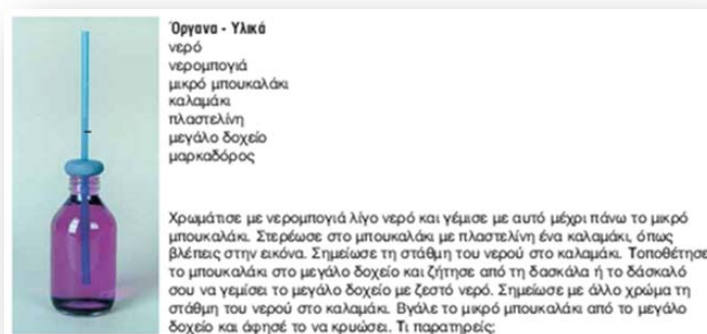
Μία εναλλακτική διδακτική πρόταση

Το παραδοσιακό πείραμα

Στη σελίδα 89 του Τετραδίου εργασιών, για το μάθημα "Φυσικά Δημοτικού, Ερευνώ και Ανακαλύπτω", της Ε΄ Δημοτικού (Αποστολάκης κ.ά., 2006), παρουσιάζεται το θέμα "Θερμαίνοντας και ψύχοντας τα υγρά" (Εικόνα 2). Αντίστοιχο μάθημα προτείνεται στη Β΄ Γυμνασίου (Αντωνίου κ.ά. 2008α, σ. 131-132).

Για πολλούς θα ήταν μία ιδανική διδακτική διαδικασία: ο μαθητής ακολουθώντας οδηγίες κάνει μόνος του πείραμα με καθημερινά υλικά και "ανακαλύπτει τη γνώση". Ωστόσο, με τη λογική των σύγχρονων προγραμμάτων σπουδών αυτή η διδακτική προσέγγιση είναι ελλιπής: καλλιεργεί κυρίως γνώσεις ενώ απουσιάζει η καλλιέργεια ικανοτήτων όπως της διατύπωσης ερευνητικών ερωτημάτων, διατύπωσης και ελέγχου υποθέσεων, χειρισμού μεταβλητών κτλ. Επιπλέον, το πείραμα στην προτεινόμενη μορφή έχει μεγάλες πιθανότητες να αποτύχει γιατί με τη θέρμανση του νερού θα δημιουργηθεί ρήγμα στην πλαστελίνη γύρω από το καλαμάκι και το χρωματισμένο νερό, αντί να

ανέβει στο καλαμάκι, θα χυθεί. Για να αποφύγετε κάτι τέτοιο χρησιμοποιήστε ένα μικρό γυάλινο μπουκάλι με βιδωτό μεταλλικό καπάκι και τρυπήστε το με ένα καρφί και ένα σφυρί. Αφού τοποθετήσετε ένα καλαμάκι μέσα από την τρύπα (Εικόνα 3), πιέστε μικρά κομμάτια πλαστελίνη γύρω από το καλαμάκι ώστε να κλείσει (υδατοστεγώς) όποια μικρή τρύπα τυχόν έμεινε ανάμεσα στο καλαμάκι και στο τοίχωμα από την τρύπα στο καπάκι. Γεμίστε το μπουκάλι με οινόπνευμα και βιδώστε το καπάκι.



Εικόνα 2. Θερμαίνοντας τα υγρά (Αποστολάκης, κ.ά, 2006, σ. 89).



Εικόνα 3. Θερμαίνοντας τα υγρά

Εναλλακτική διδακτική διαχείριση του πειράματος

Ας δούμε πώς θα μπορούσε να εξελιχθεί η παραπάνω πειραματική δραστηριότητα αν περιλαμβάνονταν σε ένα πρόγραμμα σπουδών με γενικές αρχές: την απόκτηση συνεκτικού και επαρκούς σώματος γνώσεων, και την καλλιέργεια “ικανοτήτων - κλειδιών” (Κουμαράς κ.ά. 2012). Ό,τι ακολουθεί μπορεί να πραγματοποιηθεί με το διδάσκοντα να διευθύνει την τάξη ως μια ομάδα. Τα παιδιά δεν χειρίζονται κατ’ ανάγκη τα υλικά, μετέχουν όμως: α) διατυπώνοντας υποθέσεις, β) κάνοντας προβλέψεις, γ) στο σχεδιασμό των πειραμάτων και δ) στην εξαγωγή και την ανακοίνωση συμπερασμάτων. Αυτή η προσέγγιση έχει το πλεονέκτημα ότι ο δάσκαλος με κατάλληλες ερωτήσεις καθοδηγεί την ομάδα-τάξη. Όταν τα παιδιά εξοικειωθούν με τη συγκεκριμένη μέθοδο εργασίας μπορεί τους ζητηθεί να συνεργαστούν σε ομάδες των 3-4 ατόμων, έχοντας ως οδηγό ένα φύλλο εργασίας

όπως αυτό του Παραρτήματος Ι (είναι διαθέσιμο ως υποστηρικτικό υλικό στο δικτυακό τόπο του περιοδικού).

1. Διατύπωση ερωτήσεων

Ζητείται από τα παιδιά να σκεφτούν τι θα μπορούσαν να ερευνήσουν, σε σχέση με το πείραμα που είδαν ή έκαναν τα ίδια σε ομάδες. Μια λογική απόφαση που μπορεί να προκύψει από τη συζήτηση είναι, να ερευνήσουμε την ερώτηση: από τι εξαρτάται η διαστολή ενός υγρού;

2. Προσδιορισμός των στοιχείων και της τεχνικής που απαιτούνται για την εξαγωγή συμπεράσματος

2α. Διατύπωση υποθέσεων

Αφού αποφασίσουν τι θα διερευνήσουν, ζητείται από τα παιδιά να διατυπώσουν υποθέσεις σχετικές με το ερευνητικό τους ερώτημα. Πιθανές υποθέσεις:

1η: Εξαρτάται από το είδος του υγρού που περιέχει το μπουκάλι.

2η: Εξαρτάται από τη θερμοκρασία του ζεστού νερού μέσα στο οποίο τοποθετείται το μπουκάλι με το υγρό

3η: Εξαρτάται από την ποσότητα του υγρού.

Πιθανά να υπάρχουν και άλλες υποθέσεις, οπότε μπορούν να καταγραφούν και να ελεγχθούν. Στόχος δεν είναι να μάθει κανείς απέξω τις υποθέσεις, ούτε να μάθει από τι εξαρτάται η διαστολή ενός υγρού. Στόχος είναι να μπορεί να ελέγξει την κάθε (λογική για το παιδί) υπόθεση που διατυπώνεται. Απώτερος στόχος: να αποκτήσει τη στάση να ελέγχει αν οι υποθέσεις ενός τρίτου στηρίζονται σε δεδομένα και προφανώς να ξέρει πώς να το κάνει. Αυτό είναι και συνεισφορά στην καλλιέργεια της ιδιότητας του πολίτη.

2β. έλεγχος κάθε υπόθεσης – σχεδιασμός και εκτέλεση του πειράματος

Ζητείται από τα παιδιά να σχεδιάσουν πώς θα ελέγξουν την 1η υπόθεση, δηλαδή ότι το πόσο διαστέλλεται ένα υγρό εξαρτάται από το είδος του υγρού. Επιθυμητή τελική πρόταση, που θα διαμορφωθεί μετά από συζήτηση: παίρνουμε τρία ίδια μπουκάλια, με ίδια καλαμάκια περασμένα στο καπάκι τους. Γεμίζουμε το πρώτο μπουκάλι με νερό, το δεύτερο με οινόπνευμα και το τρίτο με λάδι. Τοποθετούμε τα τρία μπουκάλια μέσα στο ίδιο δοχείο, π.χ. ένα “τάπερ” και ρίχνουμε ζεστό νερό σε αυτό. Παρατηρούμε αν τα υγρά, που είναι μέσα στα τρία μπουκάλια, ανεβαίνουν στο ίδιο ή διαφορετικό ύψος στο κάθε καλαμάκι. Ουσιαστικά, για να ελέγξουν την πρώτη υπόθεση κρατούν σταθερούς όλους του άλλους παράγοντες (μεταβλητές στη γλώσσα της Φυσικής, εδώ την ποσότητα του υγρού και τη θερμοκρασία του λουτρού) και αλλάζουν μόνο το είδος του υγρού. Έτσι αν παρατηρήσουν διαφορά στη διαστολή του υγρού είναι σίγουρο ότι αυτή οφείλεται στο μόνο που άλλαξε, δηλαδή στο είδος του υγρού που υπάρχει μέσα στο μπουκάλι. Τα παιδιά καταλήγουν στο συμπέρασμα το οποίο και σημειώνουν.

Στη συνέχεια ζητείται από τα παιδιά να σχεδιάσουν πώς θα ελέγξουν τη 2η υπόθεσή τους. Επιθυμητή τελική πρόταση: παίρνουμε δυο ίδια μπουκάλια, με ίδια καλαμάκια περασμένα στο καπάκι τους. Τα γεμίζουμε με το ίδιο υγρό και τα τοποθετούμε σε δυο διαφορετικά “τάπερ”. Στο ένα “τάπερ” ρίχνουμε χλιαρό νερό και στο άλλο ζεστό. Παρατηρούμε πόσο ανεβαίνει το υγρό στο κάθε καλαμάκι. Τα παιδιά καταλήγουν σε συμπέρασμα το οποίο και σημειώνουν. Ανάλογα ελέγχεται και η 3η υπόθεση.

Γενικά σε κάθε μια από τις παραπάνω περιπτώσεις ο δάσκαλος θα μπορούσε να ζητήσει από τους μαθητές πρόβλεψη και μετά την εκτέλεση του πειράματος να τους ζητήσει να ελέγξουν αν η πρόβλεψή τους επαληθεύτηκε ή όχι. Αν δεν επαληθεύτηκε μπορεί να τους ζητήσει να αναλογιστούν που έκαναν λάθος και γιατί.

3. Εξαγωγή και αξιολόγηση των συμπερασμάτων που έχουν προέλθει από τα δεδομένα στοιχεία.

Αν η τάξη δουλέψει σε κοινό μέτωπο, μετωπικά θα πρέπει να συζητηθούν και τα αποτελέσματα που προέκυψαν. Αν τα παιδιά δουλέψουν σε ομάδες σε αυτό το σημείο η κάθε ομάδα γράφει τα συμπεράσματά της και ελέγχει αν αυτά στηρίζονται στα δεδομένα που έχουν συλλέξει.

4. Ανακοίνωση των συμπερασμάτων.

Αν τα παιδιά δουλέψουν σε ομάδες, η κάθε ομάδα θα πρέπει να ανακοινώσει τα συμπεράσματά της στην τάξη. Οι άλλες ομάδες θα κρίνουν αν τα συμπεράσματα της ομάδας που ανακοινώνονται στηρίζονται σε δεδομένα. Αν στηρίζονται σε δεδομένα γίνονται αποδεκτά, ακόμη και αν διαφέρουν από τα δικά τους.

Η πορεία για να φτάσει μία τάξη στον παραπάνω τρόπο εργασίας

Το παράδειγμα με την διαστολή των υγρών που παρουσιάστηκε είναι η κατάσταση στην οποία θα επιθυμούσαμε να φτάσουμε: οι μαθητές να ασχολούνται με διερευνητικές δραστηριότητες τις οποίες σχεδιάζουν από το μηδέν, αναγνωρίζοντας το ερώτημα που μπορεί να διερευνηθεί, και να τις υλοποιούν μόνοι τους. Όμως δεν μπορούμε να αναμένουμε ότι οι μαθητές εύκολα θα είναι σε θέση να σχεδιάσουν και να πραγματοποιήσουν τις δικές τους έρευνες. Στην πραγματικότητα χρειάζονται χρόνο και εκπαίδευση για να αναπτύξουν σταδιακά ερευνητικές ικανότητες και στάσεις ώστε να φτάσουν στο σημείο να μπορούν μόνοι τους να διεξάγουν τη δική τους ανοιχτή έρευνα. Παρουσιάζεται στη συνέχεια μια μαθησιακή πορεία στη διάρκεια της οποίας ο μαθητής, ξεκινώντας από την αρχή, θα φτάσει στο επίπεδο να μπορεί να σχεδιάσει τη δική του έρευνα.

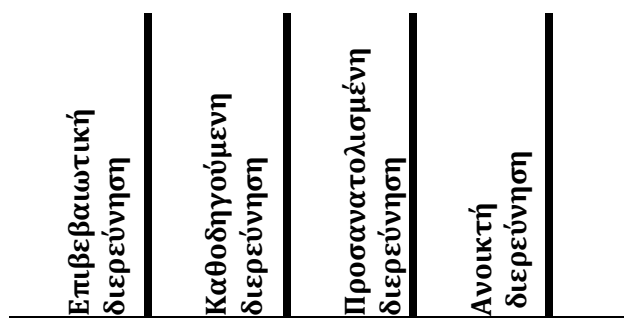
Οι διάφορες μορφές διερεύνησης

Στη χώρα μας μπήκε στο εκπαιδευτικό λεξιλόγιο, τα τελευταία κυρίως χρόνια, και η διερεύνηση. Από πολλούς αντιμετωπίζεται ως συνώνυμο της καθοδηγούμενης ανακάλυψης, από άλλους ως κάτι νέο.

Κάποιοι αναρωτιούνται: μετά την εποικοδόμηση και τις ιδέες των μαθητών όλα αυτά τα χρόνια, τώρα έγινε της «μόδας» κάτι άλλο; Θα επιχειρήσω να δώσω μια συνολική εικόνα για να δείξω πώς σχετίζονται όλα αυτά και πώς μπορούν να μπου σε ένα ενιαίο εξελισσόμενο πλαίσιο με την εποικοδόμηση να υπηρετείται και από τη διερεύνηση.

Ήδη από το 1960 ο Schwab εισηγήθηκε μια ταξινόμηση των εργαστηριακών ασκήσεων στα σχολικά εγχειρίδια και οδηγούς σε τρία επίπεδα, ανάλογα με το τι δίνουν και το τι ζητούν από το μαθητή. Στο πρώτο επίπεδο, το εγχειρίδιο (ο εργαστηριακός οδηγός) θέτει την ερώτηση, περιγράφει τα απαιτούμενα υλικά και δίνει οδηγίες που θα ακολουθήσει ο μαθητής για να βρει την απάντηση. Στο δεύτερο επίπεδο το εγχειρίδιο θέτει το πρόβλημα αλλά η πορεία για τη λύση του και η απάντηση μένουν ανοικτά. Στο τρίτο επίπεδο, το ίδιο το πρόβλημα, η απάντηση και η πορεία μένουν ανοικτά (Schwab, 1960). Το 1971 ο Herron στα παραπάνω προσθέτει και το μηδενικό επίπεδο, κατά το οποίο το εγχειρίδιο θέτει το πρόβλημα, παρέχει τις οδηγίες και τα υλικά και ζητά από το μαθητή να επιβεβαιώσει κάτι που ήδη γνωρίζει.

Προκύπτει, έτσι, μια εξέλιξη της μορφής της διερεύνησης (Εικόνα 4) η οποία μπορεί πλέον να περιγραφεί, σε αντιστοιχία με τα παραπάνω τέσσερα επίπεδα, ως επιβεβαιωτική, καθοδηγούμενη, προσανατολισμένη ή ανοικτή διερεύνηση [1]. Οι σταθμοί στην εξελικτική αυτή πορεία προσδιορίζονται από το πόσες πολλές πληροφορίες (π.χ., ερευνητικές ερωτήσεις, οδηγίες για την ακολουθούμενη πορεία, υλικά, και γνώση ή όχι των αναμενόμενων αποτελεσμάτων) παρέχονται στους μαθητές (Bell, Smetana & Binns, 2005).



Εικόνα 4. Το εξελισσόμενο συνεχές της διερεύνησης

Κατά την εφαρμογή της επιβεβαιωτικής διερεύνησης, δίνονται στους μαθητές η ερώτηση, οι οδηγίες τις οποίες θα ακολουθήσουν στην ερευνά τους και τα απαιτούμενα υλικά. Τα αποτελέσματα της διερεύνησης είναι ήδη γνωστά στους μαθητές. Έχετε ένα παράδειγμα επιβεβαιωτικής διερεύνησης αν στους μαθητές σας, π.χ. της Β΄ Γυμνασίου, κάνετε πρώτα το μάθημα «Διαστολή όγκου σε στερεά και υγρά» (Αντωνίου κ.ά. 2008α, σελ. 131) και στη συνέχεια, αφού τους χωρίσετε σε μικρές ομάδες, τους δώσετε τα απαιτούμενα υλικά και τον εργαστηριακό οδηγό (Αντωνίου κ.ά. 2008β, σελ. 44) [2], και τους ζητήσετε να κάνουν το σχετικό πείραμα. Η έρευνα επιβεβαίωσης είναι χρήσιμη όταν στόχοι του δασκάλου είναι: i) να ενισχύσει κάτι που έχει ήδη διδάξει ii) να εισάγει τους μαθητές στην

εμπειρία της διεξαγωγής έρευνας, iii) να ασκηθούν οι μαθητές σε μια συγκεκριμένη δεξιότητα έρευνας, όπως π.χ. η συλλογή και η καταγραφή δεδομένων.

Κατά την εφαρμογή της καθοδηγούμενης διερεύνησης (στη χώρα μας αναφέρεται ως καθοδηγούμενη ανακάλυψη) δίνονται στους μαθητές η ερώτηση, τα απαιτούμενα υλικά και οδηγίες για τη διαδικασία που θα ακολουθήσουν. Οι μαθητές δεν γνωρίζουν την απάντηση πριν κάνουν το πείραμα. Στόχος είναι να εξάγουν ένα συμπέρασμα που στηρίζεται στα στοιχεία που έχουν συλλέξει. Για παράδειγμα, χωρίς να έχει προηγηθεί η σχετική διδασκαλία δίνονται στα παιδιά γραπτές οδηγίες, μπαταρίες καλώδια και διάφορα υλικά και ζητείται από τα παιδιά να ταξινομήσουν τα υλικά που τους δόθηκαν σε αγωγούς και μονωτές. Ενώ η επιβεβαιωτική και η καθοδηγούμενη έρευνα θεωρούνται έρευνες σε χαμηλότερο επίπεδο, είναι διεθνώς πολύ κοινές στις Φυσικές Επιστήμες στις πρώτες τάξεις του δημοτικού. Είναι σημαντικές γιατί επιτρέπουν στους μαθητές να αναπτύξουν σταδιακά τις ικανότητές τους για τη διεξαγωγή πιο ανοικτής έρευνας. Η διαφορά μεταξύ της επιβεβαιωτικής και της καθοδηγούμενης διερεύνησης είναι το αν οι μαθητές γνωρίζουν ή όχι το αποτέλεσμα της διερεύνησης.

Επίπεδο διερεύνησης	Ερώτηση	Οδηγίες	Αποτέλεσμα	Υλικά
1. Επίπεδο επιβεβαίωσης Οι μαθητές επιβεβαιώνουν κάτι, εκ των προτέρων γνωστό, μέσω μιας δραστηριότητας	ναι	ναι	ναι	ναι
2. Καθοδηγούμενη διερεύνηση Οι μαθητές ερευνούν μια ερώτηση που δίνεται από το δάσκαλο ακολουθώντας οδηγίες	ναι	ναι	όχι	ναι
3. Προσανατολισμένη διερεύνηση Οι μαθητές ερευνούν μια ερώτηση που δίνεται από το δάσκαλο αλλά σχεδιάζουν ή επιλέγουν οι ίδιοι την πορεία που θα ακολουθήσουν	ναι	όχι	όχι	?
4. Ανοιχτή διερεύνηση Οι μαθητές ερευνούν ερωτήσεις, τις οποίες διατυπώνουν οι ίδιοι, μέσω πορείας την οποία σχεδιάζουν ή επιλέγουν μόνοι τους	όχι	όχι	όχι	?

Πίνακας 1. Τα επίπεδα της διερεύνησης και οι πληροφορίες που παρέχονται στο μαθητή στο κάθε ένα.

Κατά την εφαρμογή της προσανατολισμένης διερεύνησης δίνεται στους μαθητές μόνο το πρόβλημα (ερευνητικό ερώτημα). Οι μαθητές σχεδιάζουν την πορεία που θα ακολουθήσουν για να απαντήσουν το ερώτημα. Τα υλικά μπορεί να δίνονται από το δάσκαλο, συνήθως στη λογική “επιλέξτε από αυτά που σας δίνω”. Μπορεί όμως και να ζητείται από τους μαθητές να επιλέξουν υλικά με τρόπο τελείως ανοιχτό. Στη δεύτερη περίπτωση υπάρχει το ενδεχόμενο να μη διαθέτει ο δάσκαλος τα υλικά που θα επιλέξουν οι μαθητές του. Στον Πίνακα 1 το ερωτηματικό δηλώνει τη δυνατότητα ανάμεσα

στις δυο παραπάνω επιλογές. Επειδή αυτό το είδος της διερεύνησης είναι περιπλοκότερο από την καθοδηγούμενη διερεύνηση, απαιτεί να έχουν ήδη οι μαθητές ασκηθεί στο σχεδιασμό πειραμάτων, στην καταγραφή και την επεξεργασία δεδομένων. Ό,τι δηλαδή έκαναν στα δυο πρώτα επίπεδα. Ο σχεδιασμός της διαδικασίας στην οποία συμμετέχουν εδώ τους προετοιμάζει για το τέταρτο επίπεδο. Παρατήρησε στον Πίνακα 1 πώς αυξάνονται τα «όχι» περνώντας από το ένα επίπεδο στο άλλο. Τα «ναι» του προηγούμενου επιπέδου αποτελούν στάδιο εκπαίδευσης για το επόμενο όπου έχουν αντικατασταθεί από «όχι».

Κατά την εφαρμογή της ανοιχτής διερεύνησης οι μαθητές παράγουν τα ερωτήματα, σχεδιάζουν και διεξάγουν την έρευνα, ανακοινώνουν τα αποτελέσματά τους και κρίνουν τα αποτελέσματα των άλλων. Για τα υλικά ισχύει και εδώ ό,τι και στην προσανατολισμένη διερεύνηση. Το παράδειγμα που έχω δώσει παραπάνω με τη διαστολή των υγρών, είναι ένα παράδειγμα ανοιχτής διερεύνησης. Ας σημειωθεί ότι α) οι μαθητές μπορούν να βιώσουν πολλαπλά επίπεδα διερεύνησης κατά τη διάρκεια μιας μόνο ενότητας, β) το ότι οι μαθητές σχεδιάζουν την πορεία τους δεν σημαίνει ότι ο ρόλος του δάσκαλου είναι παθητικός, και γ) οι μαθητές της τέταρτης και πέμπτης τάξης του Δημοτικού, με την εμπειρία που θα έχουν αποκτήσει στα τρία πρώτα επίπεδα της διερεύνησης, θα είναι σε θέση να διεξαγάγουν επιτυχώς ανοικτές έρευνες (Banchi & Bell, 2008).

Η εποικοδόμηση της γνώσης είναι διαφορετική ταξινόμηση από την ταξινόμηση της διερεύνησης σε τέσσερα επίπεδα που είδαμε εδώ. Εποικοδόμηση της γνώσης μπορεί να γίνει ακόμη και με κλασική διδασκαλία, εξαρτάται από το πώς επεξεργάζεται κάποιος την πληροφορία που παίρνει. Τα τρία επίπεδα της διερεύνησης πέραν του μηδενικού (και όχι μόνο αυτά) καλύπτουν πλήρως, κατάλληλα χειριζόμενα, το επικρατέστερο μοντέλο εποικοδομητικής διδασκαλίας.

Η σημερινή ελληνική πραγματικότητα

Στη χώρα μας τόσο στην Πρωτοβάθμια όσο και στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση ο χειρισμός υλικών γίνεται (αν και όταν) με αποκλειστικό στόχο την απόκτηση γνώσεων. Το επίπεδο της επιβεβαιωτικής διερεύνησης το βιώσαμε ως φοιτητές Τμημάτων Φυσικής, όπου το αποτέλεσμα της διερεύνησης ήταν γνωστό και άρα το πείραμά μας ήταν σωστό όταν τα δεδομένα στήριζαν το γνωστό αποτέλεσμα, τη «θεωρία». Αν τα δεδομένα δεν συμφωνούσαν με τα αναμενόμενα, κακό του κεφαλιού τους! Το ίδιο επίπεδο της επιβεβαιωτικής διερεύνησης το βρίσκουμε και στους εργαστηριακούς οδηγούς της Β' και Γ' Γυμνασίου. Στη Ε' και Στ' Δημοτικού έχουμε μια μορφή καθοδηγούμενης διερεύνησης (ανακάλυψης). Στη διεθνή βιβλιογραφία τα δυο πρώτα επίπεδα της διερεύνησης χρησιμοποιούνται ως στάδια εκπαίδευσης των παιδιών. Το πρόβλημα είναι ότι στη χώρα μας η επιβεβαιωτική και η καθοδηγούμενη διερεύνηση είναι ακόμα το επιθυμητό, με την έννοια ότι δεν εφαρμόζονται συχνά. Τα δυο ανώτερα επίπεδα διερεύνησης απλά δεν εμφανίζονται καθόλου.

Σχόλια

[1]. Στην αγγλόφωνη βιβλιογραφία τα τέσσερα επίπεδα ονομάζονται: Confirmation, Structured, Guided και Open Inquiry. Επέλεξα να αποδώσω κατά λέξη το πρώτο και τέταρτο επίπεδο. Για την ονομασία στα ελληνικά του δεύτερου επιπέδου δεν μετέφρασα κατά λέξη το όρο Structured. Επέλεξα να χρησιμοποιήσω το όνομα που τα τελευταία 40 περίπου χρόνια χρησιμοποιείται στη χώρα μας για να αποδώσει αυτό που στη βιβλιογραφία περιγράφεται με τον όρο Structured. Στην Ελλάδα (όχι η λέξη αλλά) η διαδικασία αποδίδεται με τον όρο καθοδηγούμενη ανακάλυψη. Για το τρίτο επίπεδο προτίμησα τον όρο προσανατολισμένη έρευνα γιατί ουσιαστικά ο δάσκαλος απλά οδηγεί (προσανατολίζει) τα παιδιά στο τι να ερευνήσουν. Δεν τα οδηγεί με την έννοια της καθοδήγησης του πώς θα το κάνουν.

[2]. Από τα Χριστούγεννα του 2014 έχει αναρτηθεί στο «Φωτόδεντρο» νέος εργαστηριακός οδηγός για την Β΄ Γυμνασίου. Αναφέρομαι εδώ στον παλιότερο αφενός διότι υπάρχει ακόμη στα σχολεία και αφετέρου διότι περιλαμβάνει το πείραμα στο οποίο αναφέρομαι.

Βιβλιογραφία

Banchi, H., Bell, R., 2008. The many levels of inquiry. *Science and Children*, 46(2) p.p. 26-29.

Bell, R., Smetana, L., Binns I., 2005. Simplifying inquiry instruction. *The Science Teacher* 72 (7) p.p. 30-33.

Dewey, J. 2014. Οι Φυσικές Επιστήμες ως περιεχόμενο και ως μέθοδος. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, τεύχος 1 σελίδες 11-18.

Herron, M., 1971. The nature of scientific inquiry. *School Review* 79 (2), pp. 171-212.

Schwab, J., 1960. Inquiry, the Science Teacher, and the Educator. *The School Review* 68 (2), pp. 176-195.

Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., Παπασιμίπα, Λ., 2008α. *Φυσική Β΄ Γυμνασίου*. ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., Παπασιμίπα, Λ., (2008β). *Φυσική Β΄ Γυμνασίου, εργαστηριακός οδηγός*. ΟΕΔΒ, Αθήνα

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

Κουμαράς Π., Πράμας Χ., Χαραλάμπους Μ., 2012. Καλλιέργεια των "Ικανοτήτων - κλειδιών" και της ιδιότητας του πολίτη με το νέο πρόγραμμα Φυσικών Επιστημών στην Κύπρο. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, τ. 169 σ. 64-83.

Κουμαράς, Π., Κεραμιδάς Κ., Τσεχερίδης, Σ., 2011. *Προγράμματα σπουδών Φυσικών Επιστημών στην κατεύθυνση γνώσεις και ικανότητες για τη ζωή. Τόμος II: Φυσική Α΄ Γυμνασίου – Α΄ Λυκείου*. Εκδόσεις Επίκεντρο. Θεσσαλονίκη

Κουμαράς, Π., Πράμας, Χ., Σταμπουλή, Μ., 2010. *Προγράμματα σπουδών Φυσικών Επιστημών στην κατεύθυνση γνώσεις και ικανότητες για τη ζωή. Τόμος I: Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση*. Εκδόσεις Επίκεντρο. Θεσσαλονίκη



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.

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

Γιώργος Στύλος, Κωνσταντίνος Κώτσης και Αναστάσιος Εμβαλωτής

Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία αποτελεί το Β' μέρος της εργασίας που δημοσιεύτηκε στο προηγούμενο τεύχος του ανά χείρας περιοδικού (Στύλος, Κώτσης & Εμβαλωτής, 2014). Εδώ παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την ποιοτική έρευνα 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. Η ποιοτική ανάλυση καταδεικνύει ότι η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών, παρόλο που αξιοποιεί εποικοδομητικά και ανακαλυπτικά χαρακτηριστικά στις αρχικές φάσεις της διδασκαλίας, σε ό,τι αφορά την πειραματική διδασκαλία, προσφεύγει στην παραδοσιακή επίδειξη των πειραμάτων. Ο σχεδιασμός του μαθήματος δεν λαμβάνει υπόψη τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών και μολονότι θεωρούν ότι η ομαδοσυνεργατική διδασκαλία αποτελεί ένα αποτελεσματικό μοντέλο διδασκαλίας, αξιοποιείται από ελάχιστους.

Μεθοδολογία της έρευνας

Τον πληθυσμό της έρευνας αποτέλεσαν 35 εκπαιδευτικοί (17 άντρες και 18 γυναίκες) οι οποίοι δίδαξαν το μάθημα «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» τα τελευταία πέντε χρόνια. Ο μέσος όρος του χρόνου υπηρεσίας των εκπαιδευτικών είναι τα 13 έτη. Ως προς τις σπουδές οι περισσότεροι είναι απόφοιτοι Παιδαγωγικών Τμημάτων, ενώ όσοι αποφοίτησαν από την Παιδαγωγική Ακαδημία συμμετείχαν, εκτός από δύο, και στην Εξομοίωση. Επίσης, ένας στους τρεις είναι κάτοχος μεταπτυχιακών τίτλων σπουδών ή/και δεύτερου πτυχίου καθώς και απόφοιτοι του Διδασκαλείου. Κατά μέσο όρο έχουν διδάξει το μάθημα των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) έξι χρόνια.

Η μέθοδος της έρευνας ήταν η ημι-δομημένη συνέντευξη και οι ερωτήσεις, με κάποιες τροποποιήσεις στη διατύπωση, προήλθαν από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και την προσωπική εμπειρία (Pine, Messer & St John, 2001). Οι ερωτήσεις που τέθηκαν στους εκπαιδευτικούς (Παράρτημα) αφορούν τα στάδια διδασκαλίας του προτεινόμενου διδακτικού μοντέλου (προετοιμασία και σχεδιασμός της διδασκαλίας, ανάδειξη ιδεών, πειραματική αντιμετώπιση, φάση εφαρμογής των νέων ιδεών), την αξιολόγηση, τις παρανοήσεις και την ομαδοσυνεργατική διδασκαλία. Η διάρκεια κάθε συνέντευξης κυμάνθηκε στα 30-40 λεπτά. Μετά την απομαγνητοφώνηση, ακολουθήθηκε η διαδικασία της ποιοτικής ανάλυσης των Miles & Huberman (1994).

Αποτελέσματα της ποιοτικής έρευνας

Ακολουθούν τα αποτελέσματα της ποιοτικής ανάλυσης κατηγοριοποιημένα ανά φάση διδασκαλίας.

Προετοιμασία και Σχεδιασμός της διδασκαλίας

Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί δίνουν ιδιαίτερη βαρύτητα στην προετοιμασία του πειράματος (συγκέντρωση υλικών) και στην επιτυχή εκτέλεση και ερμηνεία του, δηλαδή να εξαχθεί συμπέρασμα μέσα από το πείραμα και να γίνει αντιληπτή η έννοια που διδάσκεται από τους μαθητές. Οι υπόλοιποι προετοιμάζονται πάνω στην κατανόηση και αποσαφήνιση των εννοιών που πρόκειται να διδάξουν, στην πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών, στην εισαγωγή της νέας ενότητας, στην αναζήτηση πληροφοριών (βιβλίο δασκάλου, Internet, βιβλία Φυσικής), στην ανίχνευση στο τι μπορεί να δυσκολέψει το μαθητή, στην διερεύνηση της προϋπάρχουσας γνώσης των μαθητών, στο σχεδιασμό και στη μεθοδολογία, στους στόχους κάθε ενότητας και στις εργασίες του τετραδίου εργασιών.

Οι παράγοντες τους οποίους λαμβάνουν υπόψη οι εκπαιδευτικοί όταν σχεδιάζουν τη διδασκαλία ενός μαθήματος είναι οι εξής:

- Το γνωστικό επίπεδο των μαθητών
- Να είναι ενδιαφέρον, χρήσιμο και ευχάριστο για τους μαθητές
- Η προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών
- Η κατανόηση των εννοιών εκ μέρους των εκπαιδευτικών
- Η προετοιμασία, η εκτέλεση και η ερμηνεία των πειραμάτων
- Η διδακτική μεθοδολογία
- Οι στόχοι κάθε ενότητας
- Οι στρατηγικές γνωστικής σύγκρουσης
- Οι γνώσεις, ως προς το περιεχόμενο, του εκπαιδευτικού
- Οι εργασίες του τετραδίου εργασιών
- Ο διαθέσιμος διδακτικός χρόνος
- Το κοινωνικό περιβάλλον

Σχεδόν όλοι οι εκπαιδευτικοί λαμβάνουν υπόψη την προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών η οποία αξιοποιείται ως αφορμή για την εισαγωγή στη νέα έννοια και την ανάδειξη της νέας γνώσης μέσω της γνωστικής σύγκρουσης.

Σε ό,τι αφορά τα πειράματα, ένας στους τρεις εκπαιδευτικούς δεν εκτελεί τα πειράματα στο σπίτι είτε γιατί είναι σίγουρος για την επιτυχή εκτέλεση τους είτε γιατί τα έχει εκτελέσει στο παρελθόν και είναι πεπεισμένος για την επιτυχή εκτέλεση τους. Εκπαιδευτικός, του οποίου το πείραμα δεν «πετύχαινε» στο σπίτι, δεν το πραγματοποιούσε στο σχολείο. Η συντριπτική πλειοψηφία των εκπαιδευτικών δήλωσε την αποτυχία εκτέλεσης του πειράματος κατά τη διάρκεια της διδακτικής διαδικασίας όταν δεν το είχαν προετοιμάσει. Τέλος, η συγκέντρωση των υλικών γίνεται κυρίως από τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς, ενώ κάποια υλικά υπάρχουν ήδη στο σχολείο.

Ανάδειξη ιδεών

Η εισαγωγή και η ανάδειξη των ιδεών των μαθητών στην νέα ενότητα πραγματοποιείται από τους εκπαιδευτικούς με εικόνες, συζήτηση, ερωτήσεις σχετικά με την έννοια, παραδείγματα από την καθημερινότητα και την εμπειρία τους, πειράματα, σύνδεση από την προηγούμενη ενότητα, ανάγνωση του βιβλίου και ερωτήσεις από το τετράδιο εργασιών.

Οι μισοί εκπαιδευτικοί, περίπου, δεν καταγράφουν τις αντιλήψεις των μαθητών στον πίνακα, σε αντίθεση με τους υπόλοιπους οι οποίοι τις καταγράφουν σχεδόν πάντα ή ανάλογα με το χρόνο που έχουν στη διάθεση τους. Η γνωστική σύγκρουση που θα προκληθεί κατά τη διάρκεια του μαθήματος αποτελεί τον κύριο λόγο για τον οποίο οι εκπαιδευτικοί καταγράφουν τις αντιλήψεις των μαθητών. Ένας εκπαιδευτικός δήλωσε ότι με τις αντιλήψεις των μαθητών φτιάχνει εννοιολογικό χάρτη στον πίνακα.

Πειραματική αντιμετώπιση

Οι μισοί περίπου εκπαιδευτικοί εφαρμόζουν κυρίως το ομαδο-συνεργατικό μοντέλο σε διάφορες παραλλαγές:

- Όλοι οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες
- Μία ομάδα πραγματοποιεί το πείραμα και οι υπόλοιποι μαθητές το παρατηρούν
- Ο αριθμός των ομάδων ποικίλει ανάλογα με τα διαθέσιμα υλικά και την επικινδυνότητα του πειράματος
- Όλοι οι μαθητές ή μια ομάδα προετοιμάζουν το πείραμα στο σπίτι και αναλαμβάνουν την παρουσίαση του την επόμενη μέρα στη τάξη με τους συμμαθητές τους σε ρόλο παρατηρητή
- Εκτέλεση του πειράματος από τον εκπαιδευτικό και επανάληψή του από τις ομάδες των μαθητών.

Ο ρόλος τους, όπως περιγράφεται από τους ίδιους, είναι συντονιστικός, παρεμβατικός, βοηθητικός, ενισχυτικός, διακριτικός και καθοδηγητικός κατά τη διάρκεια υλοποίησης του πειράματος από την

ομάδα ή τις ομάδες, ενώ τα πειράματα επίδειξης διεξάγονται ανάλογα με το βαθμό επικινδυνότητας και δυσκολίας του πειράματος, την έλλειψη υλικών για το σχηματισμό ομάδων και το διαθέσιμο χρόνο.

Οι υπόλοιποι εκπαιδευτικοί πραγματοποιούν πειράματα επίδειξης με τους μαθητές είτε σε ρόλο παρατηρητή συγκεντρωμένους γύρω από αυτόν ή από τα θρανία είτε με τη συνεργασία μερικών μαθητών. Η συμμετοχή των μαθητών καθορίζεται από το βαθμό επικινδυνότητας και δυσκολίας του πειράματος και το διαθέσιμο χρόνο. Ένας εκπαιδευτικός δήλωσε ότι εκτελούσε τα πειράματα σε κάθε ομάδα μαθητών ξεχωριστά με τους μαθητές της ομάδας να παρατηρούν.

Η έλλειψη υλικών για το πείραμα, η αδυναμία κατανόησης της χρησιμότητάς του και η ενδεχόμενη αποτυχία εκτέλεσης του πειράματος αποτελούν τους λόγους για τους οποίους οι εκπαιδευτικοί δεν πραγματοποιούν κάποια πειράματα.

Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί δεν πραγματοποιούν πειράματα εκτός τετραδίου εργασιών λόγω έλλειψης διδακτικού χρόνου, του ενδεχόμενου αποτυχίας άλλων πειραμάτων και επειδή δεν γνωρίζουν τι διαφορετικό να κάνουν. Κάποιοι αντικαθιστούν τα δύσκολα σε εκτέλεση πειράματα του τετραδίου εργασιών ή τα πειράματα που δεν οδηγούν σε προφανές συμπέρασμα με άλλα παραπλήσια. Κάποιοι πραγματοποιούν πειράματα με υπολογιστή αξιοποιώντας κατάλληλα λογισμικά ή προβάλλοντας τα πειράματα σε βίντεο μέσω διαδικτύου.

Οι μαθητές αντιμετωπίζουν αρκετές δυσκολίες στην διατύπωση συμπερασμάτων τα οποία προκύπτουν από την εκτέλεση των πειραμάτων. Η πρώτη επαφή με καινούριες έννοιες, το λεξιλόγιο, η ορολογία και η προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών αποτελούν αιτίες αυτών των δυσκολιών με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού να κρίνεται απαραίτητη.

Φάση εφαρμογής των νέων ιδεών

Οι εργασίες στο τέλος της ενότητας του τετραδίου εργασιών πραγματοποιούνται στο σχολείο και στο σπίτι. Στο σχολείο, οι εργασίες (κυρίως αυτές που θεωρούνται δύσκολες και πάντα υπό την προϋπόθεση ότι το επιτρέπει ο χρόνος) πραγματοποιούνται ατομικά, ομαδικά ή μέσα από συζήτηση με τους μαθητές.

Αξιολόγηση

Οι εκπαιδευτικοί αξιολογούν τους μαθητές ανάλογα με τη συμμετοχή τους ατομικά ή στην ομάδα τους, την επίδοση στα διαγωνίσματα, τις απαντήσεις που δίνουν στις ερωτήσεις, το ενδιαφέρον που δείχνουν, την προσπάθεια που καταβάλουν, την ανταπόκριση στις εργασίες του τετραδίου εργασιών, τη σύνδεση μιας έννοιας με την καθημερινότητα, την πραγματοποίηση ή την περιγραφή ενός πειράματος και τις ερωτήσεις που θέτουν. Ένας στους τρεις εκπαιδευτικούς θεωρεί αποτελεσματικότερη μέθοδος αξιολόγησης το γραπτό διαγώνισμα. Οι υπόλοιποι θεωρούν τη

συμμετοχή του μαθητή, την περιγραφική αξιολόγηση, συνδυασμούς αξιολογήσεων και όσες αναφερθήκαν στην προηγούμενη ερώτηση.

Η αξιολόγηση αποτελεί μέθοδο μέσω της οποίας οι μισοί εκπαιδευτικοί του πληθυσμού της έρευνας αντιλαμβάνονται το πόσο κατανόησαν οι μαθητές μία καινούρια έννοια. Οι υπόλοιποι θεωρούν ότι αποτελεί μέθοδο επανατροφοδότησης και αυτό-αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας της διδασκαλίας, της επίτευξης των διδακτικών στόχων και της διαμόρφωσης του επιπέδου της διδασκαλίας.

Η συντριπτική πλειοψηφία των εκπαιδευτικών δηλώνει ότι αυτό-αξιολογείται. Οι λόγοι για τους οποίους το κάνουν είναι οι εξής:

- Βελτίωση ή διόρθωση της διδασκαλίας
- Να γίνουν καλύτεροι και αποτελεσματικότεροι
- Να διαπιστώσουν τι μπορεί να πήγε λάθος στη διδασκαλία σε περίπτωση που δεν κατανοούν οι μαθητές (οι εκπαιδευτικοί θεωρούν ότι αυτοί έκαναν διδακτικά λάθη κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας).

Οι παράγοντες που συνεκτιμούν όταν βάζουν το τελικό βαθμό του τριμήνου σε έναν μαθητή είναι ο ατομικός τρόπος και ρυθμός μάθησης, η συμπεριφορά του, οι στάσεις, οι αξίες του και οι επιδόσεις του με βάση τους στόχους του αναλυτικού προγράμματος. Οι ερωτήσεις των γραπτών διαγωνισμάτων είναι κλειστού και ανοικτού τύπου, ενώ σε αρκετές περιπτώσεις υπερέχουν οι ανοικτού. Αυτές οι ερωτήσεις περιλαμβάνουν περιγραφή και ερμηνεία φαινομένων της καθημερινής ζωής των μαθητών, περιγραφή ενός πειράματος και ανάκληση ορισμών και συμπερασμάτων.

Παρανοήσεις

Η συντριπτική πλειοψηφία των εκπαιδευτικών θεωρούν σημαντικό έως πολύ σημαντικό να διαπιστώσουν τι ήδη γνωρίζουν οι μαθητές τους για μια έννοια της Φυσικής διότι μέσω της διδασκαλίας θα επιδιώξουν είτε να αλλάξουν τις εσφαλμένες αντιλήψεις των μαθητών είτε να ενισχύσουν τις σωστές.

Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί δηλώνουν ότι είναι συχνά ενημερωμένοι για το τι ήδη γνωρίζουν οι μαθητές, ενώ οι υπόλοιποι μόνο μερικές φορές. Αλλά αυτή η ενημέρωσή προέρχεται κυρίως από το ξεκίνημα της διδασκαλίας μέσω των ερωτήσεων, του διαλόγου και των συζητήσεων (κατά τη διάρκεια και άλλων μαθημάτων) που λαμβάνουν χώρα για την καινούρια έννοια. Ελάχιστοι εκπαιδευτικοί ανέφεραν ότι ενημερώνονται εκ των προτέρων από το βιβλίο του δασκάλου και τη διεθνή βιβλιογραφία ή έχουν τέτοια εφόδια από τις σπουδές τους. Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί θεωρούν ότι οι μαθητές τους έχουν εσφαλμένες αντιλήψεις συχνά, ενώ από τους υπόλοιπους κάποιοι θεωρούν ότι αυτό συμβαίνει μόνο μερικές φορές και κάποιοι ότι συμβαίνει πάντα. Δύο στους τρεις περίπου θεωρούν πως οι παρανοήσεις των μαθητών είναι χρήσιμες έως πολύ χρήσιμες ως προς το αποτέλεσμα τη μάθησης, διότι με τις παρανοήσεις:

- Προωθείται η συζήτηση και προκαλείται το ενδιαφέρον των μαθητών (αφόρμηση-προβληματισμός)
- Επέρχεται γνωστική σύγκρουση μέσω κυρίως της πειραματικής αντιμετώπισης
- Γνωρίζει ο εκπαιδευτικός το υπόβαθρο των μαθητών και τι πρέπει να αλλάξει
- Σημαίνει ότι ο μαθητής έχει εμπλακεί στην εξήγηση ενός φαινομένου, τον έχει απασχολήσει και προβληματίσει.

Οι υπόλοιποι εκπαιδευτικοί, που θεωρούν τις παρανοήσεις παρεμποδιστικές, τονίζουν πως αυτές αλλάζουν πολύ δύσκολα (έχουν σχηματιστεί και θεμελιωθεί), αποτελούν εμπόδιο στη διδακτική διαδικασία, απαιτούν χρόνο για να ανατραπούν μέσα από πειράματα και μεθόδους, μπερδεύουν τους μαθητές, οδηγούν σε εσφαλμένη κατανόηση του πειράματος, και αποτελούν παρανοήσεις και των ίδιων των εκπαιδευτικών.

Ομαδοσυνεργατική διδασκαλία

Όλοι σχεδόν οι εκπαιδευτικοί πιστεύουν πως η ομαδοσυνεργατική διδασκαλία που προτείνεται από το αναλυτικό πρόγραμμα είναι ένα αποτελεσματικό μοντέλο διδασκαλίας για την κατανόηση των εννοιών της Φυσικής διότι έτσι οι μαθητές αναπτύσσουν συνεργασίες μέσω των οποίων ανταλλάσσουν απόψεις και εμπειρίες, επιδρά ο ένας μαθητής στον άλλο, επικοινωνούν, διορθώνει ο ένας τον άλλον, αλληλο-συμπληρώνονται και ο καλός μαθητής βοηθά τον αδύναμο. Οι μαθητές με την ομαδο-συνεργατική διδασκαλία κατανοούν καλύτερα, αναπτύσσουν γνωστικές ικανότητες και αίσθημα αλληλο-σεβασμού, επιτυγχάνουν πιο εύκολα τους στόχους, έρχονται σε επαφή με τα υλικά, έχουν κίνητρα για μάθηση και χαίρονται το μάθημα.

Δύο εκπαιδευτικοί, παρόλο που το θεωρούν αποτελεσματικό μοντέλο, θεωρούν ότι είναι μη εφαρμόσιμο λόγω μη διαθέσιμου χρόνου (απαιτεί χρόνο), έλλειψης υποδομής, έλλειψη ομαδικότητας και συνεργασίας μεταξύ των μαθητών και αδυναμία των εκπαιδευτικών να το εφαρμόσουν.

Η ελλιπής υποδομή στα σχολεία (κατάλληλοι χώροι, υλικά), ο χρόνος, ο μεγάλος αριθμός των μαθητών, η μη συμμετοχή κάποιων μαθητών στις ομάδες, το γεγονός ότι οι μαθητές δεν έχουν μάθει να δουλεύουν ομαδικά, η αδυναμία των εκπαιδευτικών να το εφαρμόσουν, η μη πραγματοποίηση των πειραμάτων από κάποια ομάδα, η συμπεριφορά των μαθητών και ο βαθμός επικινδυνότητας κάποιων πειραμάτων είναι οι λόγοι για τους οποίους αρκετοί εκπαιδευτικοί δεν εφαρμόζουν το συγκεκριμένο μοντέλο, ανεξάρτητα από τη γνώμη που έχουν για αυτό.

Συμπεράσματα

Το πείραμα (συγκέντρωση υλικών, εκτέλεση, ερμηνεία) και η μελέτη των εννοιών που προτίθενται να διδάξουν οι εκπαιδευτικοί αποτελούν τις βασικές προτεραιότητες του σχεδιασμού μία διδακτικής ενότητας.

Η εργασία των μαθητών σε ομάδες στο σύνολο των ενοτήτων του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών, όπως αυτή προβλέπεται από το Αναλυτικό Πρόγραμμα, πραγματοποιείται από λίγους εκπαιδευτικούς. Το πείραμα επίδειξης αποτελεί βασική πρακτική των εκπαιδευτικών, με την ενεργή συμμετοχή, συνήθως, των μαθητών σε κάποια φάση του πειράματος και στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων και των συμπερασμάτων.

Κατά τους εκπαιδευτικούς, οι μαθητές έχουν συχνά παρανοήσεις για τις διάφορες έννοιες των Φυσικών Επιστημών, παρανοήσεις οι οποίες θεωρούνται σημαντικό και αξιοποιήσιμο εργαλείο για τον εκπαιδευτικό. Μέσα, λοιπόν, από τις παρανοήσεις των μαθητών, οι εκπαιδευτικοί προκαλούν το κέντρισμα του ενδιαφέροντος και έχουν τη δυνατότητα να τις αξιοποιήσουν για να προκαλέσουν γνωστική σύγκρουση με τη βοήθεια του πειράματος.

Η ανίχνευση των αντιλήψεων των μαθητών πραγματοποιείται στο ξεκίνημα της διδασκαλίας κατά τη φάση της εισαγωγής στη νέα έννοια. Ελάχιστοι φαίνεται να γνωρίζουν από πριν σε γενικές γραμμές ποιες είναι οι παρανοήσεις των μαθητών τους έτσι ώστε να σχεδιάσουν κατάλληλα τη διδασκαλία τους. Οι παρανοήσεις, από τη μια πλευρά, θεωρούνται εργαλείο για πρόκληση του ενδιαφέροντος, γνωστική σύγκρουση και εννοιολογική αλλαγή και από την άλλη παρεμποδιστικές, διότι είναι ανθεκτικές και δύσκολο να αλλάξουν.

Το πείραμα, η ομαδοσυνεργατική διδασκαλία και η αξιοποίηση των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών αποτελούν βασικά μέρη του τρόπου διδασκαλίας που προτείνεται από το Αναλυτικό Πρόγραμμα και πρέπει να αξιοποιηθούν από τους εκπαιδευτικούς. Το πείραμα φαίνεται να είναι για τους εκπαιδευτικούς ένα βασικό και απαραίτητο εργαλείο, καθώς και ένα αναπόσπαστο και ζωτικό κομμάτι της διδασκαλίας και της μάθησης των εννοιών της Φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο. Παρόλο, λοιπόν, που επισημαίνουν την αναγκαιότητα που έχει στην εκπαιδευτική διαδικασία, οι εκπαιδευτικοί είτε δεν έχουν εντάξει στη διδασκαλία τους όλα τα πειράματα που προτείνονται από το τετράδιο εργασιών είτε περιορίζονται σε μια θεωρητική διδασκαλία σε μορφή διάλεξης,

Σε ό,τι αφορά στην εργασία των μαθητών σε ομάδες, οι εκπαιδευτικοί αναγνωρίζουν τη σπουδαιότητα και τη σημασία που έχει για τους μαθητές κατά τη φάση της εκτέλεσης των πειραμάτων και όχι μόνο. Παρατηρήθηκε, δηλαδή, πως τις λίγες φορές που αυτή εφαρμόζεται, εφαρμόζεται ως επί το πλείστον από μια ομάδα μαθητών (ίσως και περισσότερες ομάδες ανάλογα με τα διαθέσιμα υλικά), με τους υπόλοιπους μαθητές σε ρόλο παρατηρητή.

Τέλος, η σημασία των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών είναι ιδιαίτερα σημαντική για τις μαθησιακές δραστηριότητες των μαθητών, αφού ο τρόπος με τον οποίο προσεγγίζουν τη νέα γνώση σχετίζεται άμεσα με το τι ήδη γνωρίζουν. Ωστόσο, οι εκπαιδευτικοί δεν είναι ενημερωμένοι εκ των προτέρων για τις ιδέες των μαθητών, όπως αυτές έχουν διερευνηθεί, διατυπωθεί και ταξινομηθεί και οι οποίες παρουσιάζονται στη διεθνή και εγχώρια βιβλιογραφία, καθώς και στο βιβλίο του δασκάλου, προκειμένου να σχεδιάσουν τις κατάλληλες διδακτικές προσεγγίσεις. Κατά συνέπεια, φαίνεται ότι ο

οποιοσδήποτε διδακτικός σχεδιασμός λαμβάνει χώρα επί τόπου και όχι νωρίτερα από την έναρξη του μαθήματος.

Μολονότι οι εκπαιδευτικοί επισημαίνουν τη σημασία και την αξία της εμπλοκής του ίδιου του μαθητή στην εκτέλεση των πειραμάτων (ενεργή συμμετοχή), της ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας, της ανάπτυξης του επιστημονικού τρόπου σκέψης μέσα από μια σειρά διδακτικών διαδικασιών και την αξιοποίηση των αντιλήψεων των μαθητών, στην πράξη οι προσεγγίσεις τους περιέχουν ελάχιστα εποικοδομητικά και διερευνητικά στοιχεία. Παρατηρείται, δηλαδή μια αναντιστοιχία ανάμεσα σε αυτό που πιστεύουν και σε αυτό που πραγματικά εφαρμόζουν. Παρόλο που πολλές στάσεις, πεποιθήσεις και αντιλήψεις τους παρουσιάζουν εποικοδομητικά χαρακτηριστικά, οι πρακτικές τους χαρακτηρίζονται παραδοσιακές.

Επειδή αυτή η έρευνα έχει περιοριστεί σε ένα μικρό πληθυσμό από μία συγκεκριμένη περιοχή, θεωρούμε ότι θα είχε ερευνητικό ενδιαφέρον η επέκτασή της σε εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης και της υπόλοιπης Ελλάδας, ώστε να προκύψουν δεδομένα που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για την επανεκτίμηση του ρόλου του δασκάλου και των μεθόδων διδασκαλίας του στην αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας των Φ.Ε. στο Δημοτικό Σχολείο.

Αναφορές

Miles, M., & Huberman, M. (1994). *Qualitative Data Analysis*. Thousand Oaks CA: Sage

Pine, K. J., Messer, D. J. & St. John, K. (2001). [Children's misconceptions in primary science: A survey of teachers' views](#). *Research in Science and Technology Education*, 19, 1, 79 – 96.

Στύλος, Γ., Κώτσης, Κ. και Εμβαλωτής, Α. (2014). Πρακτικές εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης στη διδασκαλία της Φυσικής (Α' Μέρος). *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, τεύχος 5, Χειμώνας 2014, 7-15.

Παράρτημα

Ενδεικτικές ερωτήσεις που τέθηκαν στους συμμετέχοντες εκπαιδευτικούς κατά τις ημιδομημένες συνεντεύξεις.

Προετοιμασία

- Πού δίνετε ιδιαίτερη βαρύτητα κατά την προετοιμασία του μαθήματος;
- Ποιους παράγοντες λαμβάνετε υπόψη όταν σχεδιάζετε ένα μάθημα;
- Οι προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό;
- Κάνετε τα πειράματα στο σπίτι σας; Σας έτυχε να μη «βγαίνει» ένα πείραμα αν δεν το είχατε προετοιμάσει;
- Πώς γίνεται η συγκέντρωση των υλικών;

Ανάδειξη ιδεών

- Πώς τους εισάγετε στη νέα ενότητα; Πώς τους κεντρίζετε το ενδιαφέρον;
- Ποια μέσα χρησιμοποιείτε για να αναδείξετε τις αντιλήψεις των μαθητών;

Φάση εφαρμογής των νέων ιδεών

- Πώς και πού πραγματοποιούνται οι εργασίες στο τέλος της ενότητας;
- Ποιο είναι εκείνο που πρέπει να έχουν αποκομίσει οι μαθητές μετά το πέρας της διδασκαλίας;

Αξιολόγηση

- Πώς αξιολογείτε τους μαθητές;
- Ποια είναι κατά τη γνώμη σας η αποτελεσματικότερη μέθοδος αξιολόγησης;
- Τί αποτελεί για εσάς η αξιολόγηση του μαθητή; Τι σημαίνει για εσάς (πως την αξιοποιείτε) η αξιολόγηση του μαθητή;
- Ποιους από τους παρακάτω παράγοντες συνεκτιμάτε όταν βάζετε τον τελικό βαθμό του τριμήνου σε έναν μαθητή στο μάθημα «Ερευνώ και Ανακαλύπτω»; (Μπορείτε να επιλέξετε μόνο 2).
- Όταν «φτιάχνετε» ένα τεστ για τις ενότητες της Φυσικής σε τι ποσοστό χρησιμοποιείτε κλειστού τύπου ερωτήσεις (σωστό- λάθος, αντιστοίχιση, πολλαπλής επιλογής, συμπλήρωση κενών κτλ) και σε τι ποσοστό ανοικτού τύπου ασκήσεις όπου οι μαθητές γράφουν ελεύθερα κείμενο με την απάντησή τους;

Αντιλήψεις εκπαιδευτικών για τις παρανοήσεις των μαθητών

- Όταν διδάσκετε μια καινούρια έννοια στη Φυσική, πόσο σημαντικό νομίζετε ότι είναι να βρείτε τι ήδη γνωρίζουν (είτε σωστά είτε εσφαλμένα) οι μαθητές για το θέμα; Γιατί;
- Όταν διδάσκετε μια καινούρια έννοια στη Φυσική, πόσο συχνά βρίσκετε ότι είστε πλήρως ενημερωμένος για το τι γνωρίζουν ήδη τα παιδιά για το θέμα (είτε σωστά είτε εσφαλμένα); Πώς ενημερώνεστε για το τι γνωρίζουν ήδη τα παιδιά;
- Όταν διδάσκετε μια νέα έννοια, βρίσκετε ότι οι μαθητές έχουν τις δικές τους αντιλήψεις για την έννοια που είναι εσφαλμένες ή εν μέρει ανακριβείς;
- Ποια επίδραση έχουν, στη διδασκαλία των μαθητών, οι παρανοήσεις τους σε μια έννοια της Φυσικής ως προς το αποτέλεσμα της μάθησης;

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο



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 διερευνητική διδακτική προσέγγιση στην ανάπτυξη και την αξιολόγηση της κριτικής σκέψης των μαθητών

Σταύρος Τσεχερίδης

Εισαγωγή

Παρά την ευρεία αποδοχή της άποψης ότι η καλλιέργεια της κριτικής σκέψης στους μαθητές είναι σημαντική παράμετρος της εκπαίδευσης, παρατηρούνται δυσκολίες τόσο στον ορισμό της όσο και στην αξιολόγηση του αν οι μαθητές την έχουν κατακτήσει, και σε ποιο βαθμό. Έτσι, στην εργασία αυτή γίνεται, αρχικά, μια προσπάθεια να προσδιορισθεί η έννοια της κριτικής σκέψης, παρουσιάζοντας τις συνιστώσες που την συνθέτουν.

Στη συνέχεια, θεωρώντας ότι η εφαρμογή κατάλληλων διδακτικών προσεγγίσεων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.), μπορεί να συμβάλλει στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης των μαθητών, παρουσιάζεται ενδεικτικά μια διδακτική πρόταση. Μέσα από αυτή επιχειρείται να καλλιεργηθούν ικανότητες κριτικής σκέψης στους μαθητές και να περιγραφούν τρόποι αξιολόγησης των ικανοτήτων αυτών.

Τι είναι κριτική σκέψη;

Σύμφωνα με τον Resnick (1987) η κριτική σκέψη είναι σύνθετη, μη αλγοριθμική, και συνήθως οδηγεί σε πολλαπλές λύσεις του υπό εξέταση προβλήματος. Βασίζεται στην παραγωγή και εφαρμογή κριτηρίων, στη διερεύνηση παραγόντων και τον έλεγχο υποθέσεων, στην επιλογή μεταξύ πολλαπλών ενδεχομένων και, τέλος στην αυτορρύθμιση της μαθησιακής πορείας του μαθητή. Η βασική θέση είναι ότι η μάθηση δεν περιορίζεται μόνο στην απόκτηση γνώσεων (Knowing that) αλλά περιλαμβάνει, κυρίως, διαδικασίες παραγωγής και εφαρμογής των γνώσεων (Knowing how and why) για την επίλυση προβλημάτων. Περιλαμβάνει επίσης ικανότητες της μορφής «μαθαίνω πώς να σκέφτομαι» (Knowing about thinking) δηλαδή ικανότητες του μαθητή να εμπλακεί σε διαδικασίες επεξεργασίας των πληροφοριών, να έχει επίγνωση του τι γνωρίζει και ικανότητα να κατανοεί, να ελέγχει και να χειρίζεται την ατομική του γνωστική και μαθησιακή πορεία. Οι ικανότητες αυτές είναι γνωστές με τον όρο μεταγνώση.

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Από τους Fischer (1992, σελ. 65-68), Slavin, (1997, σελ. 300-301) και Ormrod (2000, σελ. 319-321) ως κριτική σκέψη ορίζεται η νοητική και συναισθηματική λειτουργία κατά την οποία το άτομο αξιολογεί την αξιοπιστία των πληροφοριών και αποφασίζει τι να σκεφτεί ή τι να κάνει μέσω συλλογισμών που γίνονται με βάση όλα τα δυνατά στοιχεία που μπορεί να έχει στη διάθεση του. Πιο συγκεκριμένα το άτομο μαθαίνει να σκέπτεται κριτικά, όταν γνωρίζει τι να ερωτά, πώς και πότε και, στη συνέχεια, πώς να σκέπτεται λογικά, πότε και ποιες στρατηγικές πρέπει να χρησιμοποιεί για να αντιμετωπίσει μια κατάσταση.

Σύμφωνα με τον Ennis (1989) η κριτική σκέψη είναι ορθολογική, στοχαστική και συνδέεται με την λήψη απόφασης: «Κριτική σκέψη είναι η λογική αναστοχαστική σκέψη, η οποία εστιάζεται στην απόφαση του τι να πιστέψει ή να πράξει κάποιος».

Τέλος, σύμφωνα με τον Lipman (1995) η κριτική σκέψη εκδηλώνεται μέσα από τις παρακάτω στάσεις και ικανότητες.

Στάσεις

- Σαφής διατύπωση του ζητήματος ή της ερώτησης
- Αναζήτηση του αιτίου
- Αναζήτηση και χρήση αξιόπιστων πηγών
- Ολική θεώρηση του ζητήματος και εστίαση του ενδιαφέροντος στο κύριο σημείο
- Χρήση των ικανοτήτων της κριτικής σκέψης κάποιου άλλου.

Ικανότητες

- Εστίαση στην ερώτηση
- Ανάλυση των επιχειρημάτων
- Εξαγωγή και κρίση συμπερασμάτων
- Έλεγχος υποθέσεων
- Απόφαση για δράση
- Αλληλεπίδραση με τους άλλους.

Οι τελευταίες απόψεις του Lipman προσεγγίζουν περισσότερο στις ικανότητες που αναπτύσσονται μέσα από τις δραστηριότητες οι οποίες πραγματοποιούνται στο πλαίσιο των διερευνητικών διδακτικών προσεγγίσεων στο χώρο των Φυσικών Επιστημών, όπως περιγράφονται στην επόμενη παράγραφο.

Μαθητικές δραστηριότητες και διδακτικές πρακτικές που συμβάλλουν στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Στο πλαίσιο των Φ.Ε. η διδασκαλία συμβάλλει αποτελεσματικά στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης των μαθητών βοηθώντας τους να αποκτήσουν, μεταξύ άλλων, ικανότητες και δεξιότητες (Κουμαράς κ.α., 2011).

Κατάλληλες δραστηριότητες, οι οποίες συμβάλλουν στην απόκτηση των παραπάνω ικανοτήτων και δεξιοτήτων, είναι και αυτές που γίνονται στο πλαίσιο διερευνητικών διδακτικών προσεγγίσεων καθώς: ενεργοποιούν και κινητοποιούν τον μαθητή στην παρατήρηση, στην διατύπωση ερωτημάτων σχετικών με αυτό που παρατήρησαν, στη διατύπωση υποθέσεων και στο σχεδιασμό πειραμάτων για τον έλεγχο τους, στη συλλογή δεδομένων και στην και την επεξεργασία τους, στη διατύπωση και την ανακοίνωση συμπερασμάτων, στον έλεγχο των συμπερασμάτων των άλλων.

Ένα μοντέλο διερευνητικών δραστηριοτήτων στο χώρο των Φυσικών Επιστημών παρουσιάζεται στο τρέχον τεύχος από τον Κουμαρά (2015). Στο πλαίσιο της προσανατολισμένης διερεύνησης, όπως προσδιορίζεται από τον Κουμαρά, παρουσιάζεται εδώ ένα παραδείγμα εφαρμογής διερευνητικών δραστηριοτήτων. Το παράδειγμα αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί σε ένα τυπικό σχολικό εργαστήριο Φ.Ε. είτε ακόμη και μέσα σε σχολική τάξη. Μπορεί επίσης να πραγματοποιηθεί αξιοποιώντας το λογισμικό Interactive Physics και αποτελεί ένα παράδειγμα εφαρμογής με τη χρήση Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας.

Διερευνώντας στο σχολικό εργαστήριο

Σε ένα κεκλιμένο επίπεδο αφήνουμε ένα αντικείμενο να ολισθήσει. Στη συνέχεια αφήνουμε ένα δεύτερο, διαφορετικό αντικείμενο να ολισθήσει στο ίδιο κεκλιμένο επίπεδο. Έχουμε επιλέξει έτσι τα δύο αντικείμενα ώστε να φτάνουν στη βάση του κεκλιμένου επιπέδου έχοντας κινηθεί για διαφορετικά χρονικά διαστήματα.

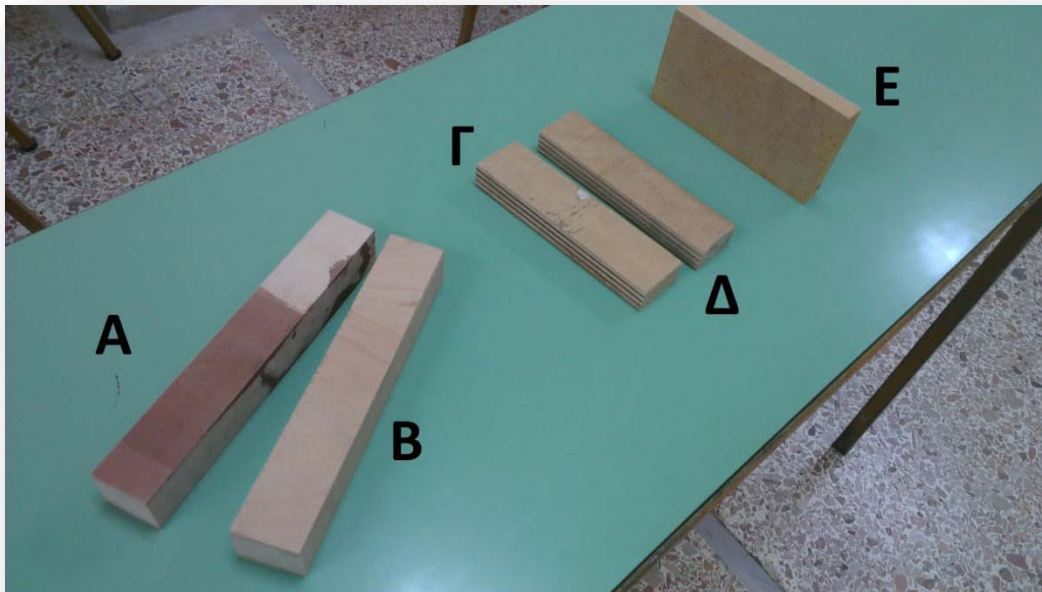
Ρωτάμε τους μαθητές μας να επισημάνουν κάποιες διαφορές στον τρόπο κίνησης των δύο αντικειμένων. Κάποιοι θα επισημάνουν ότι κινήθηκαν για διαφορετικούς χρόνους, ενώ κάποιοι άλλοι μπορεί να ισχυριστούν ότι τα αντικείμενα φτάνουν στη βάση του κεκλιμένου επιπέδου με διαφορετική ταχύτητα.

Για να συνδέσουμε όσα ακολουθούν με την καθημερινή ζωή ρωτάμε να μας περιγράψουν καταστάσεις κατά τις οποίες θα θέλαμε ένα αντικείμενο να γλιστρήσει σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρόνο σε ένα κεκλιμένο επίπεδο. Στο πλαίσιο που έχει διαμορφωθεί θέτουμε το εξής ερώτημα προς διερεύνηση: *Ποιοι παράγοντες επιδρούν στη διάρκεια της κίνησης ενός σώματος πάνω σε κεκλιμένο επίπεδο;*

Κάθε ομάδα μαθητών έχει πρόσβαση σε ένα κεκλιμένο επίπεδο του οποίου η γωνία κλίσης μπορεί να μεταβάλλεται: ένα θρανίο στο οποίο τα δύο πόδια τοποθετούνται βιβλία. Επίσης δίνονται 5 αντικείμενα. Από αυτά τα αντικείμενα, τα Α και Β είναι πανομοιότυπα εκτός από το χρώμα τους, ενώ πανομοιότυπα είναι επίσης τα Γ και Δ. Επίσης, τα αντικείμενα Α, Γ και Ε έχουν διαφορετική μάζα (Εικόνα 1). Τα σώματα αποτελούνται από το ίδιο υλικό. Με τη βοήθεια των αντικειμένων του

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

σχήματος ζητάμε από τους μαθητές, οργανωμένους σε ομάδες, να απαντήσουν στο ερώτημα που τέθηκε παραπάνω.



Εικόνα 1. Τα υλικά, ανά ομάδα μαθητών, πάνω στο «κεκλιμένο» επίπεδο. (Φωτογραφία Θ. Πιερράτος).

Για να διευκολυνθούν, τους προτείνουμε να υλοποιήσουν τα παρακάτω βήματα, δίνοντάς τους κατάλληλο φύλλο εργασίας:

1. Να διατυπώσουν υποθέσεις σχετικά με τους παράγοντες που επιδρούν στο χρόνο κίνησης ενός αντικειμένου πάνω στο κεκλιμένο επίπεδο
2. Να υποδείξουν τρόπους ελέγχου των υποθέσεων, με τη βοήθεια των αντικειμένων που δίνονται
3. Να πραγματοποιήσουν τις πειραματικές διατάξεις που πρότειναν
4. Να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους κατά την πραγματοποίηση των πειραματικών διαδικασιών
5. Να ελέγξουν αν αυτές συμφωνούν με τις υποθέσεις που διατυπώθηκαν αρχικά
6. Να διατυπώσουν συμπεράσματα.

Αναμένεται οι μαθητές να θεωρήσουν ότι ο χρόνος κίνησης του σώματος πάνω στο κεκλιμένο επίπεδο εξαρτάται:

- α. Από την μάζα του σώματος (όσο βαρύτερο τόσο γρηγορότερα θα κινηθεί)
- β. Από την επιφάνεια επαφής του σώματος με το κεκλιμένο επίπεδο (όσο μικρότερη επιφάνεια επαφής τόσο μικρότερη θα είναι η αντίσταση στην κίνηση, άρα και μικρότερος θα είναι ο χρόνος κίνησης)

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

γ. Από την γωνία κλίσης του επιπέδου (όσο μεγαλύτερη είναι, τόσο πιο απότομο είναι το κεκλιμένο επίπεδο, άρα θα έχουμε γρηγορότερη κίνηση)

Αναμένεται οι μαθητές να συναντήσουν δυσκολία στον ακριβή προσδιορισμό της χρονικής διάρκειας της κίνησης του σώματος πάνω στο κεκλιμένο επίπεδο.

Κατά τη διάρκεια εκτέλεσης της δραστηριότητας ο εκπαιδευτικός έχει τη δυνατότητα να αξιολογεί την επίτευξη του στόχου της δραστηριότητας, που δεν είναι άλλος από την ανάπτυξη κριτικής σκέψης. Ενδεικτικά, μπορεί να επισημάνει αν οι μαθητές:

1. έχουν εντοπίσει τους περισσότερους ή ακόμη και όλους τους παράγοντες που επιδρούν στη διάρκεια της κίνησης,
2. έχουν προτείνει τρόπους ελέγχου όλων των υποθέσεων τους,
3. κατέγραψαν παρατηρήσεις για τις πειραματικές διαδικασίες που εκτέλεσαν,
4. έχουν επιχειρήσει να ελέγξουν αν αυτές οι παρατηρήσεις συμφωνούν με τις προβλέψεις τους,
5. έχουν διατυπώσει ασφαλή συμπεράσματα που προκύπτουν όντως από τις παρατηρήσεις τους.

Διερευνώντας στο εικονικό εργαστήριο

Οι μαθητές πραγματοποιούν τη μελέτη του προηγούμενου θέματος στο εικονικό εργαστήριο, στη αίθουσα της πληροφορικής του σχολείου τους. Το εικονικό εργαστήριο σχεδιάστηκε με τη βοήθεια του λογισμικού Interactive Physics..

Στους μαθητές δίνεται το ίδιο ερώτημα που τους δόθηκε στο σχολικό εργαστήριο το οποίο είναι: «Ποιοι παράγοντες επιδρούν στη διάρκεια της κίνησης ενός σώματος πάνω σε κεκλιμένο επίπεδο;»

Για να διευκολυνθούν, τους καλούμε να ακολουθήσουν τα παρακάτω διαδοχικά βήματα, δίνοντάς τους κατάλληλο φύλλο εργασίας.

1ο βήμα. Έναρξη και σχεδιασμός της έρευνας: Διατύπωση υποθέσεων

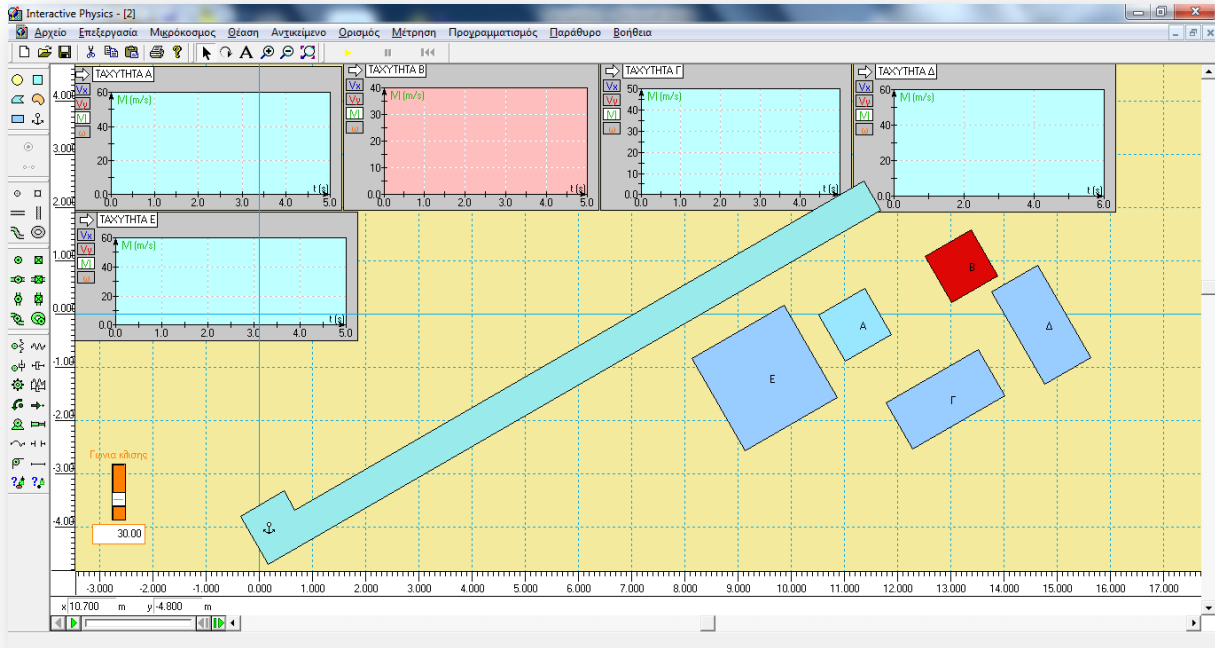
Οι μαθητές καλούνται να διατυπώσουν υποθέσεις, οι οποίες να μπορούν να ελεγχθούν, για το ποιοι παράγοντες, κατά τη γνώμη τους, επιδρούν στη διαμόρφωση της διάρκειας της κίνησης κατά την ολίσθηση ενός κιβωτίου πάνω σε ένα κεκλιμένο επίπεδο.

2ο βήμα. Εκτέλεση της έρευνας: Σχεδιασμός πειραματικών διατάξεων για τον έλεγχο των υποθέσεων

Ανοίγεται η προσομοίωση [1] η οποία υπάρχει στην επιφάνεια εργασίας των Η/Υ του εργαστηρίου. Υπάρχει σε αυτήν το κεκλιμένο επίπεδο όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 2, ένας μετρητής ελέγχου της γωνίας κλίσεως του επιπέδου, και πέντε αντικείμενα. Από αυτά τα αντικείμενα, τα Α και Β είναι πανομοιότυπα εκτός από το χρώμα τους, ενώ πανομοιότυπα είναι επίσης τα Γ και Δ. Επίσης, τα αντικείμενα Α, Γ και Ε έχουν διαφορετική μάζα. Στο εικονικό εργαστήριο υπάρχει η δυνατότητα να μετρήσουν τη διάρκεια κίνησης κάθε σώματος πάνω στο κεκλιμένο επίπεδο, με τη βοήθεια των

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

γραφικών παραστάσεων της ταχύτητας με το χρόνο, οι οποίες απεικονίζονται για το κάθε σώμα ξεχωριστά. Τα σώματα αποτελούνται από το ίδιο υλικό. Στο εικονικό εργαστήριο υπάρχει η δυνατότητα της μέτρησης της χρονικής διάρκειας της κίνησης με μεγαλύτερη ακρίβεια από το σχολικό εργαστήριο.



Εικόνα 2. Η διεπιφάνεια χρήσης του εικονικού εργαστηρίου.

Οι μαθητές καλούνται να προτείνουν, με βάση τα υλικά που εικονίζονται στην εικόνα της προσομοίωσης, κατάλληλη διάταξη προσομοίωσης για τον έλεγχο των υποθέσεών τους. Για να διευκολυνθούν τους καλούμε να συμπληρώσουν καταρχάς τον Πίνακα 1.

Τι θα μεταβληθεί	Τι θα παραμείνει ίδιο	Τι αναμένεται να παρατηρηθεί

Πίνακας 1.

3ο βήμα. Ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων- Εξαγωγή συμπερασμάτων

Οι μαθητές εκτελούν την προσομοίωσή τους και καταγράφουν, εργαζόμενοι σε ομάδες, τα δεδομένα που προκύπτουν. Με βάση αυτά τα δεδομένα επιχειρούν να διατυπώσουν συμπεράσματα σχετικά με

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

τον παράγοντα που έχουν υποθέσει ότι επιδρά στη διαμόρφωση της διάρκειας της κίνησης πάνω στο κεκλιμένο επίπεδο.

Συμπληρώνουν εκ νέου τον Πίνακα 1 και εκτελούν ξανά το 3ο βήμα για κάθε μία από τις υποθέσεις που έχουν διατυπωθεί.

4ο βήμα. Επικοινωνία - Ανακοίνωση των αποτελεσμάτων

Μετά την ολοκλήρωση του ελέγχου όλων των υποθέσεων και την εξαγωγή συμπερασμάτων, η κάθε ομάδα παρουσιάζει τα αποτελέσματά της για τους παράγοντες που επιδρούν στη διαμόρφωση τιμής της διάρκειας της κίνησης πάνω στο κεκλιμένο επίπεδο. Ακολουθεί συζήτηση στην ολομέλεια.

5ο βήμα. Εφαρμογή σε οικείες και μη οικείες καταστάσεις

Αναπτύξτε το παρακάτω θέμα: «Αναφέρατε τους παράγοντες που επιδρούν στην διάρκεια της ανοδικής κίνησης ενός σώματος πάνω σε ένα κεκλιμένο επίπεδο, όταν το σώμα εκτοξεύεται από τη βάση του παράλληλα σε αυτό, καθώς και τους τρόπους με τους οποίους μπορεί να ελεγχθούν αυτοί».

Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της δραστηριότητας στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης, προτείνεται να γίνει όπως περιγράφηκε και στο τέλος της πρότασης εφαρμογής της δραστηριότητας στο σχολικό εργαστήριο.

Αποτελέσματα - Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή υποστηρίζεται ότι η ανάπτυξη της κριτικής σκέψης των μαθητών, αλλά και ευρύτερα κάθε ατόμου, είναι δυνατόν να επιτευχθεί μέσα από δραστηριότητες διερευνητικού χαρακτήρα, διότι μέσω αυτών προσφέρεται στο μαθητή η δυνατότητα να διατυπώσει υποθέσεις, να αναλύσει δεδομένα, να διατυπώσει ερωτήματα, να ελέγξει την ορθότητα των υποθέσεων του, να συσχετίσει μεταβλητές που επιδρούν σε ένα φαινόμενο, ουσιαστικά να αρχίσει να αποκτά το τρόπο να ελέγχει και να χειρίζεται την ατομική του γνωστική και μαθησιακή πορεία.

Στη χώρα μας η σχεδίαση και η οργάνωση της διδασκαλίας της Φυσικής στο επίπεδο της Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, στα επιμορφωτικά σεμινάρια εκπαιδευτικών και στη συγγραφή προγραμμάτων σπουδών, η παραγωγή διδακτικού υλικού καθώς και η διδασκαλία της Φυσικής στη σχολική τάξη, αφορούν αποκλειστικά την αποτελεσματική διδασκαλία των επιστημονικών εννοιών. Στους εργαστηριακούς οδηγούς τίθεται στους μαθητές ένα ερώτημα και τα διαθέσιμα υλικά και καλούνται να ακολουθήσουν συγκεκριμένες γραπτές οδηγίες με στόχο την εύρεση σχέσεων, απόδειξη τύπων κ.τ.λ.. Ουσιαστικά δηλαδή το βάρος δίνεται στο περιεχόμενο. Αυτό έχει ως συνέπεια οι εκπαιδευτικοί να προσπαθούν να πετύχουν κυρίως γνωστικούς στόχους εκμάθησης περιεχομένου, χωρίς να συμβάλλουν στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης των μαθητών. Επιβάλλεται, επομένως, κατά τη γνώμη μου, η εφαρμογή στην διδακτική πράξη διδακτικών

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

προσεγγίσεων, όπως είναι η διερευνητική διδακτική προσέγγιση, οι οποίες θα δημιουργήσουν το κατάλληλο πλαίσιο μέσα στο οποίο θα αναπτυχθούν δραστηριότητες οι οποίες θα συμβάλλουν στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης του μαθητή.

Σχόλια

[1]. Η προσομοίωση είναι διαθέσιμη ως συνοδευτικό υλικό στο δικτυακό τόπο του περιοδικού *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*.

Βιβλιογραφία

Ennis, R.(1989). Critical Thinking and Subject – Specificity: Clarification and Needed Research, *Educational Researcher*, 18, 4-10.

Lipman, M.(1995). *Thinking in Education*. Cambridge: Cambridge. University Press.

Ormrod, J.E. (2000). *Educational Psychology. Developing Learners (3rd ed.)* Merrill: Prentice Hall.

Resnick M., (1987), *Education and learning to think*, Washington, DC: National Academy Press.

Slavin, R.E.(1997). *Educational Psychology: Theory & Practice (5rd ed.)*. Boston: Allyn and Bacon.

Κουμαράς Π, Κεραμιδάς Κ., Τσεχερίδης Σ., (2011) *Προγράμματα Σπουδών Φυσικών Επιστημών, στην κατεύθυνση Γνώσεις και Ικανότητες για τη Ζωή*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Επίκεντρο.

Κουμαράς, Π. (2015). Η Φυσική δεν είναι μόνο εννοιολογικό περιεχόμενο, είναι και μεθοδολογία λύσης (καθημερινών) προβλημάτων και στάση ζωής. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, τεύχος 6, Άνοιξη 2015, 19-27.



Ο Σταύρος Τσεχερίδης είναι Σχολικός Σύμβουλος της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στη Δυτική Θεσσαλονίκη. Είναι διδάκτορας, στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και τα ερευνητικά του ενδιαφέροντα εστιάζονται στην δημιουργία κατάλληλων διδακτικών προσεγγίσεων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

**Προσδιορισμός της τιμής του στοιχειώδους ηλεκτρικού φορτίου.
Προσομοιώνοντας το πείραμα του Millikan στην τάξη**

Δημήτρης Νάκος και Χαρίτων Πολάτογλου

Ένας τρόπος να βοηθηθεί η κατανόηση των επιστημονικών εννοιών από τους μαθητές είναι η επανάληψη μέσα στην τάξη ιστορικών πειραμάτων. Με τον όρο αυτό εννοούμε πειράματα του παρελθόντος τα αποτελέσματα των οποίων χρησιμοποιήθηκαν για να πείσουν για την αποδοχή κάποιας θεωρίας. Μέσα από αυτά πολλές απόψεις για τη Φύση αναιρέθηκαν, νέες θεωρίες αντικατέστησαν παλιές και σε κάποιες μεμονωμένες περιπτώσεις είχαμε επιστροφή σε παλαιότερες θεωρίες.

Η ανάπτυξη στην τάξη ενός ιστορικού πειράματος αποτελεί ένα άριστο παιδαγωγικό μέσο για τις ιδέες, τις παρατηρήσεις και την ανάλυση του θέματος που αφορά το πείραμα. Δηλαδή μπορεί να θεωρηθεί ως πλούσια πηγή εμπειρίας τόσο για τους μαθητές όσο και για τους καθηγητές των Φυσικών Επιστημών, αφού τους δίνεται η δυνατότητα να κατανοήσουν τους τρόπους με τους οποίους οι επιστημονικές ιδέες αλλάζουν μέσα στον χρόνο και πώς η φύση αυτών των ιδεών και των χρήσεων στις οποίες τίθενται επηρεάζεται από τα κοινωνικά, ηθικά, πνευματικά και πολιτιστικά πλαίσια στα οποία αναπτύσσονται. Έρχονται σε επαφή με τις ιστορικές ρίζες της σύγχρονης επιστήμης, με τρόπο που αναδεικνύονται οι σύνθετες σχέσεις μεταξύ θεωρίας και πειράματος και αντιλαμβάνονται τις δυσκολίες που προβάλλουν οι λαθεμένες, ίσως, επικρατούσες αντιλήψεις στον κοινωνικό και επιστημονικό περίγυρο της εποχής (Irwin, 2000; Klopfer, 1969; Monk & Osborn, 1997).

Το πείραμα του Millikan - Ιστορική αναδρομή

Κατά τα πρώτα χρόνια των ανακαλύψεων στον χώρο της ατομικής και υποατομικής Φυσικής, η αριθμητική τιμή πολλών φυσικών μεγεθών δεν ήταν γνωστή, παρόλο που το μέχρι τότε θεωρητικό υπόβαθρο καθώς και οι πειραματικές μέθοδοι έθεταν σε γενικές γραμμές αριθμητικούς περιορισμούς. Η ιστορία της μέτρησης του στοιχειώδους ηλεκτρικού φορτίου ξεκινά από την εργασία του Βρετανού φυσικού J.J. Thomson και τον προσδιορισμό του λόγου του ηλεκτρικού φορτίου προς τη μάζα του. Μετέπειτα ερευνητικές προσπάθειες του Thomson και ιδιαίτερα του Charles Wilson, πέτυχαν την

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

προσέγγιση της τιμής του ηλεκτρικού φορτίου του ηλεκτρονίου και έθεσαν τις βάσεις για τη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε από τον Millikan λίγα χρόνια αργότερα.

Πιο συγκεκριμένα, ο Wilson ανακάλυψε ότι τα ιόντα μπορούν να λειτουργήσουν ως κέντρα συμπύκνωσης μικροσκοπικών σταγονιδίων νερού, όταν μια αέρια μάζα με υψηλό ποσοστό υγρασίας ψυχθεί απότομα μέσω ταχείας εκτόνωσης. Η εκμετάλλευση της ανακάλυψης αυτής οδήγησε στη δημιουργία του θαλάμου νέφωσης (ή θαλάμου Wilson), μιας ιδιαίτερα χρήσιμης ανιχνευτικής διάταξης στον τομέα της σωματιδιακής Φυσικής. Στις αρχές του 20ού αιώνα, η ανακάλυψη του Wilson χρησιμοποιήθηκε από την ερευνητική του ομάδα του Thomson για την παραγωγή ηλεκτρικά φορτισμένων νεφών με απώτερο σκοπό τον προσδιορισμό της τιμής του φορτίου του ηλεκτρονίου. Τα αρχικά αποτελέσματα ήταν ιδιαίτερα ανακριβή, σε σχέση με την παραδεκτή σήμερα τιμή για το φορτίο του ηλεκτρονίου.

Με την έλευση στο προσκήνιο του Robert Millikan επιτεύχθηκε σημαντική πρόοδος. Ο ίδιος πίστευε στην υπόθεση ότι υπήρχε ένα ελάχιστο ηλεκτρικό φορτίο, αυτό του ηλεκτρονίου. Ο Millikan, το 1908, χρησιμοποίησε τη μέθοδο του Wilson, η οποία βασιζόταν στη μελέτη νέφωσης υδρατμών, που κινούνταν υπό την επίδραση βαρυτικού και ηλεκτρικού πεδίου. Με τη μέθοδο αυτή βρήκε μια μέση τιμή του στοιχειώδους ηλεκτρικού φορτίου που ήταν μικρότερη από την αναμενόμενη και με μεγάλη διασπορά των μετρήσεων (Millikan, 1947). Το πειραματικό αυτό αποτέλεσμα αντί να οδηγήσει το Millikan στο συμπέρασμα ότι η υπόθεσή του για την κβάντωση του φορτίου ήταν εσφαλμένη, τον οδήγησε στην ανάγκη βελτίωσης της πειραματικής μεθόδου που χρησιμοποιούσε. Έτσι, την ίδια χρονιά, κάνοντας μια σημαντική βελτίωση της μεθόδου, υπολόγισε μια μέση τιμή που είναι πιο κοντά στην αναμενόμενη (μέση τιμή του $e = 4,0610^{-10}$ esu [1], [2]) και έκρινε τα αποτελέσματα άξια να δημοσιευθούν.

Το καλοκαίρι του 1909, προκειμένου να μειώσει ακόμη πιο πολύ το λάθος που οφειλόταν στην εξάτμιση των σταγονιδίων του νερού, χρησιμοποίησε μια πηγή τάσης 10000V αντί των 4000V που χρησιμοποιούσε μέχρι στιγμής. Τότε συνέβη ένα αναπάντεχο γεγονός. Η δημιουργία ισχυρού ηλεκτρικού πεδίου λόγω της υψηλής τάσης διασκόρπισε το σύννεφο ακαριαία και άφησε λίγες σταγόνες οι οποίες φαίνονταν ως διακριτά λαμπερά σημεία. Ο Millikan αργότερα θυμάται στην αυτοβιογραφία του: «Ο διασκορπισμός φάνηκε στην αρχή να καταστρέφει το πείραμά μου. Αλλά όταν επανέλαβα το πείραμα, είδα με μιας ότι είχα κάτι πολύ περισσότερο ενδιαφέρον... Κάθε φορά που το πείραμα επαναλαμβανόταν το σύννεφο διασκορπιζόταν από το ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο και μερικές μεμονωμένες σταγόνες παρέμεναν σε θέα για χρονικό διάστημα που μεταβαλλόταν από 30 ως 60 δευτερόλεπτα» (Millikan, 1950). Η ύπαρξη σταγόνων νερού που απομένανε έδινε τη δυνατότητα σ' αυτόν για μετρήσεις σε μεμονωμένες σταγόνες με φορτίο που θα οφείλονταν σε ένα ή μερικά ηλεκτρόνια. Ωστόσο, ο Millikan παρατήρησε ακόμη ένα παράξενο φαινόμενο. Κάποιες φορές, φορτισμένες σταγόνες νερού που ισορροπούσαν στο ηλεκτρικό πεδίο, ξαφνικά, άλλαζαν εντελώς την κίνηση τους. Η ασυνέχεια στις παρατηρήσεις του ήταν ενδιαφέρουσα. Ταίριαζε καλά με την

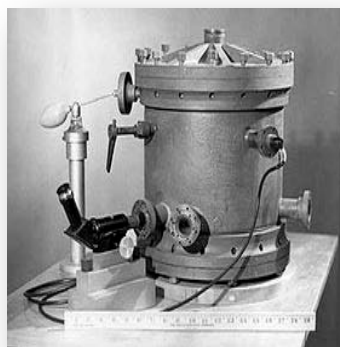
Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

υποτιθέμενη ασυνέχεια στην ποσότητα του ηλεκτρικού φορτίου. Πάλι με τα λόγια του Millikan: «είδα ξαφνικά να κάθεται ένα ιόν σε μια σταγόνα που ισορροπούσε (από τον αέρα που την περιέβαλε)» (Holton, 1978). Εν τω μεταξύ, ο Millikan συνέχισε να βελτιώνει τη μέθοδό του και να χρησιμοποιεί λάδι αντί για νερό. Με αυτή τη βελτιωμένη μέθοδο, ο Millikan δημοσίευσε νέα και πολύ πιο ακριβή αποτελέσματα (Millikan, 1911).

Έτσι, χάρη στις ιδέες του Millikan, τα προβλήματα της προσέγγισης του Thomson εξαλείφονται. Εστιάζοντας την προσοχή του ερευνητή σε ένα συγκεκριμένο σταγονίδιο κάθε φορά, αποφεύγεται η αβεβαιότητα μετρήσεων σε ένα νέφος. Κατά βάση ο Millikan στο πείραμά του κατάφερε να μετρήσει τον ρυθμό πτώσης μιας συγκεκριμένης σταγόνας λαδιού, η οποία έχει αποκτήσει τελική ταχύτητα υπό την επίδραση της βαρύτητας και της αντίστασης του αέρα. Εφαρμόζοντας ένα αντιτιθέμενο ηλεκτρικό πεδίο, η σταγόνα αυτή (εφόσον είχε ηλεκτρικό φορτίο) θα αισθανόταν και μια κατακόρυφη ηλεκτρική δύναμη η οποία για κατάλληλες τιμές του ηλεκτρικού πεδίου, θα ανάγκαζε τη σταγόνα να κινηθεί προς τα επάνω. Έχοντας τα δεδομένα της κίνησης της σταγόνας χωρίς και με την παρουσία του ηλεκτρικού πεδίου και εφαρμόζοντας αναλυτικούς υπολογισμούς, κατέστη δυνατός ο ακριβής προσδιορισμός του ηλεκτρικού φορτίου της σταγόνας [3].

Η συσκευή

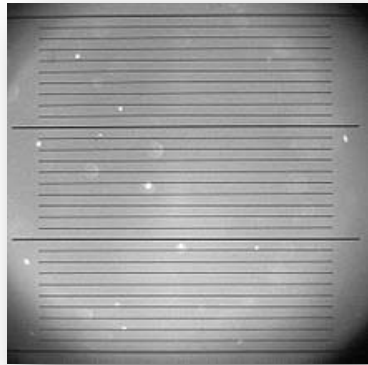
Η συσκευή Millikan και Fletcher (Εικόνα 1) αποτελούνταν από ένα παράλληλο ζεύγος οριζόντιων μεταλλικών πλακών, οι οποίες κρατούνταν σε απόσταση μεταξύ τους από έναν δακτύλιο φτιαγμένο από μονωτικό υλικό, μεταξύ των οποίων σχηματίζονταν ομογενές ηλεκτρικό πεδίο. Μία λεπτή ομίχλη σταγονιδίων λαδιού που δημιουργούσε ένας ψεκαστήρας, εκτοξεύονταν μέσα στο θάλαμο πάνω από τις πλάκες. Το σύνηθες λάδι θα εξατμιζόταν κάτω από τη θερμότητα της φωτεινής πηγής, με αποτέλεσμα η μάζα της σταγόνας λαδιού να αλλάξει κατά τη διάρκεια του πειράματος. Έτσι, χρησιμοποιήθηκε ειδικό λάδι το οποίο είχε μια εξαιρετικά χαμηλή τάση ατμών.



Εικόνα 1. Η συσκευή του πειράματος της σταγόνας λαδιού των Millikan και Fletcher. (Πηγή http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6f/Millikan%E2%80%99s_oil-drop_apparatus_1.jpg).

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Τα σταγονίδια του λαδιού, αποκτούσαν αρχικά ηλεκτρικό φορτίο λόγω τριβής στο εσωτερικό του ψεκαστήρα. Τα σταγονίδια εισέρχονταν στον χώρο του ηλεκτρικού πεδίου διαμέσου οπής στο επάνω μέρος της πειραματικής διάταξης. Χρησιμοποιώντας τον πλευρικό φωτισμό της διάταξης, τα σταγονίδια μπορούσαν να παρατηρηθούν με τη χρήση οπτικού συστήματος (π.χ. ενός μικροσκοπίου), ως φωτεινά σημεία σε σκούρο υπόβαθρο. Με τη βοήθεια βαθμονομημένου προσοφθάλμιου φακού κατέστη δυνατός ο προσδιορισμός του ρυθμού πτώσης ή ανόδου ξεχωριστών σταγόνων (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Χρησιμοποιώντας τον πλευρικό φωτισμό και το οπτικό σύστημα της διάταξης, τα σταγονίδια μπορούν να παρατηρηθούν ως φωτεινά σημεία σε σκούρο υπόβαθρο (Πηγή: https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQv2_jgi9_ZkBc1GsQp6jDE09iPDWFswx6lfl2_0ahQRZ_DzuJVfg).

Οι τυπικές τιμές της ταχύτητας καθόδου (ή ανόδου), με την εφαρμογή τάσης στη συσκευή, ήταν της τάξης των 0,1 mm/s, κάτι που επέτρεψε τη μακρόχρονη παρατήρηση ενός φορτισμένου σταγονιδίου καθώς αυτό ανερχόταν ή κατερχόταν ανάλογα με το αν εφαρμόζονταν τάση ή όχι στη συσκευή. Επιπρόσθετα μια πηγή ακτινοβολίας (πηγή ακτινών X) τοποθετήθηκε στον χώρο μεταξύ των μεταλλικών πλακών. Αυτή προκαλούσε τον περαιτέρω ιονισμό των μορίων των σταγονιδίων λαδιού, με αποτέλεσμα τη μεταβολή του φορτίου τους. Η μεταβολή αυτή του φορτίου δεν συνέβαινε με συνεχή τρόπο αλλά σε ακέραια πολλαπλάσια μιας ελάχιστης τιμής φορτίου (του φορτίου του ηλεκτρονίου), κάτι που γίνονταν αντιληπτό με την παρατήρηση της ασυνεχούς μεταβολής της ανοδικής ταχύτητας του σταγονιδίου.

Οι μετρήσεις της ταχύτητας των σταγονιδίων στην πειραματική διάταξη του Millikan λάμβαναν χώρα μόνο όταν η κίνηση των σταγονιδίων, υπό την επίδραση όλων των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτά, ήταν ομαλή. Λόγω της, συγκριτικά με τις φυσικές παραμέτρους του συστήματος, μεγάλης τιμής της δύναμης αντίστασης στην κίνηση των σταγονιδίων, η επίτευξη ομαλής κίνησης ήταν ιδιαίτερα γρήγορη, επιτρέποντας την εφαρμογή στην ανάλυση των δεδομένων των νόμων του Νεύτωνα. Το αποτέλεσμα της λήψης δεδομένων κίνησης από την παρατήρηση πολλών χιλιάδων σταγονιδίων καθώς και της υποδειγματικής ανάλυσης αυτών, οδήγησαν στον προσδιορισμό της τιμής του

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο


ηλεκτρικού φορτίου του ηλεκτρονίου, καθώς και στην διαπίστωση της κβάντωσης του φορτίου με πειραματικό σφάλμα της τάξης του 1%.

Επεξεργαζόμενοι τα ιστορικά δεδομένα


Από τη δημοσίευση των αποτελεσμάτων του πειράματος του Millikan το 1911, το φορτίο ενός σταγονιδίου λαδιού, με βάση τη θεωρητική επεξεργασία των μετρήσεων που περιγράψαμε παραπάνω, για διαδοχικές αναβάσεις του (που επιτυγχάνονταν με αποκατάσταση, διακοπή και επαναποκατάσταση του ηλεκτρικού πεδίου), περιγράφεται από τη λίστα που ακολουθεί σε μονάδες $\times 10^{-19}$ Coulomb:

29.87, 39.86, 28.25, 29.90, 34.90, 36.59, 28.28, 34.95, 39.97, 26.65, 41.47, 30.00, ...

Οι τιμές αυτές είναι αρκετά μεγάλα πολλαπλάσια του ηλεκτρονικού φορτίου και δεν είναι τόσο εύκολο να δούμε ότι όλες είναι ακέραια πολλαπλάσια της ίδιας στοιχειώδους ποσότητας φορτίου. Ωστόσο, οι διαφορές στο ηλεκτρικό φορτίο του σταγονιδίου, από τη μία μέχρι την επόμενη ανάβαση, είναι πολύ μικρότερες. Υπολογίζοντας τη διαφορά ανάμεσα στο φορτίο του σταγονιδίου κατά μία ανάβαση και του φορτίου του στην προηγούμενη, παίρνουμε τις ακόλουθες τιμές, σε μονάδες και πάλι $\times 10^{-19}$ Coulomb:

29.87, 39.86, 28.25, 29.90, 34.90, 36.59, 28.28, 34.95, 39.97, 26.65, 41.47, 30.00, ...

9.99 -11.61 1.66 5.00 1.68 -8.31 6.67 5.02 -13.32 15.09 -11.74

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό, ότι αυτές οι διαφορές στο ηλεκτρικό φορτίο είναι ακέραια πολλαπλάσια μιας ελάχιστης ποσότητας ίσης με περίπου $1.665 \cdot 10^{-19}$ Coulomb. Χρησιμοποιώντας ως μονάδα φορτίου την τελευταία ελάχιστη ποσότητα $e = 1.665 \cdot 10^{-19}$ Coulomb, οι προηγούμενες διαφορές στο φορτίο από τη μία μέχρι την επόμενη μέτρηση είναι:

29.87, 39.86, 28.25, 29.90, 34.90, 36.59, 28.28, 34.95, 39.97, 26.65, 41.47, 30.00, ...

 $\approx 6e \approx -7e \approx 1e \approx 3e \approx 1e \approx -5e \approx 4e \approx 3e \approx 8e \approx 9e \approx -7e \dots$

Η ερμηνεία είναι προφανώς ότι το ηλεκτρόνιο έχει ένα φορτίο περίπου $1.665 \cdot 10^{-19}$ Coulomb, και ότι στις διαδοχικές αναβάσεις η σταγόνα έχασε πρώτα έξι ηλεκτρόνια ή αρνητικά ιόντα, στη συνέχεια κέρδισε επτά, στη συνέχεια έχασε ένα, μετά τρία, στη συνέχεια έχασε ένα, και ούτω καθεξής.

Με την επανάληψη αυτού το πειράματος για πολλές σταγόνες λαδιού, ο Millikan υπολόγισε μια μέση τιμή για το ηλεκτρονικό φορτίο της τάξης των $1.592 \cdot 10^{-19}$ Coulomb, με μια πειραματική αβεβαιότητα περίπου $0.003 \cdot 10^{-19}$ Coulomb.

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Προσομοιώνοντας το πείραμα υπολογισμού του στοιχειώδους ηλεκτρικού φορτίου στην τάξη

Για να εισάγουμε τους μαθητές στη λογική επεξεργασίας των μετρήσεων του πειράματος του Millikan, προτείνεται το ακόλουθο πείραμα, που μπορεί να γίνει στο εργαστήριο αλλά και μέσα στην τάξη. Στόχος της διαδικασίας είναι η κατανόηση της λογικής που οδήγησε τον Millikan στον υπολογισμό της μονάδας ενός φυσικού μεγέθους (φορτίου), που στην πραγματικότητα δεν μπορούσε να δει.

Απαιτούμενα όργανα και υλικά

- Ζυγός με ακρίβεια 0,1 g τουλάχιστον.
- Μερικά κέρματα των 0,01€.
- Μερικά ίδια αδιαφανή κυλινδρικά κουτάκια συσκευασίας φωτογραφικού φιλμ, με τα καπάκια τους.
- Μερικά φύλλα χιλιοστομετρικού χαρτιού.

Προετοιμασία του πειράματος

Ο εκπαιδευτικός τοποθετεί τυχαίο αριθμό κερμάτων, από 6-7 έως 20-25, μέσα σε κάθε κουτάκι και το κλείνει. Οι μαθητές σχηματίζουν ομάδες των δύο ατόμων. Κάθε ομάδα έχει στη διάθεσή της ένα κλεισμένο κουτί και ένα φύλλο χιλιοστομετρικού χαρτιού. Ο ζυγός θα είναι σε κοινή χρήση για όλες τις ομάδες.

Αν υποθέσουμε ότι έχουν σχηματιστεί 15 ζευγάρια μαθητών και δεδομένου ότι στο κάθε ζευγάρι αντιστοιχούν περίπου 5 έως 20 κέρματα, θα χρειαστούν σχεδόν 200 κέρματα, 15 κουτάκια και 15 φύλλα χιλιοστομετρικού χαρτιού, ένα για κάθε ομάδα. Αν οι ομάδες είναι σημαντικά λιγότερες από 15 είναι καλό να δοθούν από 2 κουτάκια με κέρματα στην κάθε ομάδα.

Ενέργειες

Αρχικά, κάθε ομάδα μετρά τη μάζα του γεμάτου με κέρματα κουτιού που έχει μπροστά της. Όλες οι μετρήσεις καταγράφονται στον πίνακα της τάξης και μεταφέρονται στα τετράδια των μαθητών κατά αύξουσα σειρά. Ζητείται από την κάθε ομάδα να παραστήσει τα δεδομένα σε ένα ιστόγραμμα. Στη συνέχεια, αξιοποιώντας τα αριθμητικά δεδομένα τίθεται ως πρόβλημα ο υπολογισμός της μάζας ενός κέρματος. Για να βοηθήσουμε τους μαθητές μπορούμε να τους υποδείξουμε ότι μπορούν να το πετύχουν με διαδοχικές αφαιρέσεις και ενδεχομένως, αφαιρέσεις των διαφορών των αριθμητικών δεδομένων που διαθέτουν.

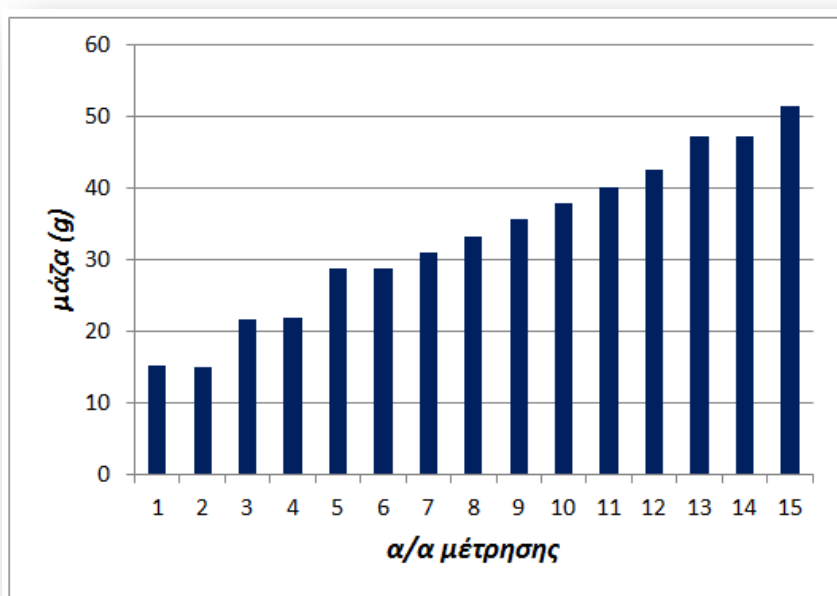
Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Αποτελέσματα

Το παραπάνω πείραμα πραγματοποιήθηκε σε σχολική τάξη με 15 ομάδες μαθητών της Β' Λυκείου. Οι μετρήσεις, σε αύξουσα σειρά, των ομάδων αυτών δίνονται στον Πίνακα 1. Η γραφική τους αναπαράσταση σε ιστόγραμμα δίνεται στο Διάγραμμα 1.

α/α μέτρησης	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
μάζα (g)	15.2	15.1	21.8	22.0	28.9	28.9	31.0	33.3	35.7	38.0	40.2	42.5	47.2	47.2	51.6

Πίνακας 1. Αριθμητικά δεδομένα από την εφαρμογή σε τάξη της δραστηριότητας.



Διάγραμμα 1. Αναπαράσταση των δεδομένων σε ιστόγραμμα.

Υιοθετώντας τη λογική του πειράματος του Millikan, η μικρότερη διαφορά μεταξύ των μαζών δύο κουτιών αντιστοιχεί στη μάζα ενός κέρματος. Για παράδειγμα, όπως προκύπτει από διαδοχικές αφαιρέσεις:

$$31,0-33,3=2,3 \text{ g}$$

$$33,3-35,7=2,4 \text{ g}$$

$$38,0-35,7=2,3 \text{ g}$$

$$28,9-31,0=2,1 \text{ g}$$

αλλά και αφαιρέσεις των διαφορών:

$$[51,6-47,2]-[42,5-40,2]=2,1 \text{ g}$$

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Υπάρχουν πολλοί συνδυασμοί, που δίνουν τελικά τιμές μεταξύ 2,1 g και 2,4 g. Η μέση τιμή των διαφορών αυτών προκύπτει κοντά στα 2,3 g, που αντιστοιχεί στη μάζα του ενός κέρματος.

Για να αντιληφθούν οι μαθητές τους περιορισμούς της διαδικασίας που ακολούθησαν και τις ομοιότητες και διαφορές με το πραγματικό πείραμα, καταστρώνουμε με τη βοήθειά τους και συζήτηση στην ολομέλεια τον Πίνακα 2. Σε αυτόν αναφέρονται οι αντιστοιχίσεις ανάμεσα στο πείραμα του Millikan και την προτεινόμενη πειραματική διαδικασία.

Πείραμα Millikan	Προτεινόμενη διαδικασία
Στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο.	Μάζα του ενός κέρματος.
Σταγόνα ορυκτέλαιου	Το κουτάκι με τα κέρματα
Υπολογισμός της ηλεκτρικής δύναμης στην κάθε σταγόνα. Υπολογισμός του ηλεκτρικού φορτίου της κάθε σταγόνας.	Μέτρηση της μάζας του κάθε κουτιού με τα κέρματα.
Παρόμοια τεχνική επεξεργασίας των μετρήσεων	
Υπολογισμός του στοιχειώδους ηλεκτρικού φορτίου.	Υπολογισμός της μάζας του ενός κέρματος.

Πίνακας 2. Αντιστοιχίες μεταξύ του πειράματος Millikan και της προτεινόμενης δραστηριότητας.

Συζήτηση

Στην διαδικασία που προτείνεται, μας ενδιαφέρει να αναδειχθεί η λογική της επεξεργασίας των δεδομένων του πειράματος Millikan. Για να γίνει αντιληπτή η ακρίβεια της μεθόδου, μετά από 10 μετρήσεις της μάζας 10 μονόλεπτων, με ζυγό ακρίβειας 0,1 g προέκυψε για τη μάζα του ενός κέρματος η τιμή $(2,308 \pm 0,008)$ g ή καλύτερα, λαμβανομένης υπόψη της αβεβαιότητας της ζυγαριάς: $(2,31 \pm 0,01)$ g.

Για να πεισθούν οι μαθητές για την ορθότητα της μεθόδου μπορούμε να τους ζητήσουμε να βρουν το πλήθος των κερμάτων που έχει το κάθε κουτάκι, αφού τους δώσουμε τη μάζα του, την οποία έχουμε προηγουμένως υπολογίσει. Το κουτάκι που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα έχει μάζα περίπου 6 g. Η μάζα του κουτιού δεν είναι απαραίτητη, μπορεί να υπολογιστεί κι αυτή -με εξαίρεση την περίπτωση που είναι ακέραιο πολλαπλάσιο της μάζας ενός κέρματος- χρειάζονται μόνο κάποιες πρόσθετες εκτιμήσεις. Δεν προτείνεται, ωστόσο, η τελευταία διαδικασία γιατί καθιστά περισσότερο περίπλοκη τη διαδικασία χωρίς να προσφέρει ουσιαστικά στο διδακτικό μας στόχο.

Εναλλακτικά, η παραπάνω διαδικασία μπορεί να πραγματοποιηθεί με οποιαδήποτε συλλογή αντικειμένων ίσης μάζας (συνδετήρες, φύλλα A4, κουμπιά κλπ). Σε κάθε περίπτωση, προτείνεται ο εκπαιδευτικός να μεριμνήσει να μην υπάρχουν σε όλα τα κουτάκια αντικείμενα μόνον άρτιου ή μόνο

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

περιττού πλήθους, κάτι που πρακτικά προκύπτει έτσι κι αλλιώς εφόσον έχουμε αρκετά μεγάλο πλήθος κουτιών.

Ας σημειωθεί ότι προφανώς ο Millikan εκτέλεσε το πείραμά του πολλές εκατοντάδες φορές. Η προτεινόμενη διαδικασία είναι πολύ απλούστερη, καλό είναι όμως να υπάρχουν αρκετές μετρήσεις. Για το λόγο αυτό προτείνεται η διεξαγωγή του πειράματος στην τάξη, από πολλές ομάδες.

Σχόλια

[1]. esu: Ηλεκτροστατικές μονάδες

[2]. Την ίδια εποχή (1908) η βιβλιογραφία ανέφερε σαν την πλέον κατάλληλη τιμή για το φορτίο του στοιχειώδους ηλεκτρικού φορτίου την τιμή του φορτίου του $e=4,657 \cdot 10^{-10}$ esu, που είχαν υπολογίσει ο Rutherford και ο Geiger. Ο Rutherford και ο Geiger προσδιόρισαν το φορτίο των σωματίων α ίσο με $9,3 \cdot 10^{-10}$ esu και υπέθεσαν ότι ήταν ίσο με το διπλάσιο του φορτίου του ηλεκτρονίου. Έτσι το φορτίο του ηλεκτρονίου θα ήταν $e = 4,65 \cdot 10^{-10}$ esu.

[3]. Το θεωρητικό πλαίσιο των υπολογισμών του Millikan είναι διαθέσιμο στον ενδιαφερόμενο αναγνώστη στο δικτυακό τόπο του περιοδικού *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, ως υποστηρικτικό υλικό του παρόντος άρθρου.

Βιβλιογραφία

Holton, G. (1978). *The scientific imagination: case studies*, Cambridge University Press, Cambridge.

Irwin, A.R. (2000). Historical case studies: teaching the nature of science in context. *Science Education*, 84[1], 5-26.

Klopfer, L.E. (1969). The teaching of science and the history of science. *Journal of Research in Science teaching*, 6, 87-97.

Millikan, R.A. (1911). The isolation of an ion, a precision measurement of its charge, and the correction of Stokes's law. *Physical Review*, 32(4), 349-397.

Millikan, R.A. (1947). *Electrons (+ and -), protons, photons, neutrons, mesotrons, and. Cosmic rays (2nd ed.)*. Chicago: University of Chicago Press. (Original work published 1935).

Millikan, R.A. (1950). *The autobiography of Robert A. Millikan*. Englewood Cliffs, NJ

Monk, M. & Osborne, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: a model for the development for pedagogy. *Science Education* 81(4), 405-424.

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο



Ο Δημήτρης Νάκος είναι πτυχιούχος Φυσικός με MSc στις Φυσικές Επιστήμες. Εργάζεται επί 25 έτη ως καθηγητής στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση και τα τελευταία έτη στελεχώνει το Εργαστηριακό Κέντρο Φυσικών Επιστημών (ΕΚΦΕ) του νομού Λάρισας. Εξειδικεύεται στην πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με απλά υλικά καθημερινής χρήσης, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στην ιστορία και φιλοσοφία των επιστημών.



Ο Χαρίτων Πολάτογλου είναι Αναπληρωτής Καθηγητής στο Α.Π.Θ. Αποφοίτησε από το Τμήμα Φυσικής του Α.Π.Θ., έκανε μεταπτυχιακό στην Ηλεκτρονική Φυσική – Ραδιοηλεκτρολογία στο Α.Π.Θ. και διδακτορική διατριβή στη Θεωρητική Φυσική Στερεάς Κατάστασης. Έκανε μεταδιδακτορική έρευνα στο Ινστιτούτο Fritz Haber της Στουτγάρδης, στο Max-Planck του Βερολίνου, στο Τμήμα Φυσικής Χημείας του Cambridge και στο Τμήμα Υλικών της Οξφόρδης. Τα ερευνητικά του ενδιαφέροντα περιλαμβάνουν θέματα Θεωρητικής Φυσικής Στερεάς Κατάστασης, καθώς επίσης θέματα Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών.

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.

Υπολογισμός της επιτάχυνσης της βαρύτητας με φωτογράφιση πτώσης φωτοδιόδου LED

Παναγιώτης Λάζος και Πέτρος Ξανθάκος

Λίγα πειράματα Φυσικής έχουν γνωρίσει τόσες παραλλαγές όσες ο υπολογισμός της επιτάχυνσης της βαρύτητας. Η διαχρονικότητα, η απλότητα αλλά και η παιδαγωγική αξία του συγκεκριμένου υπολογισμού οδηγούν στη διαρκή ανάπτυξη νέων πειραματικών διατάξεων.

Η συγκεκριμένη ιδέα δημιουργήθηκε συζητώντας με μαθητές της ομάδας πειραμάτων Φυσικής του σχολείου μας. Η ερώτηση που πυροδότησε τη συζήτηση ήταν το αν είναι εφικτό να υπολογίσουμε την επιτάχυνση της βαρύτητας με τη στροβοσκοπική μέθοδο αλλά... χωρίς στροβοσκόπιο. Οι μαθητές πρότειναν να φωτογραφηθεί σε απόλυτο σκοτάδι μια πηγή φωτός που εκτελεί ελεύθερη πτώση ενώ αναβοσβήνει με σταθερή και γνωστή συχνότητα.

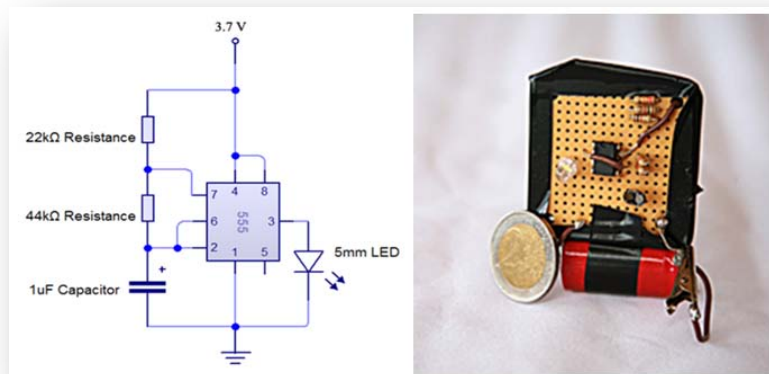
Μεθοδολογία

Η έρευνα, ο σχεδιασμός και η κατασκευή του κυκλώματος έγινε από τον Πέτρο Ξανθάκο, μαθητή της Β' τάξης Λυκείου. Η φωτεινή πηγή είναι μια φωτοδίοδος (LED) και το κύκλωμα έχει «κτιστεί» γύρω από ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα (Van Roon, 1995).

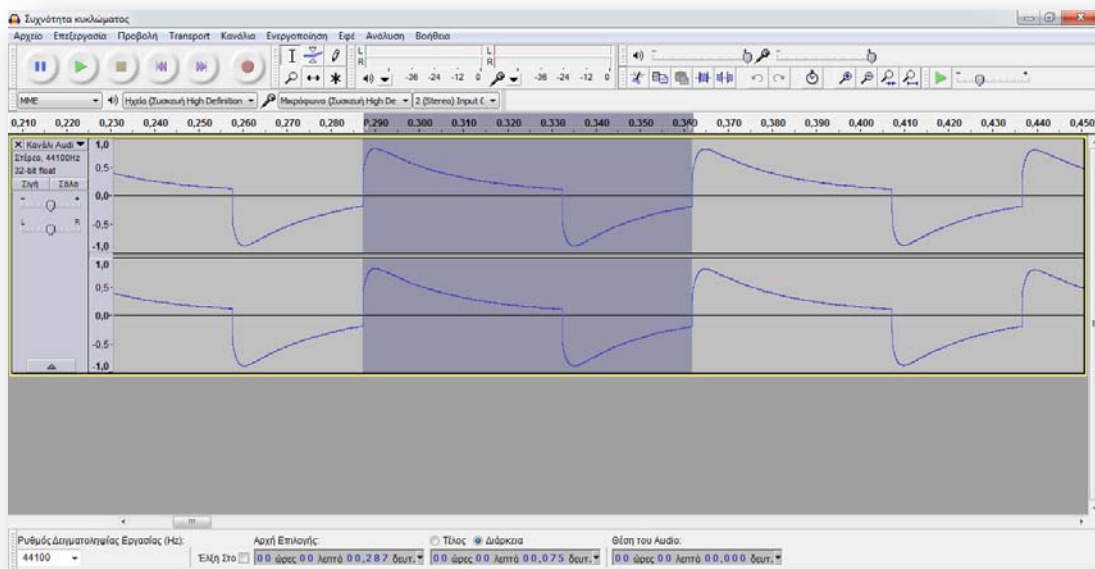
Στην Εικόνα 1 παρ. 1 φαίνεται η κατασκευή του κυκλώματος. Η σελίδα έχει παραμείνει κενή. Το νόμισμα αποδίδει την κλίμακα της κατασκευής. Η πλακέτα του κυκλώματος επικαλύφτηκε περιμετρικά με μονωτική ταινία για προστασία ενώ η μάζα του είναι περίπου 50g.

Με τη βοήθεια του λογισμικού επεξεργασίας ήχου Audacity και ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου είναι δυνατόν να μετρηθεί η περίοδος του κυκλώματος (Εικόνα 2) και στη συνέχεια να υπολογιστεί η συχνότητα (Λάζος, 2014). Με τη συγκεκριμένη μέθοδο βρέθηκε πως η περίοδος του κυκλώματος είναι $T=0.075s$ (συχνότητα $f=13.3Hz$). Η περίοδος μετρήθηκε σε 30 διαδοχικές αναλαμπές του κυκλώματος και η τιμή ήταν σταθερή, μέσα στα πλαίσια ακρίβειας του Audacity. Βρέθηκε, επίσης, πως το LED,

κατά τη διάρκεια μίας περιόδου, ανάβει για χρονικό διάστημα $t_1=0,046s$ ενώ παραμένει σβηστό για $t_d=0,029s$.



Εικόνα 1. Το σχέδιο του κυκλώματος και η υλοποίησή του. (Φωτογραφία Π. Λάζος).



Εικόνα 2. Μέτρηση της περιόδου του κυκλώματος με τη βοήθεια του λογισμικού Audacity.

Στη συνέχεια τοποθετείται κατακόρυφα μια μετροταινία σε τοίχο και φωτογραφίζεται με φωτογραφική μηχανή DSLR στερεωμένη σε τρίποδα. Στο επόμενο βήμα, λαμβάνεται φωτογραφία του κυκλώματος με τη μηχανή ακριβώς στην ίδια θέση ενώ το κύκλωμα αφήνεται να εκτελέσει πτώση ακριβώς μπροστά από την μετροταινία. Το κύκλωμα αφήνεται να πέσει με τη μικρότερη επιφάνειά του στη διεύθυνση της κίνησης ώστε να παρουσιάζει την ελάχιστη δυνατή αντίσταση από τον αέρα. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται ώστε η πτώση να μη συνοδεύεται από περιστροφή του κυκλώματος, κάτι που φαίνεται από την ευθύγραμμη τροχιά του LED. Το κύκλωμα προσγειώνεται σε μαλακή επιφάνεια

(μαξιλάρια), παρουσιάζει δε αξιοσημείωτη αντοχή, χωρίς να έχει καταγραφεί κάποιο πρόβλημα μετά από δεκάδες πτώσεις. Η λήψη γίνεται σε απόλυτο σκοτάδι (εκτός από το LED) και με ρύθμιση ταχύτητας κλείστρου στο B, δηλαδή λήψη φωτογραφίας για όσο χρόνο επιλέξει ο χειριστής. Εναλλακτικά, μπορεί να επιλεγεί ταχύτητα κλείστρου από 2 ως 4s. Η ελεύθερη πτώση πραγματοποιείται όσο γίνεται πιο κοντά στη μετροταινία για να εξαλειφθεί το σφάλμα παράλλαξης. Οι δύο εικόνες συνδυάζονται σε μία με τη βοήθεια προγράμματος επεξεργασίας εικόνας ώστε να μπορούν να μετρηθούν οι μετατοπίσεις του LED πάνω στη μετροταινία. Το αποτέλεσμα φαίνεται στην εικόνα 3. Όπως αναμένεται, τα φωτεινά διαστήματα (αναμμένο LED) αφήνουν μεγαλύτερο ίχνος από τα σκοτεινά διαστήματα (σβηστό λαμπάκι) αφού $t_i > t_a$, ενώ το μήκος δύο διαδοχικών ιχνών (τόσο φωτεινών όσο και σκοτεινών) μεταβάλλεται αφού αυξάνεται η ταχύτητα πτώσης του κυκλώματος (άρα στον ίδιο χρόνο το κύκλωμα διανύει μεγαλύτερη απόσταση).



Εικόνα 3. Η τελική εικόνα.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Μελετώντας την Εικόνα 3 καταγράφουμε τις θέσεις x_{on} στις οποίες ανάβει το LED στην πρώτη στήλη του Πίνακα 1 και τις θέσεις x_{off} στις οποίες σβήνει το LED στην πρώτη στήλη του Πίνακα 2. Οι μετρήσεις ομαδοποιούνται σε δύο πίνακες για λόγους ευκολίας, διότι το LED ανάβει και σβήνει ανά 0,075s αλλά τα χρονικά διαστήματα που παραμένει αντίστοιχα αναμμένο και σβηστό δεν είναι ίσα μεταξύ τους. Στη

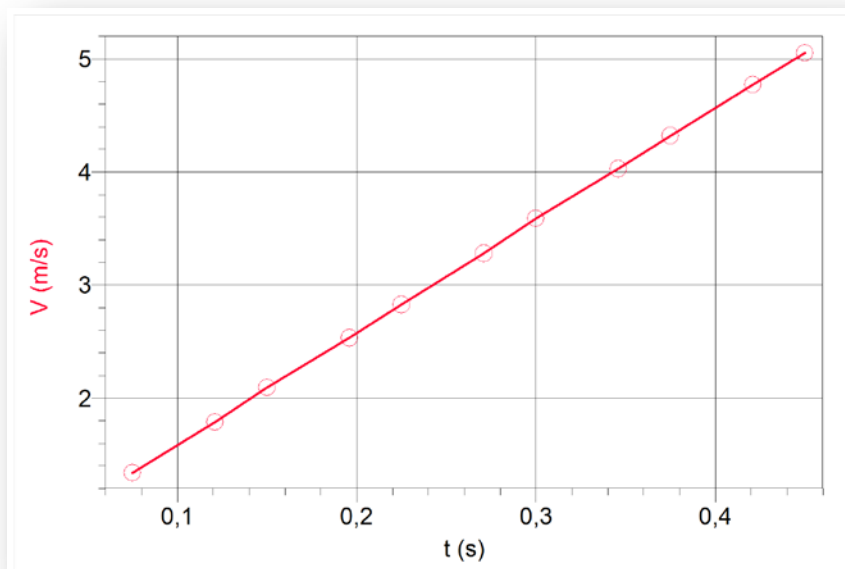
δεύτερη στήλη αναγράφονται οι αντίστοιχες χρονικές στιγμές. Στην τρίτη στήλη αναγράφονται οι αντίστοιχες μετατοπίσεις και στην τέταρτη η μέση ταχύτητα που προκύπτει από τα προηγούμενα δεδομένα (Βλάχος κ.α., 2012). Οι μετρήσεις από τους δύο πίνακες ενσωματώνονται στη γραφική παράσταση ταχύτητας - χρόνου του Σχήματος 1.

Με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων υπολογίζεται πως η τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας είναι $g=9,92\text{m/s}^2$. Η θεωρητικά αποδεκτή τιμή για την περιοχή της Αθήνας είναι $g=9,80\text{m/s}^2$ και η απόκλιση πειραματικής και θεωρητικής τιμής είναι 1,2%.

α/α	x_{on} (m)	t (sec)	Δx (m)	V_{μ} (m/s)
1	0,032	0,075		
2	0,132	0,150	0,101	1,340
3	0,289	0,225	0,157	2,093
4	0,501	0,300	0,212	2,827
5	0,770	0,375	0,269	3,587
6	1,094	0,450	0,324	4,320
7	1,473	0,525	0,379	5,053

α/α	x_{off} (m)	t (sec)	Δx (m)	V_{μ} (m/s)
1	0,089	0,121		
2	0,223	0,196	0,134	1,787
3	0,413	0,271	0,190	2,533
4	0,659	0,346	0,246	3,280
5	0,961	0,421	0,302	4,027
6	1,319	0,496	0,358	4,773

Πίνακες 1 και 2. Μετρήσεις και υπολογισμοί



Σχήμα 1. Γραφική παράσταση ταχύτητας - χρόνου

Συμπεράσματα και προτάσεις

Στα πλεονεκτήματα της πρότασής μας συμπεριλαμβάνονται η πρωτοτυπία, η αρκετά καλή συμφωνία της μέτρησης με τη θεωρητική τιμή, η επαναληψιμότητα και η συνύπαρξη διαφορετικών τεχνικών στην

εκτέλεση του πειράματος (κατασκευή ηλεκτρονικού κυκλώματος, φωτογραφία, χρήση λογισμικού επεξεργασίας ήχου) οι οποίες προσελκύουν το ενδιαφέρον των μαθητών. Βέβαια, η συνύπαρξη αυτή αποτελεί ταυτόχρονα τροχοπέδη στην εφαρμογή της μεθόδου στη σχολική τάξη με το γνωστό ασφυκτικό πρόγραμμα, ενώ η ανάγκη για απόλυτο σκοτάδι κατά τη φωτογράφιση δυσκολεύει περαιτέρω το εγχείρημα. Όμως, η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί σε μια διερευνητική εργασία ή στα πλαίσια μιας σχολικής ομάδας πειραμάτων εκτός ωραρίου. Επίσης, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί η τελική φωτογραφία σαν αφετηρία των υπολογισμών σε μια εργαστηριακή άσκηση, αντί πχ μια καταγραφή από ηλεκτρικό χρονομετρητή. Το κόστος των υλικών του κυκλώματος (πλακέτα, ολοκληρωμένο, αντιστάσεις, πυκνωτής, μπαταρία) δεν ξεπερνά τα 8 ευρώ. Η κατασκευή του είναι αρκετά απλή και προσφέρεται ακόμα και για κάποιον αρχάριο στα ηλεκτρονικά ενώ τα υλικά βρίσκονται εύκολα.

Η ποιότητα των μετρήσεων μπορεί να βελτιωθεί αν αυξηθεί η συχνότητα με την οποία αναβοσβήνει το LED. Με τον τρόπο αυτόν αφενός θα καταγράφονται περισσότερες μετρήσεις αφετέρου οι εκάστοτε μέσες τιμές της ταχύτητας θα αποτελούν μια καλύτερη προσέγγιση της στιγμιαίας ταχύτητας. Η συχνότητα εξαρτάται από τους δύο αντιστάτες και τον πυκνωτή (Εικόνα 1) και το επόμενο βήμα θα είναι η αλλαγή των αντιστατών με μικρά ποτενσιόμετρα.

Βιβλιογραφία

Λάζος Παναγιώτης (2014). Ακούγοντας το φως. Μελέτη της μεταβολής της έντασης φωτεινών πηγών με λογισμικό επεξεργασίας ήχου. Διαδικτυακό περιοδικό i-Teacher, 8, 42-48.

Βλάχος, Ι., Γραμματικάκης Ι., Καραπαναγιώτης Β., Κόκκοτας Π., Περιστερόπουλος Π., Τιμοθέου Γ. (2012). Φυσική Γενικής Παιδείας Α' τάξης Γενικού Λυκείου. ΙΤΥΕ Διόφαντος, Αθήνα.

Van Roon, T.(1995), 555 Timer Tutorial. Ανασύρθηκε στις 5/5/2014 από <http://www.sentex.ca/~mec1995/gadgets/555/555.html>



Ο Παναγιώτης (Τάκης) Λάζος έχει σπουδάσει Φυσική στο Πανεπιστήμιο Αθηνών, Φωτογραφία στο ΤΕΙ Αθήνας και έχει μεταπτυχιακό στην Ιστορία και Φιλοσοφία των Επιστημών και της Τεχνολογίας στο Πανεπιστήμιο Αθηνών. Είναι εκπαιδευτικός στο 26ο ΓεΛ Αθήνας και υπ. Διδάκτορας στο Παιδαγωγικό Τμήμα του Ε.Κ.Π.Α.. Τα ερευνητικά του ενδιαφέροντα σχετίζονται με φαινόμενα οπτικής και τις εφαρμογές τους στη φωτογραφία, με την ιστορία των επιστημονικών οργάνων και με την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής.



Ο Πέτρος Ξανθάκος, γεννημένος το 1998 στην Αθήνα, είναι μαθητής της Β' τάξης του 26ου ΓεΛ Αθήνας και μέλος της ομάδας πειραμάτων του σχολείου. Ασχολείται ζωηρά με τις θετικές επιστήμες με ιδιαίτερο ενδιαφέρον στον τομέα των ηλεκτρονικών. Ασχολείται με τους υπολογιστές και τα μαθηματικά ενώ ο προσκοπισμός είναι μέρος της ζωής του.

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή

Δύο εναλλακτικές εργαστηριακές ασκήσεις Χημείας της Α' Λυκείου ή πώς να κάνουμε τη ζωή μας πιο εύκολη στο εργαστήριο

Αναστασία Γκιγκούδη

Η διδακτική αξία της εργαστηριακής άσκησης στα μαθήματα Φυσικών Επιστημών είναι αδιαμφισβήτητη. Ωστόσο, είναι μάλλον διαδεδομένη στα Λύκεια της χώρας μας η διάθεση των συναδέλφων να αποφεύγουν την προσφυγή στο εργαστήριο και να επιμένουν στην καθέδρας διδασκαλία κατεξοχήν πειραματικών μαθημάτων, όπως είναι η Χημεία. Οι λόγοι πολλοί. Μία συνηθισμένη δικαιολογία που προβάλλεται είναι η αδυναμία εκτέλεσης κάποιων εργαστηριακών ασκήσεων επειδή είτε δεν πετυχαίνουν είτε είναι δύσκολο να λειτουργήσουν καταρχήν.

Στην εργασία αυτή προτείνονται δύο εργαστηριακές προσεγγίσεις για συγκεκριμένες ασκήσεις της Χημείας της Α' Λυκείου για να αντιμετωπιστούν πραγματικά προβλήματα που έχουν παρατηρηθεί, τα οποία φαίνεται να οδηγούν στην αποτυχία εκτέλεσης των ασκήσεων αυτών.

Παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα διάλυσης

Η ανάγκη να τροποποιηθεί η άσκηση που προτείνει ο εργαστηριακός οδηγός για τη μελέτη των παραγόντων που επηρεάζουν την ταχύτητα διάλυσης, γεννήθηκε μετά από ένα ατύχημα στο εργαστήριο.

Η πειραματική διαδικασία για τη μελέτη της επίδρασης της θερμοκρασίας στην ταχύτητα διάλυσης σύμφωνα με τον εργαστηριακό οδηγό Χημείας της Α' Λυκείου (Λιοδάκης & Γάκης, σελ. 35), είναι η παρακάτω:

«Σε ποτήρι ζέσεως 100 mL φέρονται 50 mL απιονισμένο νερό και μετريέται η θερμοκρασία του (~ 20 °C). Ζυγίζονται τώρα 20 g ζάχαρης και ρίχνονται στο ποτήρι, ενώ ταυτόχρονα με την ρίψη αρχίζει η μέτρηση του χρόνου. Χωρίς καμία άλλη επέμβαση, μετά την πάροδο 5 min, διηθείται το διάλυμα και συλλέγεται στην κάψα, η οποία προηγουμένως έχει ζυγιστεί με ακρίβεια. Το διάλυμα τώρα καλύπτεται με την ύαλο ωρολογίου και εξατμίζεται μέχρι ξηρού, προσεκτικά με μικρή φλόγα. Μετά την ψύξη της, ζυγίζεται η κάψα και σημειώνεται η ποσότητα του στερεού εκ διαφοράς».

Παρόμοια διαδικασία προτείνεται και για τους άλλους παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα διάλυσης. Ωστόσο, όταν κάποιος επιχειρήσει να ακολουθήσει τη διαδικασία αυτή μπορεί να βρεθεί προ εκπλήξεων: στο εργαστήριο του Ε.Κ.Φ.Ε. Τούμπας η ύαλος έσπασε (Εικόνα 1) και η ζάχαρη έγινε καραμέλα (Εικόνα 2).



Εικόνα 1. Το ατύχημα κατά την θέρμανση του διηθήματος στην κάψα: η ύαλος έσπασε. (Φωτογραφία της συγγραφέα).



Εικόνα 2. Η σπασμένη ύαλος και η καραμελοποιημένη ζάχαρη. (Φωτογραφία της συγγραφέα).

Επιπλέον, για την ολοκλήρωση του πειράματος απαιτήθηκε θέρμανση χρονικής διάρκειας 25 με 30 λεπτά. Και μόνο αυτό το χρονικό διάστημα καθιστά την εργαστηριακή άσκηση δύσκολα εφαρμόσιμη σε μία διδακτική ώρα, αποθαρρύνοντας τους εκπαιδευτικούς από την υλοποίησή της.

Πώς μπορούμε να τροποποιήσουμε την άσκηση ώστε και εύκολα να πραγματοποιείται και να οδηγεί σε διδακτικά αξιοποιήσιμα αποτελέσματα; Ας πάρουμε τα πράγματα από την αρχή. Σύμφωνα με τους στόχους που αναφέρονται στον εργαστηριακό οδηγό, οι μαθητές στο τέλος του πειράματος αυτού θα πρέπει (εργαστηριακός οδηγός Χημείας Α' Λυκείου σελίδα 32):

- Να αναγνωρίζουν ότι το φαινόμενο της διάλυσης είναι αποτέλεσμα «ανταγωνισμού» δυνάμεων μεταξύ μορίων (ή ιόντων) διαλυμένης ουσίας - διαλύτη και διαλυμένης ουσίας - διαλυμένης ουσίας
- Να ορίζουν την ταχύτητα διάλυσης και να αναλύουν τους παράγοντες που μπορούν να επηρεάζουν την ταχύτητα, με την οποία ένα στερεό διαλύεται σε ένα διαλύτη π.χ. θερμοκρασία, ανάδευση, μέγεθος κόκκων.

Ο πρώτος στόχος δύσκολα μπορεί να θεωρηθεί επιτεύξιμος στο πλαίσιο της εργαστηριακής διδασκαλίας. Πώς το πείραμα μπορεί να οδηγήσει τους μαθητές να αναγνωρίζουν τον ανταγωνισμό μεταξύ διαμοριακών δυνάμεων; Κάτι τέτοιο αφορά μάλλον την ερμηνεία του πειράματος και απαιτεί την ύπαρξη αντίστοιχου θεωρητικού πλαισίου.

Σε ό,τι αφορά το δεύτερο στόχο. Η ταχύτητα διάλυσης μπορεί να προσδιοριστεί από την ποσότητα της ουσίας η οποία διαλύεται στη μονάδα του χρόνου σε ορισμένο ποσό διαλύτη, κάτω από ορισμένες συνθήκες. Κατά συνέπεια στο τέλος κάθε φάσης θα πρέπει να προσδιορίζεται με κάποιο τρόπο η ποσότητα του στερεού που διαλύθηκε ή του αδιάλυτου στερεού, οι μετρήσεις δε να γίνουν μέσα σε καθορισμένο χρονικό διάστημα. Κατά την ανάλυση καθενός από τους παράγοντες πρέπει να αλλάζει μόνο αυτός: για παράδειγμα, αν μελετάμε την επίδραση της θερμοκρασίας του διαλύτη, η διαδικασία της διάλυσης να γίνει χωρίς ανάδευση και με ίδιο μέγεθος κόκκων του στερεού, ενώ αν μελετάμε την επίδραση της ανάδευσης να γίνει σε σταθερή θερμοκρασία και με ίδιο μέγεθος κόκκων της διαλυμένης ουσίας, κ.ο.κ..

Μία ιδέα είναι λοιπόν να μετρήσει κανείς το αδιάλυτο στερεό από το ύψος του στον ογκομετρικό κύλινδρο. Η άποψη αυτή μοιάζει με τη λειτουργία κάποιων οργάνων όπως το δυναμόμετρο ή το θερμόμετρο στα οποία κάποια μέτρηση μήκους παρέχει πληροφορίες για το μέτρο άλλου μεγέθους όπως της δύναμης ή της θερμοκρασίας. Στο πλαίσιο αυτό και λόγω των προβλημάτων που παρουσιάστηκαν παραπάνω, προτείνουμε να ακολουθηθεί η εξής πειραματική διαδικασία για τη μελέτη των παραγόντων διάλυσης:

Ζυγίζουμε 20 g ζάχαρης και την προσθέτουμε με τη βοήθεια ενός χωνιού σε ογκομετρικό κύλινδρο που περιέχει 50 mL απιονισμένου νερού, τη θερμοκρασία του οποίου έχουμε μετρήσει και καταγράφει πριν τη ρίψη της ζάχαρης, ενώ ταυτόχρονα με την ρίψη αρχίζει η μέτρηση του χρόνου. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία με απιονισμένο νερό το οποίο έχουμε θερμάνει σε θερμοκρασία 60 °C σε όμοιο ογκομετρικό κύλινδρο. Από τον όγκο που καταλαμβάνει η αδιάλυτη ζάχαρη ή από το ύψος της μέσα στους δύο ογκομετρικούς κυλίνδρους, μετά την παρέλευση 5 λεπτών από τη ρίψη της ζάχαρης, εξάγουμε τα συμπεράσματά μας.

Ενδεικτικά, κατά την πραγματοποίηση της άσκησης στο εργαστήριο προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα. Πριν ακόμη ολοκληρωθεί το χρονικό διάστημα των 5 λεπτών, φάνηκε (Εικόνα 3) ότι η ποσότητα της ζάχαρης που δεν διαλύθηκε ήταν μεγαλύτερη στον κύλινδρο που περιείχε νερό στους 20 °C. Στα 5 λεπτά ο όγκος της αδιάλυτης ζάχαρης έφτασε σε ύψος που αντιστοιχεί στα 10 mL, όταν

το νερό είχε θερμοκρασία 20°C , ενώ όταν το νερό είχε θερμοκρασία 60°C , ο όγκος της αδιάλυτης ζάχαρης έφτασε σε ύψος που αντιστοιχεί στα 6 mL (Εικόνα 4).



Εικόνα 3. Όργανα που απαιτούνται και η άποψη λίγο πριν ολοκληρωθεί η εργαστηριακή άσκηση. (Φωτογραφία της συγγραφέα).



Εικόνα 4. Άποψη μετά την παρέλευση των 5 λεπτών. (Φωτογραφία της συγγραφέα).

Το πείραμα θα μπορούσε να επεκταθεί, χρησιμοποιώντας περισσότερους δοκιμαστικούς σωλήνες με νερό σε διάφορες θερμοκρασίες και να παραχθεί η καμπύλη ταχύτητας διάλυσης - θερμοκρασίας για κάποια ουσία. Ακόμη μπορούν να εξεταστούν με τον ίδιο τρόπο και οι άλλοι παράγοντες όπως η ανάδευση, το μέγεθος των κόκκων, ο διαλύτης κ.ά..

Χημικές αντιδράσεις και ποιοτική ανάλυση ιόντων

Σύμφωνα με τους στόχους που αναφέρονται στον εργαστηριακό οδηγό Χημείας της Α' Λυκείου (Λιοδάκης και Γάκης, σελ. 52), οι μαθητές στο τέλος του πειράματος αυτού θα πρέπει:

1. Να αναγνωρίζουν τις μεταθετικές χημικές αντιδράσεις ή αντιδράσεις διπλής αντικατάστασης. Ιδιαίτερα αυτές με συνένωση ιόντων προς δημιουργία ιζήματος.

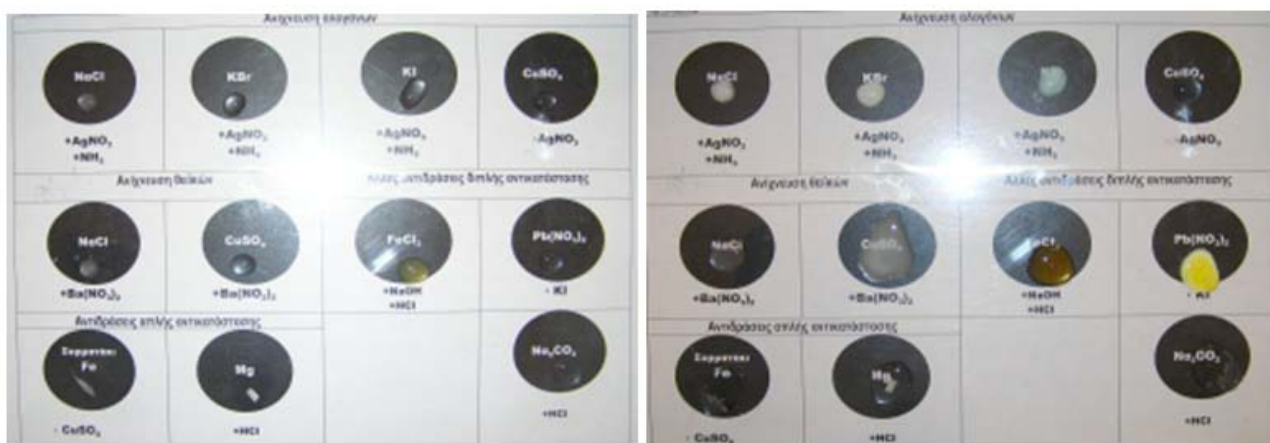
2. Να αναγνωρίζουν ότι οι αντιδράσεις αυτές γίνονται μέσα σε υδατικά διαλύματα και κυρίως, ότι το ίζημα σε πολλές περιπτώσεις επιτρέπει την ταυτοποίηση ενός αντιδρώντος σώματος ή καλύτερα ιόντος

3. Να αναλύουν ποιοτικά ορισμένα ιόντα.

Τα προβλήματα για την εκτέλεση αλλά και την υλοποίηση των στόχων αυτής της εργαστηριακής άσκησης είναι αρκετά. Μεταξύ άλλων, αν η άσκηση γίνει σε ομάδες μαθητών, απαιτείται ένας μεγάλος αριθμός δοκιμαστικών σωλήνων, μεγάλη ποσότητα από αντιδραστήρια και χρόνος για τον καθαρισμό των γυάλινων σκευών, γεγονός που καθιστά απαραίτητη την χρήση του σχολικού εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών και ταυτόχρονα αποτελεί τροχοπέδη για αρκετούς εκπαιδευτικούς.

Μία πρόταση για να ξεπεραστούν τα προηγούμενα εμπόδια, είναι η εκτέλεσή της σε μικροκλίμακα (Γιούρη-Τσοχατζή, 2003). Οι δοκιμασίες πραγματοποιούνται σε διαφάνεια που βρίσκεται πάνω σε φύλλο χαρτιού. Όσα γράφονται στο φύλλο αυτό προϋποθέτουν τους μαθητές για το σκοπό των δοκιμασιών που πρόκειται να γίνουν, ενώ αναγράφονται επίσης τα αντιδραστήρια που θα χρησιμοποιήσουν.

Κατόπιν, έχοντας μπροστά τους τα αποτελέσματα των δοκιμασιών συμπληρώνουν το φύλλο εργασίας [1], χρησιμοποιώντας και το σχολικό εγχειρίδιο. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να ξεπεραστούν τα προβλήματα που συναντάμε στην άσκηση ενώ συνδυάζεται άμεσα το μακροσκοπικό με το συμβολικό επίπεδο κάτι που βοηθάει την κατανόηση εννοιών και φαινομένων στο μάθημα της Χημείας.



Εικόνα 4. Πριν και μετά την προσθήκη των αντιδραστηρίων. (Φωτογραφία της συγγραφέα).

Στην Εικόνα 4 φαίνεται αν σχηματίζεται κάποιο χαρακτηριστικό προϊόν, ίζημα ή αέριο. Στην πρώτη σειρά δοκιμασιών ανιχνεύεται η παρουσία ιόντων αλογόνου στα διαλύματα ουσιών που τοποθετούνται αρχικά μέσα στον κύκλο. Στη δεύτερη σειρά ανιχνεύεται η ύπαρξη θειικών ιόντων. Ακολουθούν δύο δοκιμασίες κατά τις οποίες σχηματίζονται ιζήματα με χαρακτηριστικό χρώμα και υφή. Στις δύο πρώτες σειρές φαίνεται, από το σχηματισμό του ιζήματος, τότε πραγματοποιούνται οι αντιδράσεις διπλής

αντικατάστασης. Στην τρίτη σειρά οι δύο πρώτες από αριστερά δοκιμασίες αφορούν αντιδράσεις απλής αντικατάστασης ενώ η τελευταία αφορά αντίδραση διπλής αντικατάστασης με σχηματισμό αερίου.

Η εργαστηριακή άσκηση εφαρμόστηκε σε αρκετά τμήματα της Α' Λυκείου (Εικόνα 5) και η αντίδραση των μαθητών ήταν θετική και τα αποτελέσματα από την συμπλήρωση του φύλλου εργασίας ικανοποιητικά. Ακόμη και μαθητές που δεν είχαν θετική στάση απέναντι στο μάθημα της Χημείας εργάστηκαν και συνεργάστηκαν. Στις περιπτώσεις που ζητήθηκε να σχολιάσουν τη διαδικασία με σκοπό τη βελτίωση της άσκησης, εξέφρασαν την ικανοποίησή τους σχετικά με την κατανόηση των φαινομένων, το διερευνητικό χαρακτήρα της άσκησης και την οργάνωση. Η μία διδακτική ώρα είναι επαρκής για την εφαρμογή της.



Εικόνα 5. Κατά τη συμπλήρωση του φύλλου εργασίας. (Φωτογραφία της συγγραφέα).

Τα πειράματα σε μικροκλίμακα έχουν τα πλεονεκτήματα που προαναφέρθηκαν και μπορούν να εφαρμοστούν στην «Μελέτη του όξινου χαρακτήρα των καρβοξυλικών οξέων», εργαστηριακή άσκηση της Β' Λυκείου, αλλά και σε πολλές άλλες περιπτώσεις όπως στη μελέτη της διαλυτότητας ουσιών, την κατάταξη ουσιών με βάση κάποια ιδιότητά τους, τη μελέτη της συμπεριφοράς των δεικτών κ.ά..

Σχόλια

[1]. Το φύλλο εργασίας είναι διαθέσιμο ως υποστηρικτικό υλικό στο δικτυακό τόπο του περιοδικού *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*.

Βιβλιογραφία

- Γιούρη Τσοχατζή, Κ. (2003). *Σχολικά Πειράματα Χημείας, Από τη Μάκρο- στη Μικροκλίμακα*. Εκδόσεις Ζήτη.
- Λιοδάκης, Σ. και Γάκης Δ. (2005). *Εργαστηριακός οδηγός, Χημεία Α' Λυκείου*. ΟΕΔΒ.



Η Αναστασία Γκιγκούδη είναι απόφοιτος του Τμήματος Χημείας του Α.Π.Θ και κάτοχος Μεταπτυχιακού τίτλου στη Διδακτική της Χημείας και τις Νέες Τεχνολογίες. Διδάσκει Φυσικές Επιστήμες στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση από το 1992. Τα ενδιαφέροντά της είναι η ένταξη πειραματικών δραστηριοτήτων στη διδασκαλία και η χρήση διαδικτυακών εργαλείων. Από το 2013 είναι Υπεύθυνη του Ε.Κ.Φ.Ε. Τούμπας. Διατηρεί ιστολόγιο με τίτλο «Διδάσκοντας χωρίς μολύβι και χαρτί».

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

Η διαστολή και η συστολή του νερού στη Φυσική της Α΄ Γυμνασίου

Νίκος Ιωάννου

Είναι γνωστό ότι το νερό στη θερμοκρασία των 4 °C έχει τον μικρότερο όγκο: πράγματι, καθώς το νερό ψύχεται από μία υψηλή θερμοκρασία, π.χ. τους 80 °C, ο όγκος του ελαττώνεται διαρκώς μέχρι τους 4 °C. Ακολούθως, εφόσον η θερμοκρασία συνεχίζει να μειώνεται, ο όγκος αυξάνεται μέχρι που το υγρό νερό μετατρέπεται σε πάγο στους 0 °C. Το φαινόμενο αυτό καλείται ανωμαλία διαστολής του νερού και η μελέτη του αποτελεί το αντικείμενο διαπραγμάτευσης του έβδομου φύλλου εργασίας της Φυσικής της Α΄ Γυμνασίου (Καλκάνης κ.α., 2013). Για να παρατηρήσουμε στο σχολικό εργαστήριο το παραπάνω φαινόμενο, μπορούμε να κάνουμε το πείραμα που ακολουθεί.

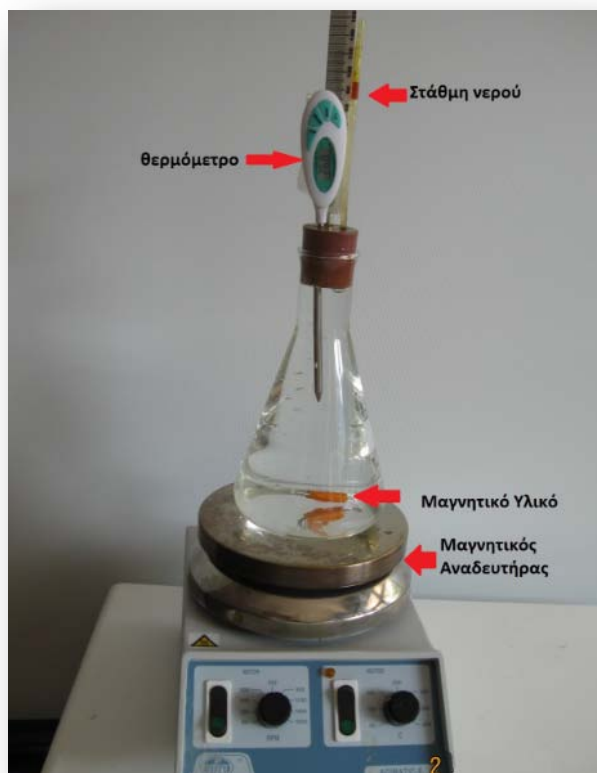
Το πείραμα

Τοποθετούμε στη συντήρηση του ψυγείου από την προηγούμενη ημέρα μια κωνική φιάλη γεμάτη μέχρι τα χείλη με νερό. Λίγες ώρες πριν την εκτέλεση του πειράματος τη μεταφέρουμε στην κατάψυξη. Επιδίωξή μας είναι να αποκτήσει το νερό θερμοκρασία 0 °C. Δίνουμε μεγάλη έμφαση και προσοχή στο να μην παγώσει το νερό (ο πάγος περιέχει φυσαλίδες αέρα οι οποίες δημιουργούν προβλήματα μόλις λιώσει).

Δημιουργούμε δύο τρύπες σε ένα πώμα (Εικόνα 1) και περνάμε ένα θερμόμετρο (κατά προτίμηση ηλεκτρονικό ή θερμόμετρο που συνδέεται σε πολύμετρο) και έναν λεπτό σωλήνα (γυάλινο ή πλαστικό από αυτούς που χρησιμοποιούνται σε ιατρικούς ορούς). Φροντίζουμε ώστε ο σωλήνας να βυθίζεται ελάχιστα στο νερό. Για ευκολότερη παρατήρηση προσαρμόζουμε και μία κλίμακα (ένα χάρακα).



Εικόνα 1. Τοποθέτηση θερμόμετρου και σωλήνα στο πώμα της φιάλης. (Φωτογραφία του συγγραφέα)



Εικόνα 2. Η διάταξη του πειράματος. (Φωτογραφία του συγγραφέα).

Βγάζουμε τη φιάλη από το ψυγείο και αμέσως βάζουμε το πώμα με το θερμόμετρο και τον σωλήνα (Εικόνα 2). Καθώς το πιέζουμε, μια μικρή ποσότητα από νερό εκτινάσσεται με μορφή μικρού πίδακα. Μόλις σταματήσουμε να πιέζουμε, λόγω ελαστικότητας του πώματος, η στάθμη του νερού στο σωλήνα είναι περίπου 1 - 2 cm κάτω από τα χείλη της κωνικής φιάλης.

Για να είναι εμφανής η στάθμη του νερού στο σωλήνα, ρίχνουμε με μία σύριγγα μία σταγόνα χρωματισμένου υγρού (π.χ. με βάμμα ιωδίου, χρώμα ζαχαροπλαστικής ή κόκκινη τέμπερα). Στο στάδιο αυτό, καθώς το νερό έχει μόλις βγει από την κατάψυξη, θα πρέπει η θερμοκρασία του να είναι 0 °C έως 1 °C το πολύ.

Για την ομαλή εξέλιξη του πειράματος το νερό πρέπει να έχει ομοιόμορφη θερμοκρασία σε όλο του τον όγκο (από τη στιγμή που μελετάμε τη σχέση του όγκου με τη θερμοκρασία, δεν είναι δυνατόν να έχουμε διαφορετικές θερμοκρασίες σε διάφορα σημεία του νερού). Κάτι τέτοιο δεν είναι εύκολο να επιτευχθεί. Μία λύση είναι να τοποθετήσουμε τη διάταξη που σχηματίσαμε πάνω σε μαγνητικό αναδευτήρα, αφού πρώτα έχουμε ρίξει μέσα στο νερό ένα σιδηρομαγνητικό υλικό, π.χ. μία βίδα δίχως κεφάλι.

Ενώ λοιπόν έχουμε εξασφαλίσει την ομοιόμορφη θερμοκρασία του νερού με τη χρήση του αναδευτήρα, παρακολουθούμε τι συμβαίνει με το ύψος της στήλης του νερού στο σωλήνα, καθώς η θερμοκρασία αρχίζει να αυξάνεται. Αρχικά, η στήλη του νερού κατεβαίνει, υποδεικνύοντας ότι ο όγκος του νερού μειώνεται. Το μικρότερο ύψος καταγράφεται όταν η θερμοκρασία είναι κοντά στους 4 °C, επιβεβαιώνοντας ό,τι περιμένουμε. Στη συνέχεια, και ενώ η θερμοκρασία εξακολουθεί να ανεβαίνει, το νερό στο σωλήνα ανέρχεται υποδεικνύοντας ότι ο όγκος του νερού αυξάνεται. Με θερμοκρασία περιβάλλοντος 20 °C το πείραμα δίνει μία σαφή εικόνα της συμπεριφοράς της διαστολής του νερού περίπου σε 35 λεπτά.

Στη διεύθυνση <http://www.youtube.com/watch?v=9xzrOa8pUjY> είναι διαθέσιμο ένα βίντεο που τραβήχτηκε για να αναπαραστήσει την παραπάνω διαδικασία. Προκειμένου να είναι αξιοποιήσιμο διδακτικά, η ροή εξέλιξης του πειράματος έχει επιταχυνθεί. Μέσα σε 2 λεπτά της ώρας οι μαθητές μπορούν να παρακολουθήσουν ολοκληρωμένο το πείραμα.

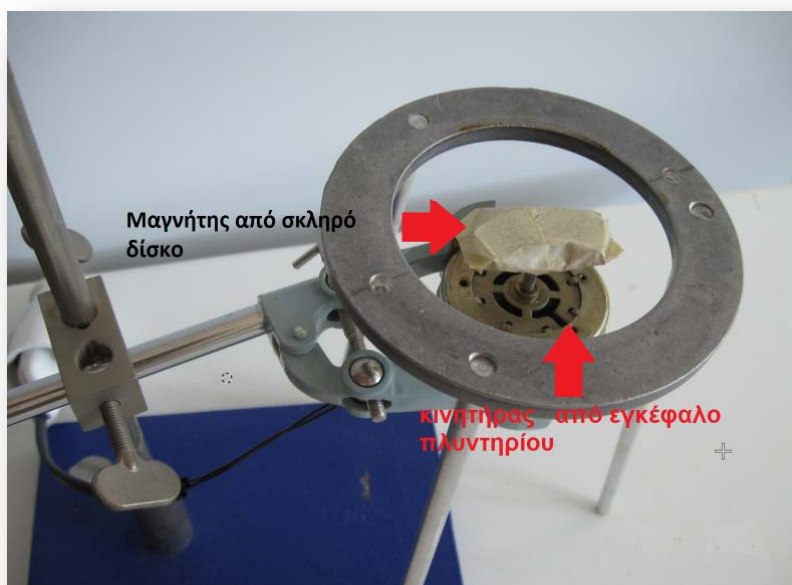
Μία εναλλακτική προσέγγιση ή τι να κάνετε αν δεν έχετε μαγνητικό αναδευτήρα

Η ομοιομορφία της θερμοκρασίας του νερού στο παραπάνω πείραμα είναι κρίσιμη για την επιτυχία του πειράματος και οδήγησε στη χρησιμοποίηση ενός μαγνητικού αναδευτήρα. Είναι όμως πολύ πιθανόν στα περισσότερα εργαστήρια Γυμνασίων να μην υπάρχει μαγνητικός αναδευτήρας. Σε αυτή την περίπτωση μπορούμε να κατασκευάσουμε έναν αυτοσχέδιο, σχεδόν δίχως κόστος. Αρκεί να επισκεφτούμε ένα εργαστήριο επισκευής πλυντηρίων! Εκεί μπορούμε να βρούμε κάποιον εγκέφαλο πλυντηρίου που δεν μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί.

Αποσυναρμολογούμε τον εγκέφαλο αυτόν και σχετικά εύκολα ξεχωρίζουμε τον κινητήρα του. Κάτι ανάλογο μπορούμε να κάνουμε και με τον μαγνήτη από κάποιον παλιό άχρηστο σκληρό δίσκο

Σκουπιδομαζέματα-επιστημοσκορπίσματα

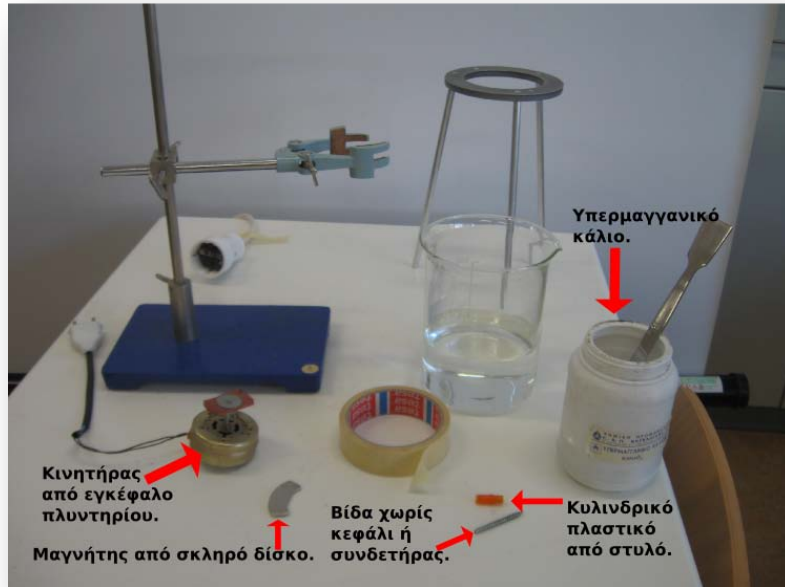
υπολογιστή (εδώ μπορεί να δυσκολευτούμε να βρούμε κατάλληλο κατσαβίδι για να ανοίξουμε το σκληρό δίσκο). Οι μαγνήτες από τους σκληρούς δίσκους είναι πολύ ισχυροί και μπορούν να μας φανούν πολύ χρήσιμοι και σε άλλα πειράματα. Παρεμπιπτόντως, αναφέρουμε ότι οι μαγνήτες αυτοί έχουν 4 πόλους και όχι 2 όπως οι συνηθισμένοι.



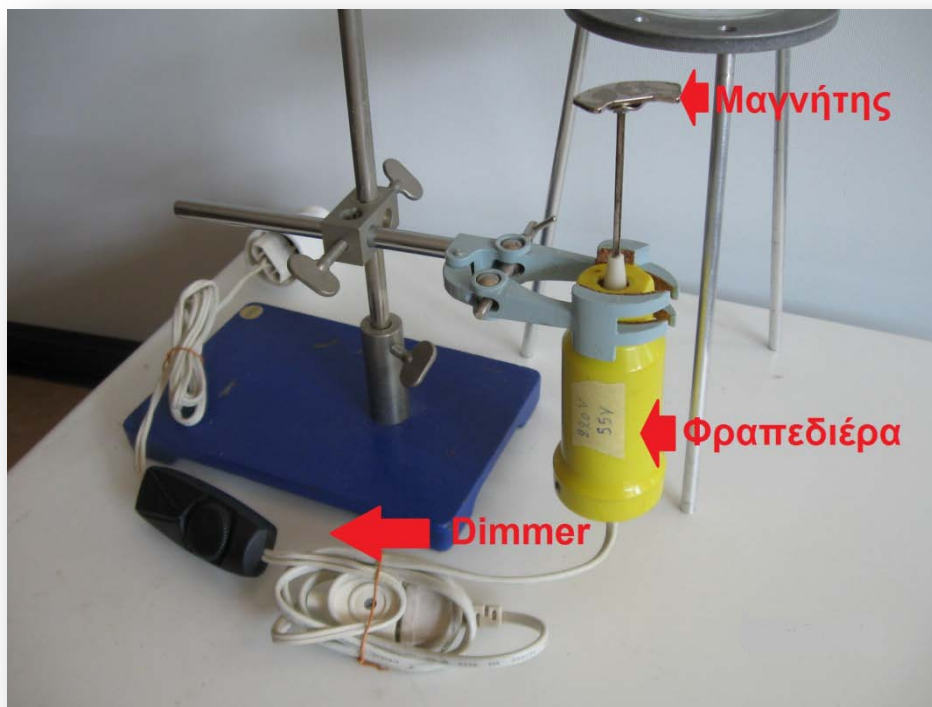
Εικόνα 3. Αξιοποίηση κινητήρα από πλυντήριο για κατασκευή μαγνητικού αναδευτήρα.

Με λίγη κολλητική ταινία προσαρμόζουμε κάθετα στον άξονα του κινητήρα τον μαγνήτη. Με τη βοήθεια μιας βάσης με ράβδο και λαβίδα στηρίζουμε το σύστημα κινητήρα-μαγνήτη (Εικόνα 3). Αν τοποθετήσουμε ένα ποτήρι ζέσεως (ή την κωνική φιάλη του προηγούμενου πειράματος) σε έναν τρίποδα και από κάτω το σύστημα με τον κινητήρα-μαγνήτη, μπορούμε να αναδεύουμε το υγρό που υπάρχει μέσα στο ποτήρι (ή την φιάλη), καθώς θα περιστρέφεται η βίδα που τοποθετήσαμε μέσα στη ποτήρι. Όλα τα υλικά συγκεντρωμένα για το πείραμα της Α' Γυμνασίου φαίνονται στην Εικόνα 4. Για το χρωματισμό χρησιμοποιήθηκε υπερμαγγανικό κάλιο.

Η διάταξη αυτή, πέρα από την αξιοποίησή της στο πείραμα της ανώμαλης διαστολής του νερού, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλά πειράματα Χημείας. Ο ενδιαφερόμενος αναγνώστης μπορεί να βρει επιπλέον προτάσεις κατασκευής αναδευτήρα με την αξιοποίηση κινητήρα από υαλοκαθαριστήρα αυτοκινήτου, με φραπεδιέρα, (Εικόνα 5, εδώ επειδή θέλουμε λίγες στροφές προσθέτουμε κατάλληλο dimmer ή τροφοδοτούμε με 55 V αντί για 220 Ω), με κινητήρα από εκτυπωτή, με ανεμιστηράκι υπολογιστή κλπ, στο βίντεο που είναι διαθέσιμο στη διεύθυνση: <https://www.youtube.com/watch?v=ZXZqVybZt0I>.



Εικόνα 4. Τι θα χρειαστείτε αν δεν έχετε μαγνητικό αναδευτήρα στο εργαστήριό σας.



Εικόνα 5. Αξιοποίηση φραπεδιέρας για κατασκευή μαγνητικού αναδευτήρα

Βιβλιογραφία

Καλκάνης Γ., Γκικοπούλου Ο., Καπότης Ε., Γουσόπουλος Δ., Πατρινόπουλος Μ., Τσάκωνας Π., Δημητριάδης Π., Παπατσίμπα Λ., Μιτζήθρας Κ., Καπόγιαννης Α., Σωτηρόπουλος Δ., Πολίτης Σ., και τα μέλη των συγγραφικών

Σκουπιδομαζέματα-επιστημοσκορπίσματα

ομάδων των βιβλίων "Φυσικά - Ερευνώ και Ανακαλύπτω" της Ε' και Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου. (2013).
Η Φυσική με Πειράματα, Α Γυμνασίου, ΙΤΥΕ – ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ



Ο Νίκος Ιωάννου έχει σπουδάσει Φυσική στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. Συμμετείχε ενεργά στη ανάπτυξη των νέων εργαστηρίων Λυκείων και στην επιμόρφωση των συναδέλφων πάνω στα πειράματα. Έχει οργανώνει πλήθος εκδηλώσεων σε συνεργασία με διάφορους φορείς και έχει προτείνει αρκετές πειραματικές ιδοκατασκευές. Είναι υπεύθυνος του Ε.Κ.Φ.Ε. Πιερίας, όντας από τους παλαιότερους υπευθύνους Ε.Κ.Φ.Ε. και συντηρεί το δικτυακό τόπο <http://ekfepierias.blogspot.gr/>

Στη στήλη «Αντί βιβλίο-παρουσίασης» θα παρουσιάζονται βιβλία που σχετίζονται με το περιεχόμενο των Φυσικών Επιστημών είτε με τη διδασκαλία τους. Ενημερώστε τη συντακτική επιτροπή για βιβλία που θα θέλατε να παρουσιάσετε από τη στήλη αυτή στέλνοντας ηλεκτρονικό μήνυμα στη διεύθυνση physcool@auth.gr

Ready, Set, Science!

Θοδωρής Πιερράτος

Το 2006, το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των ΗΠΑ (National Research Council) διεξήγαγε μία μεγάλη έρευνα υπό τον τίτλο «Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8» («Φέρνοντας τις Φυσικές Επιστήμες στο σχολείο: Μαθαίνοντας και Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες από το Νηπιαγωγείο μέχρι τη Β' Γυμνασίου»). Το 2007 το ίδιο Συμβούλιο δημοσίευσε ένα βιβλίο που στηρίχθηκε στα αποτελέσματα αυτής της έρευνας. Το βιβλίο, με τίτλο «Ready, Set, Science!», απέσπασε το βραβείο «Winner of the Association of Educational Publishers 2008 - Distinguished Achievement Award». Θεωρείται παγκοσμίως ότι είναι από τους καλύτερους οδηγούς διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών στην υποχρεωτική εκπαίδευση.

Οι συγγραφείς του προτείνουν συγκεκριμένους τρόπους ώστε οι εκπαιδευτικοί να προσελκύσουν το ενδιαφέρον των παιδιών, να χειριστούν συζητήσεις μέσα στην τάξη, να γεννήσουν απορίες και να προκαλέσουν αναζητήσεις, να στήσουν το μάθημά τους ως μία αλληλεπιδραστική παράσταση.

Η θεωρητική θεμελίωση των εκπαιδευτικών προτάσεων του βιβλίου αναδεικνύεται και γίνεται σαφής με την ανάλυση των μελετών περίπτωσης που παραθέτουν από τάξεις Νηπιαγωγείου μέχρι Β' Γυμνασίου. Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της διδακτικής προσέγγισης που ακολουθούν είναι η καθοδηγούμενη συζήτηση στην τάξη. Στις περισσότερες περιπτώσεις που παρουσιάζονται, κάποιο πείραμα βρίσκεται στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος των μαθητών. Ωστόσο, το πείραμα αυτό δεν πραγματοποιείται κατά ανάγκη από όλους τους μαθητές ή από κάθε ομάδα μαθητών. Συνήθως το πείραμα γίνεται υπό μορφή επίδειξης από το δάσκαλο, με τη βοήθεια μερικών μαθητών, και αυτό που τίθεται υπό εξαντλητική διαπραγμάτευση είναι η ανάλυση του πειράματος. Εν ολίγοις, φαίνεται να υπάρχει μία μετακίνηση από το μοντέλο «hands on» στο μοντέλο «heads on»: οι μαθητές αντί να εξαντλούνται στην πραγματοποίηση πειραμάτων ακολουθώντας οδηγίες (πειράματα-συνταγές μαγειρικής) εστιάζουν στην ανάλυση των πειραμάτων ακολουθώντας και εφαρμόζοντας όλα τα βήματα της επιστημονικής μεθόδου.

Για να γίνει κατανοητή η διδακτική προσέγγιση που ακολουθείται θα επιχειρήσω να παραθέσω εδώ, σε ελεύθερη μετάφραση, ένα μέρος από το βιβλίο που αφορά μία δραστηριότητα που έλαβε χώρα σε παιδιά της Γ' Δημοτικού και αφορούσε τις ιδιότητες του αέρα. Συγκεκριμένα, το γεγονός ότι ο αέρας έχει βάρος. Το απόσπασμα που ακολουθεί είναι από τις σελίδες 72-75. Σε αυτό περιγράφεται μία αυθεντική διδακτική διαδικασία που έλαβε χώρα μέσα στην τάξη.

«Ο Reggie Figueroa, δάσκαλος στην 3^η τάξη, και οι μαθητές του διερευνούσαν εάν ο αέρας μπορεί να έχει βάρος. Μερικοί μαθητές ήταν βέβαιοι ότι ο αέρας δεν μπορούσε να έχει βάρος επειδή «δεν μπορείς να ζυγίσεις κάτι που δεν είναι τίποτα». Άλλοι διαφωνούσαν, θεωρώντας ότι ο αέρας είναι σίγουρα κάτι.

Ένας από τους μαθητές, ο Jeremiah, υπενθύμισε στους άλλους τότε που ο καθένας τους είχε μετρήσει τη δική του αναπνευστική ικανότητα, φυσώντας αέρα μέσα από έναν σωλήνα σε ένα βάζο που ήταν αναποδογυρισμένο μέσα σε ενυδρείο γεμάτο με νερό. Υπενθύμισε ότι είχε τη μεγαλύτερη αναπνευστική δυνατότητα από όλους τους συμμαθητές του στην τάξη, αποδεικνύοντας με αυτόν τον τρόπο ότι ο αέρας υπήρχε και καταλάμβανε χώρο.

Η Marisa συμφώνησε. Είχε δει ότι η ανάσα της έσπρωξε το νερό έξω από το αναποδογυρισμένο δοχείο. «Ο αέρας είναι κάτι. Μπορείς να δεις τις μπουρμπουλήθρες να βγαίνουν από την αναπνευστική συσκευή».

«Και μπορείς να δεις τον αέρα το χειμώνα όταν ξεφυσάς», είπε η Jenna. Φύσηξε δυνατά στα χέρια της. «Είναι σαν άνεμος. Δεν μπορείς να τον δεις, αλλά μπορείς να τον νιώσεις».

Για να διερευνήσουν τα παιδιά τις ιδιότητες του αέρα, ο κ. Figueroa έφερε στην τάξη δυο μπάλες του βόλεϊ και μια τρόμπα ποδηλάτου. Ενώ οι μαθητές του βρίσκονταν στο γυμναστήριο, έβαλε τις μπάλες του βόλεϊ σε ένα ζυγό και τον ρύθμισε κατάλληλα ώστε οι μπάλες να ισορροπούν. Μετά τις έβγαλε. Όταν οι μαθητές γύρισαν από το γυμναστήριο, ο κ. Figueroa τους ζήτησε να καθίσουν σε κύκλο για να συζητήσουν.

«Κοιτάξτε αυτές τις δυο μπάλες. Είναι μπάλες του βόλεϊ και έχουν το ίδιο μέγεθος, μόνο που η μία μπάλα έχει πιο ανοιχτό χρώμα και η άλλη πιο σκούρο. Όταν τις βάλω στο ζυγό, τι νομίζετε ότι θα συμβεί;».

«Θα ισορροπήσουν», φώναξε ο Jocelyn, και κάποιοι άλλοι συμφώνησαν: «Θα ισορροπήσουν». Ένα άλλο παιδί είπε: «θα είναι το ίδιο».

«Γιατί το νομίζετε αυτό;» ρώτησε ο κ. Figueroa. Η Gemma σήκωσε το χέρι της. «Επειδή είναι εντελώς ίδιες. Ίδιο μέγεθος, ίδιο υλικό, μμμ..., το δέρμα από το οποίο αποτελούνται, είναι όπως ακριβώς είχαμε ζυγίσει και δημιουργήσει τα γραφήματα με τους κύβους της πυκνότητας. Εάν ήταν το ίδιο μέγεθος και το ίδιο υλικό, θα ζύγιζαν το ίδιο».

Όλοι φαίνονταν να συμφωνούν, έτσι ο κ. Figueroa έβαλε τις δυο μπάλες στο ζυγό. Ο βραχίονας στο ζυγό ταλαντεύτηκε για λίγο και μετά ισορρόπησε.

«Οι μπάλες ισορρόπησαν. Είχα δίκιο», είπε η Gemma.

«Εντάξει», είπε ο κ. Figueroa, «λοιπόν, η έρευνά μας για σήμερα αφορά το εξής. Έφερα μια τρόμπα ποδηλάτου από το σπίτι μου, με την οποία μπορώ να βάζω αέρα σε διάφορα αντικείμενα. Θα προσθέσω αέρα στην ανοιχτόχρωμη μπάλα του βόλεϊ κάνοντας 15 κινήσεις με την τρόμπα». Προσάρμοσε την υποδοχή της τρόμπας στην μπάλα. Κίνησε 15 φορές τη χειρολαβή της τρόμπας, ενώ τα παιδιά άμετρούσαν «ένα, δύο, τρία..., δεκατέσσερα, δεκαπέντε».

«Ωραία λοιπόν, τώρα η ανοιχτόχρωμη μπάλα περιέχει περισσότερο αέρα από τη σκουρόχρωμη μπάλα. Το ότι προσθέσαμε με την τρόμπα αέρα στην μπάλα, την έκανε βαρύτερη, ελαφρύτερη ή το βάρος παρέμεινε το ίδιο; Όταν βάλουμε την μπάλα αυτή στο ζυγό, θα πάει κάτω;» και λύγισε το κορμί του προς τα αριστερά, «μήπως θα πάει προς τα επάνω;» και λύγισε το κορμί του προς τα δεξιά, «ή θα ισορροπήσουν πάλι οι μπάλες;». Πολλοί μαθητές άρχισαν να δίνουν διαφορετικές απαντήσεις.

«Μη λέτε τίποτα ακόμη», είπε ο κ. Figueroa. «Απλώς σκεφτείτε για ένα λεπτό». Μετά είπε: «Λοιπόν επιστήμονες σηκωθείτε να μου πείτε τις προβλέψεις σας! Για να δούμε με ποια πλευρά είστε!».

Κάθε μαθητής σηκώθηκε και άπλωσε το χέρι του, κάποιοι λυγίζοντάς το προς τα δεξιά και άλλοι προς τα αριστερά ενώ άλλοι παρέμειναν σε ισορροπία. Από τη στιγμή που έκαναν τις προβλέψεις τους κάθισαν πάλι στη θέση τους.

Ο κ. Figueroa είπε: «Ποιός θα ήθελε να ξεκινήσει»; Περίμενε υπομονετικά όσο σηκώνονταν τα χέρια. Τελικά διάλεξε τη Megan, επειδή ήξερε ότι θα έχει κάτι να πει που θα οδηγούσε σε περεταίρω συζήτηση.

«Εγώ πιστεύω ότι θα πάει προς τα επάνω, δηλαδή η ανοιχτόχρωμη μπάλα την οποία φουσκώσαμε θα πάει προς τα επάνω», είπε η Megan.

«Και γιατί το πιστεύεις αυτό;»

«Επειδή ο αέρας κάνει τα πράγματα ελαφρύτερα. Έτσι δεν είναι;». Όπως όταν φουσκώσατε το μπαλόνι με αέρα, έγινε ελαφρύτερο. Είναι σαν να επιπλέει».

Αρκετοί μαθητές άρχισαν να μιλάνε ταυτόχρονα. Ο κ. Figueroa υπενθύμισε ότι για να ακουστούν όλοι, θα έπρεπε κάθε φορά να μιλά ένα άτομο. «As χρησιμοποιήσουμε αυτή την μπάλα του βόλεϊ ως την μπάλα που μας δίνει το δικαίωμα να μιλάμε», πρότεινε ο δάσκαλος. Συχνά οι μαθητές του κ. Figueroa χρησιμοποιούσαν μια μπάλα που την πετούσαν και σε όποιον πήγαινε μόνο αυτός μπορούσε να μιλήσει. Οι άλλοι θα έπρεπε να περιμένουν τη σειρά τους. Ο κ. Figueroa έδωσε την μπάλα στη Marisa.

«Είμαι σχεδόν σίγουρη ότι θα ισορροπήσουν οι μπάλες επειδή ο αέρας δεν είναι τίποτα. Εννοώ ότι είναι αόρατος. Είναι σαν τίποτα», είπε η Marisa.

Ο Eduardo σήκωσε το χέρι του και ο κ. Figueroa τού έδωσε το λόγο. Ο Eduardo γεννήθηκε στο Πουέρτο Ρίκο και είχε ζήσει εκεί τα περισσότερα χρόνια του. Η αγγλική του γλώσσα βελτιωνόταν, αλλά ακόμη μιλάγε κυρίως Ισπανικά και αισθανόταν μεγάλη δυσκολία στο να μιλήσει Αγγλικά.

«Πολύ... μμμ... περισσότερο... περισσότερο βαρύ; Έχει... πολύ... αέρα, πολύ... υλικό» είπε ο Eduardo.

«Για να δω αν κατάλαβα καλά τη σκέψη σου Eduardo», είπε ο κ. Figueroa. «Λες ότι νομίζεις ότι η μπάλα θα είναι βαρύτερη και έτσι θα πάει προς τα κάτω όταν τη βάλουμε στο ζυγό, επειδή έχει

περισσότερο αέρα, περισσότερο υλικό, αυτό δεν εννοείς;». Ο Eduardo κούνησε το κεφάλι του καταφατικά.

«Μπορείς να μας αναλύσεις λίγο περισσότερο τη σκέψη σου;» ρώτησε ο κ. Figueroa.

Ο Eduardo μίλησε αργά και με συχνές παύσεις για να βρει τις σωστές λέξεις. Είχε κάποιες δυσκολίες με την προφορά, παρ' όλα αυτά οι συμμαθητές του περίμεναν με σεβασμό ενώ μιλούσε και κάποιοι άλλοι ισπανόφωνοι μαθητές προθυμοποιήθηκαν να τον βοηθήσουν με τις λέξεις ή τις φράσεις, όταν φαινόταν ότι δεν μπορούσε.

«Κάποτε ο μπαμπάς μου είχε ένα σκασμένο λάστιχο και χρησιμοποίησε μια τρόμπα σαν κι αυτή. Φούσκωσε το λάστιχο και το φορτηγό του ανασηκώθηκε. Ο αέρας έκανε το φορτηγό να σηκωθεί. Το φορτηγό είναι βαρύτερο.»

«Τι ωραία παρατήρηση!», είπε ο κ. Figueroa. «Ποιός κατάλαβε την παρατήρηση του Eduardo ώστε να το πει με δικά του λόγια; Μπορεί κάποιος να μας επαναλάβει τι είπε ο Eduardo;».

Η Keisha είπε: «Νομίζω ότι κατάλαβα, επειδή το ίδιο πράγμα συνέβη και σε μένα. Νομίζω ότι ο Eduardo μιλά για την περίπτωση που ο μπαμπάς του φούσκωσε ένα λάστιχο. Όταν το φούσκωσαν, ολόκληρο το αμάξι ανασηκώθηκε. Είναι όπως όταν φουσκώνεις ένα μπαλόνι. Ο αέρας πιέζει εσωτερικά το λάστιχο και ανασηκώνει το φορτηγό».

Ο κ. Figueroa γύρισε στον Eduardo και του είπε: «Είναι αυτό που είπες Eduardo»; Ο Eduardo κούνησε το κεφάλι του καταφατικά.

Ο Billy μίλησε αμέσως μετά. «Εγώ κάπως συμφωνώ με τον Eduardo ότι όταν βάζεις περισσότερο υλικό σε μια μπάλα αυτή γίνεται βαρύτερη. Όπως, όταν βάζεις άμμο ή νερό, σίγουρα η μπάλα τότε θα γινόταν βαρύτερη. Αλλά δε νομίζω ότι μπορείς να ζυγίσεις τον αέρα. Είναι πάρα πολύ ελαφρύς. Γι' αυτό το λόγο πιστεύω ότι οι μπάλες θα ισορροπήσουν ή μπορεί σ' αυτή που προσθέσαμε αέρα να είναι ελαφρύτερη. Μπορώ να ψηφίσω και τις δυο προβλέψεις;» Όλοι γέλασαν.

«Έχουμε πολλές και διαφορετικές απόψεις και είναι όλες ενδιαφέρουσες. Θέλεις κανείς άλλος να συμφωνήσει ή να διαφωνήσει με αυτές τις προβλέψεις;» Περισσότερα χέρια σηκώθηκαν. Ένας μαθητής είπε: «Απλώς κάντε το!» Τότε και τα άλλα παιδιά είπαν: «Ναι.. ναι.. να μάθουμε».

«Θέλω να ακούσω τι πιστεύετε οι περισσότεροι», είπε ο κ. Figueroa. «Ας ξεκινήσουμε από την αρχή, έτσι ώστε όλοι να έχετε μια ευκαιρία να εξηγήσετε τις προβλέψεις σας». Η συζήτηση συνεχίστηκε για περίπου δέκα λεπτά, με τους μαθητές να υποστηρίζουν τις εναλλακτικές τους ιδέες.

Τελικά, ο κ. Figueroa είπε: «Λοιπόν, ας κάνουμε το πείραμα για να δούμε τι συμβαίνει». Πήγε στο ζυγό, ο οποίος είχε στη δξιά πλευρά ακόμη τη σκουρόχρωμη μπάλα. Καθώς ήταν έτοιμος να τοποθετήσει την ανοιχτόχρωμη μπάλα που είχαν φουσκώσει, γύρισε στους μαθητές του και είπε: «Άλλαξε κανείς την απόφασή του; Ξέρετε, οι επιστήμονες συχνά αλλάζουν άποψη μετά από μια συζήτηση με άλλους επιστήμονες. Λοιπόν, σηκωθείτε μια φορά ακόμη για να δείξετε τις προβλέψεις σας. Πιστεύετε ότι η κίτρινη μπάλα που τη φουσκώσαμε με την τρόμπα θα είναι βαρύτερη και ο ζυγός θα γύρει προς τα αριστερά, ελαφρύτερη και ο ζυγός θα γύρει δεξιά ή οι δυο μπάλες θα ισορροπήσουν;».

Για μια φορά ακόμη οι μαθητές σηκώθηκαν και έγειραν τα χέρια τους. Αυτή τη φορά όμως οι περισσότεροι ψήφισαν ότι η ανοιχτόχρωμη μπάλα θα είναι βαρύτερη. Όταν ο κ. Figueroa τοποθέτησε την μπάλα στο ζυγό, αυτός έγειρε προς τα αριστερά. Οι μαθητές άρχισαν να επευφημούν.

«Λοιπόν, τι μάθαμε;», ρώτησε ο κ. Figueroa.

«Ότι μπορούμε να ζυγίσουμε τον αέρα», είπε η Marisa. Μετά από μια παύση, προσέθεσε: «Αυτό σημαίνει ότι εάν πάρω μεγάλη ανάσα όταν θα βρίσκομαι στη ζυγαριά του γιατρού θα ζυγίζω περισσότερο;».

Στις σελίδες 93-95 του ίδιου βιβλίου και στην παράγραφο με τίτλο «Καθοδηγούμενη συζήτηση», οι συγγραφείς αναλύουν το θεωρητικό πλαίσιο της διδακτικής δραστηριότητας που παρουσιάστηκε παραπάνω.

«Στο 4ο κεφάλαιο είδαμε μια τάξη που εμπλέκεται με μια ομαδική συζήτηση σχετικά με το αν η πρόσθεση αέρα σε μια μπάλα του βόλεϊ θα επηρεάσει το βάρος της μπάλας. Αυτή η συζήτηση και η δραστηριότητα που ακολούθησε ενέπλεξε όλους τους μαθητές. Ήταν μιας μορφής που μπορεί να ονομασθεί ως “καθοδηγούμενη συζήτηση”. Περιλάμβανε την επίδειξη ενός πειράματος, αλλά αυτό πραγματοποιήθηκε αφού οι μαθητές χρησιμοποίησαν στοιχεία, ανέπτυξαν τα επιχειρήματά τους και διατύπωσαν τις προβλέψεις τους. Το προτεινόμενο πρόβλημα είχε περισσότερες από μια δυνατές λύσεις και έτσι οι μαθητές μπορούσαν να προβλέψουν και να υποστηρίξουν διαφορετικές λύσεις. Επιπλέον, η δραστηριότητα αυτή περιλάμβανε υλικά και δραστηριότητες που ήταν γνωστά στους μαθητές, έτσι ώστε οι μαθητές να μπορούν να προβλέψουν την απόκρισή τους. Η χρήση γνωστών υλικών και φαινομένων, επιτρέπει τους μαθητές να βασιστούν σ’ αυτά για τη δόμηση μιας ερμηνείας. Αυτή η διδακτική στρατηγική διευκολύνει όλους τους μαθητές να συμμετέχουν στο μάθημα με τρόπο που να έχει νόημα γι’ αυτούς.

Η καθοδηγούμενη συζήτηση γενικά κατευθύνει τους μαθητές να επιλέγουν από δύο ή τρεις διαφορετικές, αλλά λογικές, απαντήσεις. Όπως στην περίπτωση της τάξης του κ. Figueroa, που παρουσιάστηκε στο 4ο κεφάλαιο, οι μαθητές έπρεπε να αποφασίσουν εάν η μπάλα του βόλεϊ μετά το επιπλέον φούσκωμά της θα ήταν (1) βαρύτερη, (2) ελαφρύτερη ή (3) θα ζύγιζε το ίδιο. Αυτού του είδους οι ανταλλαγές επιχειρημάτων οδηγούν σε μια παραγωγική και ζωντανή συζήτηση. Επιπλέον, μια τέτοια συζήτηση βοηθά τους μαθητές να συμμετέχουν ενεργά στη ανάπτυξη συλλογισμών, στο σχεδιασμό θεωριών και στη διατύπωση προβλέψεων. Οι μαθητές αναλαμβάνουν ρόλους, προσπαθούν να διατυπώσουν επιχειρήματα και να δώσουν στοιχεία που να υποστηρίζουν τη θέση τους. Μερικές φορές, οι ανεπίσημες ψηφοφορίες μπορούν να γίνονται για να δαπιστώνουν οι μαθητές πού περίπου “βρίσκονται”, πάντα βέβαια με σεβασμό στην άποψη των άλλων, έχοντας την ευκαιρία να αλλάξουν την άποψή τους, το επιχειρήματά τους ή να το ανακαλέσουν. Στις καθοδηγούμενες συζητήσεις όλοι οι μαθητές εστιάζουν στα ίδια φαινόμενα, αλλά χρειάζεται να επιλέξουν κάποια άποψη και να υποστηρίξουν τις αντίστοιχες προβλέψεις ή θεωρίες. Όλοι είναι ελεύθεροι να αναθεωρήσουν την άποψή τους στη βάση

ενός επιχειρήματος που θα διατυπωθεί αργότερα από κάποιον άλλον – με τον όρο ότι αυτός θα πει, όσο πιο συγκεκριμένα γίνεται, τι είναι αυτό που βρήκε ότι είναι σημαντικό ή πειστικό στο επιχείρημα του άλλου, που τον οδήγησε να αναθεωρήσει την άποψή του.

Οι καθοδηγούμενες συζητήσεις είναι σχεδιασμένες για να ωθούν στη διατύπωση διαφωνιών στις προβλέψεις και τις θεωρίες. Οι καθοδηγούμενες συζητήσεις, επιπλέον, αξιοποιούν τις ποικίλες εμπειρίες των μαθητών και του πλούτου που εμπεριέχεται σε μαθητές από διαφορετικές πολιτισμικές και γλωσσικές ομάδες. Τέτοιου είδους δυναμικές συζητήσεις αναπαριστούν το διάλογο που πραγματοποιείται σε μία επιστημονική έρευνα.

Στις καθοδηγούμενες συζητήσεις, όπως και στις περισσότερες περιπτώσεις αποτελεσματικών συζητήσεων και ανταλλαγής επιχειρημάτων, ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι να βοηθήσει τους μαθητές να εξωτερικεύσουν τις απόψεις τους όσο το δυνατόν ξεκάθαρα και πειστικά και όχι επιφανειακά, όσο κοντά στη «σωστή» απάντηση και αν βρίσκονται. Ο εκπαιδευτικός δεν πρέπει να αξιολογεί τη συμμετοχή των μαθητών ως σωστή ή λανθασμένη, όπως γίνεται στα παραδοσιακά δασκαλοκεντρικά μοντέλα διδασκαλίας. Αντίθετα, ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να υποστηρίζει τους μαθητές του να διατυπώνουν ξανά με διαφορετικό τρόπο τις αρχικές τους απόψεις, αλλά και να αποσαφηνίζουν τα επιχειρήματά τους. Μια τέτοια προσέγγιση βοηθά και αυτόν που προσπαθεί να αποσαφηνίσει αυτά που σκέφτεται, αλλά και τους συμμαθητές του ώστε όλοι να καταλάβουν καλύτερα.

Αυτή η έμφαση στο να παρουσιαστεί μια ξεκάθαρη θεωρία ή θέση συνεχίζεται μέχρι να γίνει το πείραμα και οι μαθητές να δουν τι πραγματικά θα γίνει. Αυτό βοηθά τους μαθητές να μάθουν να βρίσκουν ερμηνείες ή απαντήσεις που στηρίζονται σε δεδομένα και όχι σε αυθεντίες όπως είναι τα εγχειρίδια ή οι εκπαιδευτικοί.

Μια σημαντική φάση της καθοδηγούμενης συζήτησης είναι το πλαίσιο μέσα στο οποίο τίθεται η αρχική ερώτηση με την οποία θα ξεκινήσει η συζήτηση. Αυτή η φάση δεν είναι πάντα εύκολη. Αυτό προϋποθέτει ότι ο εκπαιδευτικός θα θέσει μια ξεκάθαρη και εύκολα κατανοητή ερώτηση που θα προκαλέσει μια σειρά από λογικές απαντήσεις και τοποθετήσεις, καμία από τις οποίες να μην μπορεί να θεωρηθεί ως προφανώς σωστή. Δεν είναι λογικό να αναμένουμε από έναν εκπαιδευτικό να αναπτύξει τέτοιες ερωτήσεις χωρίς την υποστήριξη ενός επαρκούς και συνεκτικού αναλυτικού προγράμματος, των συναδέλφων του ή ενός σχολικού συμβούλου.»

Νομίζω ότι τα σχόλια είναι περιττά. Το γεγονός ότι μία κατάσταση από πραγματική σχολική τάξη συνδέεται με εκτενή θεωρητική ανάλυση, μπορεί να προσφέρει πολλές υπηρεσίες στον εκπαιδευτικό της τάξης, ο οποίος στις διάφορες επιμορφώσεις που συμμετέχει βάλλεται συχνά από θεωρητικά σχήματα χωρίς συνήθως να του λείει κανείς πώς αυτά εφαρμόζονται στην πράξη.

Το παραπάνω απόσπασμα είναι ένα από τα πάρα πολλά θέματα που τίθενται υπό διαπραγμάτευση. Ενδεικτικά θα αναφέρω ότι πέρα από τις ιδιότητες του αέρα, που αφορούσε το παραπάνω απόσπασμα, ο αναγνώστης θα βρει θέματα όπως η μέτρηση και η γραφική αναπαράσταση

δεδομένων, η βιοποικιλότητα στη σχολική αυλή, τα μόρια σε κίνηση, η φύση των αερίων, ο διαχωρισμός των εννοιών πυκνότητα και μάζα και πολλά άλλα.

Ιδού, λοιπόν, η ευκαιρία! Το βιβλίο είναι ελεύθερα διαθέσιμο στο διαδίκτυο και μπορεί να το κατεβάσει κάποιος κάνοντας μία απλή εγγραφή (<http://www.nap.edu/catalog/11882/ready-set-science-putting-research-to-work-in-k-8>). Είναι βέβαια στα αγγλικά. Μακάρι να δούμε σύντομα το εξαιρετικό αυτό βιβλίο να κυκλοφορεί και στην ελληνική γλώσσα.



Ο Θοδωρής Πιερράτος έχει σπουδάσει Φυσική στο Τμ. Φυσικής του Α.Π.Θ.. Απέκτησε το μεταπτυχιακό του στη Φυσική από το Τμ. Φυσικής του Παν. Κρήτης και πήρε το διδακτορικό του στη Διδακτική της Φυσικής από το Τμ. Φυσικής του Α.Π.Θ.. Υπηρετεί στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση ως υπεύθυνος του Ε.Κ.Φ.Ε. Ευόσμου. Αποτυπώνει τις δραστηριότητές του στο ιστολόγιο <http://fysikapeiramatika.blogspot.gr/>

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή

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

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 9^ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση θα διεξαχθεί στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο στη Θεσσαλονίκη στις 8-10 Μαΐου του 2015. Το 9^ο 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.ΠΟ.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.

Πληροφορίες για το Συνέδριο:
Νίκος Τζιμόπουλος
Τηλ.: 2281079396, 6979776923
e-mail: ntzimop@sch.gr
Δικτυακός τόπος: www.e-diktyo.eu



Στο εξώφυλλο του 5ου τεύχους δημοσιεύτηκε η φωτογραφία του κ. Χαρίτωνα Πολάτογλου που θα μπορούσε να τιτλοφορηθεί “αψηφώντας τη βαρύτητα” Στη φωτογραφία, μία καλλιτέχνης αιωρείται αρκετά πάνω από το έδαφος ακουμπώντας μόνο πάνω στο ραβδί της. Μολονότι η φωτογραφία αυτή λήφθηκε στη Βαρσοβία, ανάλογες παραστάσεις λαμβάνουν χώρα σε όλο τον κόσμο. Ο κ. Κώστας Καμπούρης, π. πρόεδρος της ΠΑΝΕΚΦΕ και νυν συνταξιούχος, πήρε μία αντίστοιχη φωτογραφία στη Ρώμη. Είχε την ευκαιρία μάλιστα να παρακολουθήσει την προετοιμασία της παράστασης:



“Χαμηλή πτήση” πάνω από τη Ρώμη. (Φωτογραφία Κ. Καμπούρης).

«Ο τύπος κάθεται αναπνευστικά σε μια οριζόντια βάση με πλέγμα. Στο έδαφος υπάρχει συνδεδεμένη με κατακόρυφη ράβδο μια άλλη ελαφριά τετράγωνη οριζόντια βάση. Η κάθετη ράβδος είναι ενισχυμένη στο σημείο στήριξης της με μολύβι. Ο τύπος γέρνοντας λίγο μπροστά εξασφαλίζει η ροπή του βάρους του να βοηθά την στήριξη του. Η ροπή ανατροπής που θα πάει να δημιουργηθεί από το βάρος του

τύπου(αν αυτό γείρει προς τα πίσω) εξουδ περώνεται εύκολα από τη ροπή του βάρους της κατακόρυφης, λόγο της πολύ μεγαλύτερης απόστασης του από τον άξονα περιστροφής. Ας σκεφτούμε ότι δεν θα προβληματιζόμαστε καθόλου αν τον περιστρέψουμε ώστε να βλέπει προς την αντίθετη κατεύθυνση. Το πατάκι με τα λουλούδια είναι το καμουφλάρισμα της κάτω βάσης και το πορτοκαλί κουτάκι για να τη συγκέντρωση του μεροκάματου.»

Ο κ. Γιάννης Κυριακόπουλος, καθηγητής Φυσικής σε Λύκειο, παρατηρεί: «Πάντοτε υπάρχει χαλάκι, πάντοτε μπαστούνι, πάντοτε κάποιο φαρδύ ρούχο. Ο Άρθουρ Κόναν Ντόουλ βάζει στο στόμα του Σέρλοκ Χολμς: “Αν αποκλείσεις το αδύνατο αυτό που μένει είναι η αλήθεια όσο απίθανη και αν φαίνεται”. Όσοι έχουν κάποιες γνώσεις Φυσικής παρασύρονται (ενίοτε) ευκολότερα από άλλους ανθρώπους (Άρθουρ Κλαρκ έφα). Υπάρχουν άνθρωποι που βγάζουν το ψωμί τους στήνοντας επί ώρες κάτι που διαρκεί ελάχιστα. Δυστυχώς με το διαδίκτυο αποκαλύπτονται τα μυστικά της γοητευτικής τους τέχνης. Υποθέτω ότι συμβαίνει κάτι ανάλογο με αυτό που δείχνει το video: <https://www.youtube.com/watch?v=ZwvYkRzpq4g>»

Ευχαριστούμε όλους και όλες που έστειλαν τις απαντήσεις τους. Περιμένουμε τις απαντήσεις σας και για τη φωτογραφία του εξώφυλλου του 6ου τεύχους!

