

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. Βασίλη Γαργανουράκη στην Πηγή Σάριζα στην Άνδρο στις 17 Αυγούστου 2016. Ένα έντομο «κάθεται» στην επιφάνεια μίας ρηχής λιμνούλας και στον πυθμένα σχηματίζονται σκιές. Γιατί εμφανίζονται τέτοιου σχήματος και μεγέθους σκιές στον πυθμένα της λιμνούλας λόγω της επαφής των άκρων (πόδια, κεραίες) του εντόμου με την επιφάνεια του νερού;

Στείλτε μας την απάντησή σας και τη διδακτική σας πρόταση στην ηλεκτρονική διεύθυνση physcool@auth.gr. Οι πιο ενδιαφέρουσες θα δημοσιευτούν στο επόμενο τεύχος. Δείτε σχετικά με την ερμηνεία για τη φωτογραφία του 11^{ου} τεύχους στη σελίδα 74.

Editorial	4
Για το περιοδικό	5-6
Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες	
Η φύση των Φυσικών Επιστημών και η διδασκαλία τους, <i>Π. Κουμαράς</i>	7-15
Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο	
Η αξιοποίηση του αισθητήρα ήχου ενός Smartphone στη διδασκαλία φαινομένων Ακουστικής. Μια καινοτόμος χρήση του από μαθητές Α' Λυκείου., <i>Α. Πάλλας</i>	17-27
Μελέτη της αρχής διατήρησης της μηχανικής ενέργειας με τη μέθοδο του «φωτοφράκτη» <i>Β. Νούσης</i>	29-39
Μέσα στην τάξη	
Τα Μαθηματικά ως εργαλείο κατανόησης αντιστρεπτών μεταβολών στη Θερμοδυναμική, <i>Ι. Σφαέλος και Α. Ευσταθίου</i>	41-52
Η δομή συναντά τη λειτουργία: η "Μολυβοτρανσφεράση", <i>Σ. Γιατζόγλου</i>	53-60
Η μεσογειακή διατροφή και τα οφέλη της: μία διδακτική δράση για τη Βιολογία της Α' Γυμνασίου, <i>Μ. Χατζηγεωργίου</i>	61-71
Πρόκειται να συμβούν	73
Γράψατε για το εξώφυλλο	74

Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση – ISSN 2241-7680

Εκδοτική ομάδα

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

Διαχείριση δικτυακού τόπου

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

Συντακτική ομάδα

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

Επιμέλεια Εξώφυλλου

Μαΐδου Ανθούλα, Εκπ/κος Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης

Επιστημονική Επιτροπή

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

Πράμας Χρήστος, Δρ. Διδακτικής της Φυσικής, Σχ. Σύμβουλος Π/βάθμιας
Εκπ/σης 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
Σολομωνίδου Χριστίνα, π. Καθηγήτρια του Π.Τ.Δ.Ε. του Παν. Θεσσαλίας
Σπανός Σεραφείμ, Δρ. Φυσικής, Εκπ/κός Δ/βάθμιας Εκπ/σης
Σταυρίδου Ελένη, π. Καθηγήτρια του Π.Τ.Δ.Ε. του Α.Π.Θ.
Τσαγλιώτης Νεκτάριος, Δάσκαλος Π/βάθμιας Εκπ/σης
Τσιτοπούλου-Χριστοδουλίδη Ευγενία, Υπεύθυνη Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγιάλεω
Φανουράκη Ελευθερία, Δρ. Βιολογίας, Υπεύθυνη 1ου Ε.Κ.Φ.Ε. Ηρακλείου
Φασουλόπουλος Γιώργος, Δρ. Διδακτικής της Φυσικής, Εκπ/κός
Δ/βάθμιας Εκπ/σης
Χαλκιά Κρυσταλία, Καθηγήτρια του Π.Τ.Δ.Ε. του Ε.Κ.Π.Α.
Χαραλάμπους Μάριος, Δρ. Διδακτικής της Φυσικής, Εκπ/κός Π/βάθμιας
Εκπ/σης Κύπρου

Editorial – Σεπτέμβριος 2016

Σας καλωσορίζουμε στο 12ο τεύχος του περιοδικού, που κλείνει αισίως 3 χρόνια ζωής, και σας ευχόμαστε καλή σχολική χρονιά.

Το παρόν τεύχος φιλοξενεί έξι εργασίες οι οποίες φιλοδοξούν να εμπλουτίσουν τη διδακτική φαρέτρα κυρίως όσων διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο.

Τι είναι η φύση των Φυσικών Επιστημών; Ποια τα χαρακτηριστικά της; Ποια τα διδακτικά οφέλη από την εισαγωγή της στη σχολική τάξη; Αυτά είναι, μεταξύ άλλων, τα ερωτήματα που επιχειρεί να απαντήσει ο Παναγιώτης Κουμαράς, δίνοντας συνέχεια στη σχετική συζήτηση που ξεκίνησε στο 7^ο τεύχος του περιοδικού.

Η χρήση των έξυπνων κινητών και των τάμπλετς, μέσω των αισθητήρων με τους οποίους είναι εξοπλισμένα, ξετυλίγει όλα τα πλεονεκτήματα που μπορεί αυτή να φέρει στα πειράματα Φυσικών Επιστημών στο σχολικό εργαστήριο, στην εργασία του Αναστάσιου Πάλλα. Η εργασία αυτή παρουσιάζεται λίγες μόνο ημέρες μετά από την υπενθύμιση από το ΥΠ.Π.Ε.Θ. της απαγόρευσης χρήσης των συγκεκριμένων συσκευών στα σχολεία και θα μπορούσε να γίνει η αφορμή για να ξεκινήσει μία συζήτηση για την υπό όρους αξιοποίησή τους στην πειραματική διδασκαλία. Κάτι που συμβαίνει ήδη σε πολλές χώρες του εξωτερικού.

Η πειραματική μελέτη της αρχής διατήρησης της ενέργειας στο Λύκειο καταλήγει συνήθως στην ανάλυση μίας χρονοφωτογραφίας. Ο Βασίλης Νούσης παρουσιάζει εξαντλητικά μία πρόταση που μπορεί να εφαρμοστεί στο εργαστήριο Φυσικής και οδηγεί σε εξαιρετικά αποτελέσματα. Η πρόταση αυτή παρουσιάστηκε, στην πρώτη της μορφή, στον Πανελλήνιο διαγωνισμό EUSO 2016 που διοργάνωσε, όπως κάθε χρόνο, η ΠΑΝ.Ε.Κ.Φ.Ε.

Οι Ιωάννης Σφαέλος και Αγγελική Ευσταθίου θίγουν τα μαθηματικά προβλήματα που συναντούμε στην πραγμάτευση της θερμοδυναμικής στο Λύκειο και καταθέτουν τη δική τους πρόταση, με τη χρήση λογισμικών, που επιχειρεί να παντρέψει τα μαθηματικά και τη Φυσική.

Ο Στέφανος Γιαγτζόγλου, εξακολουθώντας μία σειρά πετυχημένων άρθρων, θίγει το θέμα της σχέσης αλληλεξάρτησης δομής-λειτουργίας στη Βιολογία του Λυκείου, χρησιμοποιώντας απλά σύρματα και καθημερινά υλικά.

Η Μαρία Χατζηγεωργίου περιγράφει τη δράση που επιχείρησε στο πλαίσιο της Βιολογίας της Α' Γυμνασίου, παρέχοντας πολλές ιδέες που μπορούν να υιοθετηθούν και να εφαρμοστούν στη σχολική τάξη.

Ευελπιστούμε ότι θα βρείτε χρήσιμες αυτές τις εργασίες και ότι θα αποτελέσουν την αφορμή για δημιουργικότητα και καινοτομία στην καθημερινή σχολική πραγματικότητα.

Εκ μέρους της εκδοτικής ομάδας
Θοδωρής Πιερράτος

Πρόσκληση για εργασίες

Καλωσορίζουμε εργασίες τριών κατηγοριών:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Επιπλέον στο περιοδικό σχεδιάζεται να υπάρχουν:

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

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

Η φύση των Φυσικών Επιστημών και η διδασκαλία τους

Παναγιώτης Κουμαράς

Στη χώρα μας τα αναλυτικά προγράμματα Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) αποσκοπούν - και σήμερα όπως και τα τελευταία 50 χρόνια που εγώ ως μαθητής θυμάμαι - αποκλειστικά στην εννοιακή γνώση των Φ.Ε. Έτσι π.χ. στα μέσα της δεκαετίας του '60 στο πρώτο μάθημα ο καθηγητής μας υπαγόρευε «μόριο λέγεται ...» και συνεχίζαμε «άτομο λέγεται ...». Σήμερα, η κατάσταση είναι αντίστοιχη, το μόριο και το άτομο εισάγονται αξιωματικά, «θεολογικά» θα έλεγα. Η μόνη διαφορά είναι ότι σήμερα λέγονται στο πρώτο μάθημα της Ε' Δημοτικού. Προχωράμε μάλιστα και σε «*Κουάρκ ονομάζονται τα θεμελιώδη σωματίδια από τα οποία αποτελείται η ύλη*». Η αξιωματική αυτή εισαγωγή της έννοιας του μορίου, του ατόμου κλπ. δεν είναι σύμφωνη με τη φύση των Φ.Ε. Οι έννοιες του μικρόκοσμου εισήχθηκαν για να ερμηνεύσουν παρατηρήσεις από τον καθημερινό κόσμο.

Τα αντίστοιχα διεθνή προγράμματα σήμερα περιλαμβάνουν τρεις συνιστώσες: Την εννοιακή γνώση των Φ.Ε., τις μεθόδους των Φ.Ε. και τη φύση των Φ.Ε. Στο παρόν περιοδικό έχει ανοίξει η συζήτηση για τη φύση των Φ.Ε. από το συνάδελφο Νίκο Κανδεράκη με το άρθρο του «Τι είναι η φύση της επιστήμης και γιατί οι μαθητές πρέπει να μαθαίνουν γι' αυτήν» (7^ο τεύχος, σ. 23-31). Στο πρόσφατο συνέδριο στη Θεσσαλονίκη (<http://physcool.web.auth.gr/synedrio2016/>) τέθηκαν θέματα για τη φύση των Φ.Ε. Στο πλαίσιο της προώθησης αυτού του προβληματισμού είναι και το κείμενο που ακολουθεί.

Τι είναι η φύση των Φυσικών Επιστημών;

Ως φύση των Φ.Ε. ορίζονται τα γενικά χαρακτηριστικά των Φ.Ε. τα οποία τις ξεχωρίζουν από τις άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες, δηλ. α) το πώς παράγεται και επικυρώνεται η επιστημονική γνώση, β) ποια είναι τα χαρακτηριστικά της και γ) πώς αυτά διαφοροποιούν την γνώση των Φ.Ε. από τις άλλες γνώσεις του ανθρώπου. Ουσιαστικά με τον όρο «φύση των Φ.Ε.» εννοούμε παραδοχές, αξίες

και πεποιοθήσεις σύμφυτες με την ανάπτυξη των επιστημονικών γνώσεων (Κανδεράκης, 2015; Lederman, 1992).

Γιατί να διδάξουμε για τη φύση των Φυσικών Επιστημών;

Έχει δειχτεί ότι η διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. μπορεί: α) να ενισχύσει τη γνώση του εννοιακού περιεχομένου από τους μαθητές και να αυξήσει την επίδοση των μαθητών (Clemenson, 1990) και β) μπορεί να αυξήσει το ενδιαφέρον των μαθητών για τις Φ.Ε. κάνοντας τη διδασκαλία πιο ελκυστική και δίνοντάς της νόημα (Lederman, 1999; Κανδεράκης, 2015).

Το ερώτημα «σε τι θα ωφεληθούν οι μαθητές, ως μελλοντικοί πολίτες, από την κατανόηση της φύσης των Φ.Ε.» έχει δεχτεί απαντήσεις όπως:

- a) Σχεδόν καθημερινά ο πολίτης ακούει ή διαβάζει αλληλοσυγκρουόμενες απόψεις για θέματα όπως η κλιματική αλλαγή, τα μεταλλαγμένα τρόφιμα κλπ. Η γνώση της φύσης των Φ.Ε. μπορεί να τον οδηγήσει να εξηγήσει τις αντικρουόμενες απόψεις των επιστημόνων και παράλληλα, με την καλλιέργεια μιας πιο ορθολογικής αντιμετώπισης των προβλημάτων μέσω των μεθόδων των Φ.Ε., να μην αποδέχεται την «αλήθεια» για κάθε τι που προβάλλεται ως επιστημονικό (Κανδεράκης, 2015).
- b) Η κατανόηση της φύσης των Φ.Ε. βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν τι ακριβώς είναι αυτές, να αναπτύξουν ακριβείς απόψεις σχετικά με το τι διαφέρουν από άλλους τρόπους μάθησης, να προσδιορίσουν τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς της επιστημονικής γνώσης, να οριοθετήσουν τα είδη των ερωτήσεων που η επιστήμη μπορεί να απαντήσει, (Bell, 2009). Θα διευκολύνει τους μελλοντικούς πολίτες, όταν λαμβάνουν αποφάσεις ή προβαίνουν σε επιλογές, να διαφοροποιούν τα συναισθηματικά και αισθητικά κριτήρια από τα ορθολογικά.
- c) Η κατανόηση της φύσης των Φ.Ε. είναι απαραίτητη για την κατανόηση της σχέσης μεταξύ Φ.Ε. και Θρησκείας (συνηθισμένο θέμα αντιπαράθεσης είναι αν ο άνθρωπος δημιουργήθηκε όπως είναι ή αν εξελίχθηκε), και να φανούν οι ουσιαστικές διαφορές μεταξύ των επιστημονικών και μη επιστημονικών κλάδων π.χ. Αστρονομίας – Αστρολογίας (Matthews, 1997) .

Ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά της φύσης των Φυσικών επιστημών;

Πολλές από τις παραδοχές και αξίες που συνιστούν τη φύση των Φ.Ε. είναι πολύ αφηρημένες για να έχουν νόημα για τους μαθητές από το Νηπιαγωγείο μέχρι και την Γ' Λυκείου. Υπάρχει όμως σήμερα συναίνεση μεταξύ ερευνητών και μεγάλων οργανισμών εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες για τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. που είναι κατάλληλα να συμπεριληφθούν στα αναλυτικά προγράμματα και να διδάσκονται από το Νηπιαγωγείο μέχρι την Γ' Λυκείου. Ακολουθεί σύντομη περιγραφή των βασικών χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε., όπως αυτά έχουν υιοθετηθεί από προγράμματα σπουδών στις ΗΠΑ (Bell et al, 2013).

1. Η γνώση των Φυσικών Επιστημών βασίζεται στην εμπειρία

Η γνώση των Φ.Ε. βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στα εμπειρικά δεδομένα, αποτελεί ισχυρισμούς που στηρίζονται στις παρατηρήσεις του κόσμου μας και διατυπώνονται αρχικά για την ερμηνεία αυτών των παρατηρήσεων. Για παράδειγμα οι επιστήμονες προχωρούν στην εισαγωγή μιας νέας έννοιας όταν υπάρχουν δεδομένα που δεν μπορούν να ερμηνευτούν με τις υπάρχουσες έννοιες. Αντίστοιχα τα παιδιά π.χ. αντιλαμβάνονται ότι η μάζα (το βάρος για τα παιδιά) δεν αρκεί για να ερμηνευθεί η επίπλευση ενός υγρού σε ένα άλλο, αντιλαμβάνονται/αποδέχονται την ανάγκη για την εισαγωγή της έννοιας πυκνότητα. Επίσης, έννοιες του μικρόκοσμου (π.χ. μόριο) εισάγονται για να ερμηνευτούν παρατηρήσεις μας από τον κόσμο στον οποίο ζούμε (Κουμαράς, 2015, σ. 212). Υπάρχουν βέβαια ιδέες που είναι κατεξοχήν θεωρητικές και έχουν προκύψει μέσω συλλογισμών, και αυτές όμως γίνονται τελικά αποδεκτές αν συμφωνούν με παρατηρησιακά ή πειραματικά δεδομένα. Έτσι η γενική θεωρία της σχετικότητας, προϊόν θεωρητικής σύλληψης, επιβεβαιώθηκε το 1919 με βάση φωτογραφίες της φαινόμενης θέσης αστεριών πολύ κοντά στον ηλιακό δίσκο που ελήφθησαν κατά τη διάρκεια ολικής έκλειψης του Ήλιου.

2. Η γνώση των Φυσικών Επιστημών είναι προϊόν της παρατήρησης και της εξαγωγής συμπερασμάτων.

Η γνώση των Φ.Ε. στηρίζεται στην παρατήρηση (είναι μεγάλη συζήτηση το κατά πόσο κάποιος παρατηρεί κάτι που δεν περιμένει από τη θεωρία που ήδη έχει στο μυαλό του), η οποία είτε γίνεται απ' ευθείας μέσω των αισθήσεων είτε με μεσολάβηση της τεχνολογίας. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι η γνώση είναι απλά μια συσσώρευση μεγάλου αριθμού παρατηρήσεων. Οι παρατηρήσεις επεξεργάζονται λογικά, με βάση την ήδη υπάρχουσα γνώση αλλά και πληροφορίες ή/και απόψεις των επιστημόνων και οδηγούν στην εξαγωγή συμπερασμάτων. Οι ίδιες παρατηρήσεις μπορούν να οδηγήσουν σε διαφορετικά συμπεράσματα. Για παράδειγμα: Όταν βυθίζουμε τη μύτη μια σύριγγας στο νερό και τραβήξουμε το έμβολο προς τα πίσω, παρατηρούμε ότι το νερό το ακολουθεί και ανεβαίνει σαν να έχει προσκολληθεί στο έμβολο. Η παρατήρηση αυτή μεταξύ των ετών 1630-1660 ερμηνεύονταν αρχικά με δυο τρόπους, οδηγούσε δηλαδή σε δυο συμπεράσματα: 1^ο) η ανοδική πορεία του νερού οφείλεται στην αποστροφή της Φύσης για το κενό που θα προκληθεί όταν το έμβολο αποσύρεται αν το νερό δεν πάρει τη θέση του, δεδομένου ότι αέρας δεν μπορεί να μπει μέσα στη σύριγγα και 2^ο) το βάρος του ατμοσφαιρικού αέρα προκαλεί άνοδο του νερού. Τελικά η απάντηση δόθηκε, από τον Μπόιλ το 1660, με την εισαγωγή της έννοιας (ατμοσφαιρική) πίεση και έννοιας από τον μικρόκοσμο, πρώιμο πρόγονο της έννοιας του μορίου (Κουμαράς, 2015, σσ. 204-212; Κουμαράς και Πιερράτος, 2016).

3. Η γνώση των Φυσικών Επιστημών είναι προϊόν της δημιουργικής σκέψης.

Η παραγωγή γνώσης στο χώρο των Φ.Ε. δεν γίνεται μόνο με τη λογική και κριτική σκέψη ούτε είναι προϊόν μιας διαδικασίας που ακολουθεί συγκεκριμένα, προκαθορισμένα βήματα. Αν ήταν έτσι, όμοια εκπαιδευμένοι άνθρωποι πιθανά θα κατέληγαν στην παραγωγή ίδιας γνώσης (McComas, 2008a, 2008b). Π.χ. πολλοί σύγχρονοι του Γαλιλαίου «παίζανε» με κεκλιμένα επίπεδα και μπίλιες, ο Γαλιλαίος όμως έφτασε στο συμπέρασμα ότι «αν σε ένα σώμα δεν ασκείται καμιά δύναμη, αυτό θα συνεχίσει να κινείται (ομαλά κυκλικά)». Απλά γιατί μόνο αυτός άλλαξε την ερώτηση και αντί να ψάχνει να βρει «τι κινεί ένα σώμα», έψαχνε να βρει «τι το σταματά, αν αρχικά κινείται». Η πρόοδος προέκυψε από την αναστροφή της ερώτησης, και όχι με την ανακάλυψη κάποιου καινούργιου φαινομένου, ή την κατασκευή κάποιας καινούργιας συσκευής. Αποτέλεσμα της δημιουργικής σκέψης ήταν η αλλαγή της ερώτησης. Η επιλογή του ερευνητικού ερωτήματος χαρακτηρίζεται από τη δημιουργικότητα του ερευνητή.

Πολλοί επιστήμονες συλλέγουν και μελετούν μεμονωμένα δεδομένα. Κάποιοι βλέπουν πίσω από αυτά κάτι κοινό, ένα πρότυπο, και προτείνουν ένα νόμο ή καταλήγουν σε ένα συμπέρασμα. Συνήθως δεν υπάρχει τυπική διαδικασία με την οποία φτάνουν σε αυτό, απλά είναι μια δημιουργική σκέψη. Η δημιουργικότητα χαρακτηρίζει και επιστήμονες των Φ.Ε, όχι μόνο τους καλλιτέχνες. Αυτό μάλλον ξαφνιάζει τους μαθητές που δεν αναγνωρίζουν τη δημιουργική πλευρά των Φ.Ε. (McComas, 2008a).

4. Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν πολλές μεθόδους για να αναπτύξουν τις γνώσεις.

Δεν υπάρχει μια μέθοδος που χρησιμοποιούν όλοι οι ερευνητές των Φ.Ε. Αυτό που πολλοί αναφέρουν στα σχολικά βιβλία ως την «επιστημονική μέθοδο» (διερεύνηση ενός ερωτήματος, διατύπωση μιας υπόθεσης και εξέτασή της με έλεγχο μεταβλητών κ.λπ.) είναι ουσιαστικά μια τυποποιημένη, σχολική θα έλεγα, περιγραφή του πώς γίνονται τα πειράματα. Τα πειράματα είναι σημαντικός τρόπος για την ανάπτυξη της γνώσης στις Φ.Ε. αλλά δεν είναι ο μοναδικός. Για παράδειγμα ο Κέπλερ κατέληξε στους Νόμους του χρησιμοποιώντας στοιχεία από λεπτομερείς παρατηρήσεις.

Οι ερευνητές των Φ.Ε. ακολουθούν ποικιλία μεθόδων και πρακτικών για να απαντήσουν το ερευνητικό ερώτημα οι οποίες δεν αποτελούν σειρά προκαθορισμένων βημάτων που ακολουθούμενα οδηγούν στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Αντίθετα απαιτούν φαντασία και δημιουργικότητα. Στην ποικιλία αυτή των μεθόδων μπορούμε να βρούμε: την κατηγοριοποίηση και την ταξινόμηση, τις περιγραφικές, τις επιδημιολογικές και τις βιβλιογραφικές μελέτες, κ.ά. Υπάρχουν πολλές μέθοδοι οι οποίες διαφέρουν όχι μόνο από τον ένα κλάδο των Φ.Ε. στον άλλο αλλά και μέσα στον ίδιο κλάδο από ένα θέμα σε άλλο, αλλά και από τον ένα επιστήμονα στον άλλο.

5. Η γνώση των Φυσικών Επιστημών είναι σήμερα αξιόπιστη αλλά μπορεί να αλλάξει με την πάροδο του χρόνου

Η γνώση των Φ.Ε. δεν αποτελεί τη «σταθερή και απόλυτη αλήθεια», είναι αναθεωρήσιμη. Μια θεωρία ισχύει αν: μπορεί να περιγράψει αυτό που βλέπουμε, μπορεί να το ερμηνεύσει και μπορεί να κάνει προβλέψεις. Μια επιστημονική θεωρία είναι δυνατόν να παραμείνει αμετάβλητη για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αμφισβητείται αν, με την πάροδο του χρόνου, ελαχιστοποιείται η προβλεπτική της ικανότητα και κυρίως αν δεν μπορεί να ερμηνεύσει νέες παρατηρήσεις. Υπάρχει περίπτωση η παλιά θεωρία κάνοντας κάποια υπόθεση να διασώσει το «σκληρό» της πυρήνα. Μπορεί όμως με την πάροδο του χρόνου να συνεχίσουν να συσσωρεύονται φαινόμενα που δεν εξηγούνται. Στην περίπτωση αυτή νέες θεωρίες διατυπώνονται, αμφισβητούνται, υπόκεινται σε ελέγχους. Κάποια στιγμή μια νέα θεωρία αντικαθιστά την προηγούμενη. Αυτή ερμηνεύει ότι και η προηγούμενη, πιθανά πιο κομψά και «οικονομικά» (με λιγότερες παραδοχές), επιπλέον όμως ερμηνεύει και αυτά που η προηγούμενη αδυνατούσε. Η θεωρία αυτή κυριαρχεί έως ότου (πιθανόν) εμφανιστούν νέα φαινόμενα που δεν ερμηνεύει κ.ο.κ. (για περισσότερα δείτε: Kuhn, T.S. (1962), *Η Δομή των Επιστημονικών Επαναστάσεων*, Θεσσαλονίκη: Σύγχρονα θέματα, 1981). Ας θυμηθούμε π.χ. τη Νευτώνεια Φυσική η οποία σημείωσε μεγάλες επιτυχίες. Φάνηκε προς στιγμή να αμφισβητείται από τις απροσδόκητες μεταβολές στην τροχιά του Ουρανού αλλά προσωρινά θριάμβησε προβλέποντας τη θέση νέου πλανήτη (του Ποσειδώνα). Τελικά όμως αντικαταστάθηκε από τη γενική σχετικότητα γιατί δεν μπορούσε (πέρα από το αποτέλεσμα της σχεδιασμένης, για τον έλεγχο της θεωρίας της σχετικότητας, παρατήρησης για την απόκλιση της φαινόμενης θέσης αστεριών που αναφέρθηκε παραπάνω) μεταξύ άλλων να ερμηνεύσει την προπόρευση του περιηλίου του Ερμή.

Η αναθεώρηση, πέρα από την παραπάνω περίπτωση της αδυναμίας της υπάρχουσας θεωρίας να ερμηνεύσει νέα φαινόμενα, μπορεί να γίνει και για λόγους αισθητικής όπως π.χ. η αναθεώρηση του γεωκεντρικού συστήματος από τον Κοπέρνικο έγινε γιατί έτσι γινόταν οικονομία υποθέσεων, δεν χρειαζόνταν πια οι επίκυκλοι, που η παλιά θεωρία απαιτούσε. Αναθεώρηση γίνεται όταν εισάγονται νέα μεθοδολογικά εργαλεία όπως π.χ. συνέβη τον 17^ο αιώνα με την εισαγωγή του πειράματος και των μαθηματικών στη μελέτη της Φύσης (Κανδεράκης, 2015).

Έτσι «αλήθεια» δεν υπάρχει στις Φυσικές Επιστήμες, όπως υπάρχει στα θρησκευτικά δόγματα και όπου η αμφισβήτηση οδηγεί σε αίρεση. Οι επιστήμονες του χώρου των Φ.Ε. επινοούν θεωρίες με βάσει τα εμπειρικά δεδομένα, ή έστω επιβεβαιωνόμενες από αυτά, για να ερμηνεύσουν το φυσικό κόσμο. Δεν ανακαλύπτουν την «αλήθεια» που υπάρχει σε έναν Πλατωνικό κόσμο και την γνωρίζει κάποια οντότητα με παντογνωσία. Αναγνωρίζεται ότι μπορεί να υπάρξουν στο μέλλον στοιχεία που να οδηγήσουν στην αναθεώρησή της. Επιστημονικό είναι κάτι που υπόκειται σε διάψευση (αρχή της διαψευσιμότητας του Popper). Ουσιαστικά η μόνη απόλυτη αλήθεια που υπάρχει στη γνώση των Φυσικών Επιστήμων είναι η διάψευση μιας θεωρίας. Π.χ. το μόνο που γνωρίζουμε με απόλυτη βεβαιότητα είναι ότι η Νευτώνεια Φυσική δεν ισχύει για ταχύτητες που πλησιάζουν την ταχύτητα του φωτός.

6. Οι Φυσικές Επιστήμες είναι μια κοινωνική δραστηριότητα στην οποία ενυπάρχει υποκειμενικότητα. Η έρευνα είναι μια κοινωνική δραστηριότητα, κάθε ερευνητής δουλεύει ενταγμένος σε μια κοινότητα. Για παράδειγμα ο Νεύτωνας πάτησε σε «ώμους γιγάντων» όπως ο Γαλιλαίος, ο Καρτέσιος, ο Χόυχενς. Ακόμη και αυτός που «ανοίγει» μια νέα περιοχή γνώσης έχει επιρροές από άλλους και προφανώς θα υπάρξουν οι άνθρωποι που θα τον ελέγξουν, θα τον κριτικάρουν, θα τον ακολουθήσουν. Αν δεν γίνει αποδεκτός από την επιστημονική κοινότητα απλά «δεν υπάρχει». Μπορεί αργότερα, και μετά το θάνατό του, να επηρεάσει σημαντικά το χώρο. Υπάρχουν αντίστοιχα παραδείγματα.

Συγχρόνως ή έρευνα είναι και μια ανθρώπινη δραστηριότητα και ως τέτοια, είναι ανοιχτή στην υποκειμενικότητα. Ο συγκεκριμένος επιστήμονας κρίνει ποιες παρατηρήσεις έχουν σημασία, αυτός καταλήγει από τα δεδομένα του σε συμπεράσματα επηρεαζόμενος από παράγοντες, υποκειμενικούς μέχρι κάποιο σημείο, όπως το κοινωνικό και πολιτισμικό του περιβάλλον, η εμπειρία του, οι γνώσεις του κ.λπ. Η υποκειμενικότητα του κάθε επιστήμονα δεν μπορεί να μηδενιστεί, ακόμη και αν υποθέσουμε ότι αυτός υπόκειται σε μηχανισμούς αυτοελέγχου. Η αντικειμενικότητα όμως της επιστημονικής γνώσης εξασφαλίζεται ή έστω αυξάνεται μέσα από τη δημοσιοποίηση, το διαχρονικό έλεγχο και την κριτική της από την επιστημονική κοινότητα.

7. Οι νόμοι και οι θεωρίες είναι διαφορετικά είδη της γνώσης των Φυσικών Επιστημών.

«Θεωρία», ως λέξη της καθημερινής ζωής, σημαίνει «ένα σύνολο πεποιθήσεων γεμάτο από μη ελεγχόμενες εικασίες ή εικασίες που είναι αδύνατο να ελεγχθούν, ικανό να παράγει “απόψεις” ακόμα μικρότερης αξιοπιστίας» (Sutton, 2002, σ. 253). Αν τη δούμε ως παράγωγο του «θεωρώ» η σημασία της είναι δυσδιάκριτη σε σχέση με την «εικασία», την «άποψη», την «πίστη» («η θεωρία μου λέει ότι αύριο το χρηματιστήριο θα ανέβει»). Θυμήσου και το υποτιμητικό «θεωρίες» που λέγεται για τις απόψεις κάποιου. Για πολλούς αυτή η υποτίμηση έρχεται και στο χώρο των Φ.Ε.. Ο McComas (2008a) γράφει «έτσι ένας πρώην πρόεδρος των ΗΠΑ εξέφρασε την παρανόηση που είχε λέγοντας ότι δεν τον προβλημάτιζε η ιδέα της εξέλιξης [του ανθρώπου από τον πίθηκο] γιατί ήταν κατά τα λεγόμενά του απλώς μια θεωρία». Η λέξη «νόμος», ως λέξη της καθημερινής ζωής, σημαίνει κάτι που αναγκαστικά πρέπει κάποιος να κάνει, να υπακούσει σε αυτόν (π.χ. οι νόμοι του κράτους). Στη λογική αυτή υπάρχουν για κάποιους οι «νόμοι της Φύσης». Η λέξη φαίνεται σαν να υπονοεί ότι υπάρχει κάποια αδιαμφισβήτητη αρχή, ο Θεός ή η Φύση, που νομοθετεί και οι επιστήμονες στοχεύουν να ανακαλύπτουν τους Νόμους του. Σε αυτή τη λανθασμένη άποψη ο «νόμος», κάτι ανώτερο από τη «θεωρία», είναι η επιβεβαιωμένη θεωρία (McComas, 2008b).

Στο χώρο των Φ.Ε. θεωρία σημαίνει «ένα καλά αρθρωμένο, λογικό, σύστημα ιδεών, αποδεκτό στη βάση καλώς κατανοητών αποδεικτικών στοιχείων» (Sutton, 2002, σ. 252). Ο νόμος είναι η περιγραφή μιας γενικευμένης σχέσης που βασίζεται σε μεγάλο αριθμό παρατηρήσεων. Συχνά εκφράζεται με μαθηματική μορφή, π.χ. ο Δεύτερος Νόμος του Νεύτωνα, αλλά όχι πάντα, όπως π.χ. ο Πρώτος Νόμος του Νεύτωνα. Οι νόμοι είναι απλά περιγραφικοί δεν εξηγούν γιατί ισχύουν ούτε γιατί συμβαίνει

κάποιο φαινόμενο. Για παράδειγμα ο νόμος της παγκόσμιας έλξης περιγράφει πώς πέφτει ένα σώμα στη Γη. Δεν εξηγεί όμως γιατί πέφτει, προφανώς αν πείτε «πέφτει γιατί το έλκει η Γη» δεν λέτε τίποτα, δεν απαντάτε στην ερώτηση «γιατί το έλκει η Γη;», μήπως γιατί το αγαπάει; Σημειώνω ότι τόσο η Αριστοτελική θεωρία όσο και η θεωρία της σχετικότητας ερμηνεύουν το γιατί πέφτει ένα σώμα στη Γη. Σύμφωνα με το Αριστοτέλη γιατί αποτελείται από «χώμα» και θέλει να πάει στη φυσική του θέση και σύμφωνα με τον Αϊνστάιν γιατί η παρουσία της Γης καμπυλώνει το χώρο (το χωρόχρονο) γύρω της και η πέτρα ακολουθώντας αυτή την καμπύλωση καταλήγει στην επιφάνεια της Γης.

Στα *Principia* ο Νεύτωνας αποδέχεται την αδυναμία του να ανακαλύψει την αιτία των φαινομένων που αποδίδει στη βαρύτητα και δηλώνει «αλλά μέχρι τώρα δεν έχω καταφέρει να ανακαλύψω από τα φαινόμενα την αιτία αυτών των ιδιοτήτων της βαρύτητας». Η θεωρία είναι αυτή που εξηγεί το νόμο. Για παράδειγμα, υπάρχει ο νόμος του Μπόιλ «το γινόμενο της πίεσης επί τον όγκο συγκεκριμένης μάζας αερίου σε σταθερή θερμοκρασία είναι σταθερό». Ο νόμος του Μπόιλ δεν εξηγεί γιατί συμβαίνει αυτό, δίνει απλά μια σχέση που ισχύει υπό όρους. Η κινητική θεωρία των αερίων ερμηνεύει το νόμο.

Πώς να διδάξουμε χαρακτηριστικά της φύσης των Φυσικών Επιστημών;

Η φύση των Φ.Ε. δεν έχει νόημα να διδαχτεί ως δηλωτική γνώση. Δεν είναι πιθανό οι μαθητές να κατανοήσουν κάτι για αυτήν ακούγοντας απλά το δάσκαλο τους να λέει «ότι οι Φυσικές Επιστήμες βασίζονται στην εμπειρία» ούτε απαντώντας σε ερωτήσεις του τύπου «ποια είναι τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. και τι γνωρίζετε για το καθένα».

Έχει νόημα να βιωθεί κατά το δυνατόν από τα παιδιά. Προτείνεται η παράλληλη εξυπηρέτηση της διδασκαλίας των εννοιών και της κατανόησης της φύσης των Φ.Ε. μέσα από τη συμμετοχή των μαθητών σε οργανωμένη συζήτηση και προβληματισμό σχετικά με τη φύση της επιστήμης. Έτσι:

- a) το γνωστό μοντέλο εποικοδομητικής διδασκαλίας που χρησιμοποιείται για την αλλαγή των αρχικών ιδεών των παιδιών (εναλλακτικών απόψεων) μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε., αν στα παιδιά περάσει η αναλογία ότι όπως αυτά αλλάζουν άποψη αν βρεθούν αντιμέτωπα με μια νέα εμπειρία, την οποία δεν μπορούν να ερμηνεύσουν με τις παλιές τους απόψεις, αναζητούν ή αποδέχονται νέες ιδέες, έτσι και η επιστημονική γνώση βασίζεται στην εμπειρία και οι επιστήμονες εισάγουν νέες έννοιες για να μπορέσουν να ερμηνεύουν τη νέα εμπειρία. Όπως οι δικές τους απόψεις (ιδέες) εξελίσσονται σταδιακά καθώς αυξάνεται η εμπειρία τους (και βελτιώνεται η ικανότητα αναστοχασμού) έτσι και οι επιστήμονες φτάνουν στην ανάγκη τροποποίησης ή και των απόρριψης των ιδεών τους αν δεν ταιριάζουν με νέες τους εμπειρίες (Harlen and Elstgeest, 2005, σ. 72).
- b) δραστηριότητες εισαγωγής μιας έννοιας στηριζόμενες στα προβλήματα, τα πειράματα και τους συλλογισμούς που οδήγησαν στην εισαγωγή της, δηλαδή δραστηριότητες βασισμένες σε βασικά επεισόδια από την ιστορία της επιστήμης (Κουμαράς, 2015, σσ. 204-212), συνοδευόμενες από την ιστορία τους.

Α. Διδασκαλία της πυκνότητας στην Ε' Δημοτικού ή στη Β' Γυμνασίου.

Έστω ότι θέλουμε να διδάξουμε ότι:

Η γνώση των Φ.Ε. βασίζεται στην εμπειρία. Συνιστά ισχυρισμούς που στηρίζονται στις παρατηρήσεις του κόσμου μας και διατυπώνονται αρχικά για την ερμηνεία αυτών των παρατηρήσεων.

Επιδίωξή μας να βιώσουν τα παιδιά στο πώς μεταβάλλονται οι δικές τους ιδέες με την απόκτηση καινούριας εμπειρίας (ή τη συνειδητοποίηση παλιάς). Στα παιδιά επιχειρείται να περάσει η αναλογία που αναφέρεται στην προηγούμενη παράγραφο.

Στο σχολείο εισάγουμε την πυκνότητα ως το πηλίκο της μάζας προς τον όγκο ($d = \frac{m}{V}$) και συνήθως δεν γίνεται στο παιδιά αντιληπτός ο λόγος, η ανάγκη, για την εισαγωγή της. Η σχέση $d = \frac{m}{V}$ δεν είναι ορισμός για την πυκνότητα, η πυκνότητα είναι μια ιδιότητα του υλικού, είναι απλά η απάντηση στο ερώτημα «πώς υπολογίζουμε την πυκνότητα». Ουσιαστικά ο τύπος δεν ορίζει την έννοια, δίνει τη σχέση της νέας έννοιας με τις υπάρχουσες. Στη Φυσική καμιά έννοια δεν έχει αξία από μόνη της, καθεμιά συνδέεται με άλλες και αποτελούν ένα όλον. Το όλον έχει την αξία. Φαντάσου ένα ψαράδικο δίκτυ, αποτελείται από κόμβους που συνδέονται μεταξύ τους. Κάθε κόμβος χρειάζεται για να υπάρχει το δίκτυ, αλλά το δίκτυ ως σύνολο έχει την αξία όχι ο κόμβος.

Σε επίπεδο Ε' Δημοτικού θα μπορούσε η πυκνότητα να εισαχθεί ως εξής:

Σε ένα άδειο γυάλινο ποτήρι ρίχνουμε λάδι. Στη συνέχεια προσθέτουμε νερό, ώστε να δημιουργηθεί ένα στρώμα πάχους μερικών εκατοστών του μέτρου. Ζητούμε από τα παιδιά να ερμηνεύσουν το γιατί το λάδι επιπλέει. Στην προφανή τους απάντηση «γιατί το λάδι είναι ελαφρύτερο» (ανάδειξη των αρχικών απόψεων των μαθητών) ζητούμε διευκρινήσεις της μορφής: Τι θα πει ελαφρύτερο; Αν βάλουμε πολύ λάδι πάνω σε λίγο νερό θα βουλιάξει το λάδι; Δείχνεται ότι όσο και να είναι το λάδι συνεχίζει να επιπλέει (δοκιμασία των απόψεων των μαθητών - δυσαρέσκεια με την αρχική τους άποψη). Μέσα από την συζήτηση, και οι επιστήμονες συζητάνε - ανακοινώνουν - κριτικάρουν, τα παιδιά μπορούν να φύγουν από το βάρος (σε αυτή την ηλικία τα παιδιά δεν διακρίνουν το βάρος από τη μάζα) ως ρυθμιστή της πλευστότητας και να φτάσουν σε έννοια ανάλογη της πυκνότητας, με εκφράσεις όπως «βαρύ για τον όγκο του» ή αρχικά «βαρύ για το μέγεθός του» (Smith, Snir και Grosslight, 1992).

Μέσα από το φαινόμενο της επίπλευσης ενός υγρού σε άλλο, μιλάμε για μη αναμιγνύόμενα υγρά, δείχνεται στα παιδιά η ανάγκη για την εισαγωγή της έννοιας πυκνότητα, μια και χωρίς αυτήν δεν μπορεί να ερμηνευτεί το φαινόμενο. Ουσιαστικά πρόκειται για χρησιμοποίηση του μοντέλου της εποικοδομητικής διδασκαλίας με στόχο όμως όχι μόνο τη διδασκαλία εννοιών (όπως συνήθως γίνεται στις προτάσεις των «βιβλίων εκπαιδευτικού» για την αλλαγή των αρχικών ιδεών των παιδιών) αλλά και τη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. Τα παιδιά βιώνουν την ανάγκη να αλλάξουν τις αρχικές τους ιδέες για να μπορέσουν να ερμηνεύσουν την νέα τους εμπειρία, κατανοούν - μετά τη σχετική

συζήτηση- ότι αντίστοιχα και οι επιστήμονες μπορούν να αλλάξουν τις ερμηνείες ή οι προβλέψεις τους υπό το φως νέων στοιχείων, της εμπειρίας νέων γεγονότων, ή την ανάπτυξη ενός νέου μοντέλου.

Αναφορές

- Bell, R. (2009). *Teaching the Nature of Science: Three Critical Questions*. [http://ngl.cengage.com/assets/downloads/ngsci_pro0000000028/am_bell_teach_nat_sci_scl22-0449a .pdf](http://ngl.cengage.com/assets/downloads/ngsci_pro0000000028/am_bell_teach_nat_sci_scl22-0449a.pdf).
- Bell, R., Maeng, J. and Peters, E. (2013). Teaching About Scientific Inquiry and the Nature of Science: Toward a More Complete View of Science. *The Journal of Mathematics and Science: Collaborative Explorations*, 13, 5-25.
- Cleminson, A. (1990). Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and of how children learn science. *Journal of Research in Science Teaching* 27, 429-445.
- Harlen, W. and Elstgeest, J. (2005). *Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση*. Αθήνα. ΤΥΠΩΘΗΤΩ.
- Lederman, N. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331-359.
- Lederman, N. (1999). Teachers understanding of the nature of science and classroom practice: Factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 916-929.
- Matthews, M. (1997). Editorial, *Science & Education*, 6, 323-329.
- McComas, W. (2008a). Τα κυριότερα στοιχεία της Φύσης της Επιστήμης: καταρίπτοντας τους μύθους. Στο Β. Κουλαϊδής, Α. Αποστόλου, και Κ. Καμπουράκης (Επ.), *Η Φύση των Επιστημών Διδακτικές προσεγγίσεις*. [http://www.geitonas.edu.gr/uploads/2/7/2/9/27298113/nosbook.pdf].
- McComas, W. (2008b). *Ιδέες κλειδιά για τη διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης*. Όπως προηγούμενο.
- Smith, C., Snir, J. and Grosslight, L. (1992). Using conceptual models to facilitate conceptual change: The case of weight – density differentiation. *Cognition and Instruction*, 9, 221 – 283.
- Sutton, C. (2002). *Οι λέξεις, οι Φυσικές Επιστήμες και η μάθηση*. Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Κανδεράκης, Ν. (2015). Τι είναι η φύση της επιστήμης και γιατί οι μαθητές πρέπει να μαθαίνουν γι' αυτήν. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 7, 23-31.
- Κουμαράς, Π. (2015). *Μονοπάτια της σκέψης στον κόσμο της Φυσικής*. Αθήνα: Gutenberg
- Κουμαράς, Π. και Πιερράτος, Θ. (2016). Η πορεία από τον «φόβο του κενού» μέχρι την εισαγωγή της έννοιας ατμοσφαιρική πίεση (1630 –1660) και μιας πρώτης εισαγωγής του μορίου. *9ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ιστορίας, Φιλοσοφίας και Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα 11-13/11/2016.



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

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή

Η αξιοποίηση του αισθητήρα ήχου ενός Smartphone στη διδασκαλία φαινομένων Ακουστικής. Μια καινοτόμος χρήση του από μαθητές Α' Λυκείου.

Αναστάσιος Πάλλας

Ο όρος «smartphones» χαρακτηρίζει τα κινητά τηλέφωνα, τα οποία, παράλληλα με τη λειτουργία τους ως ασύρματα τηλέφωνα, παρέχουν εκτεταμένες πρόσθετες λειτουργίες Η/Υ και σύνδεσης WiFi, ενώ μπορούν να εξοπλιστούν με πρόσθετα λογισμικά, τις λεγόμενες «εφαρμογές» ή apps. Ενώ όμως χρησιμοποιούνται για επικοινωνιακούς και ψυχαγωγικούς σκοπούς, οι εκπαιδευτικές τους χρήσεις αγνοούνται σχεδόν καθολικά από την εκπαιδευτική κοινότητα. Μια σειρά από μελέτες (Lu, 2012; Embi & Nordin, 2013) επισημαίνουν την δυνατότητα του smartphone να χρησιμοποιηθεί στην διδακτική διαδικασία ενισχύοντας έτσι τις ερευνητικές δεξιότητες και γνωστικές ικανότητες των χρηστών του. Όσο αφορά τη Φυσική, ελάχιστοι γνωρίζουν ότι τα smartphones μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων με τη βοήθεια των ενσωματωμένων αισθητήρων που διαθέτουν. Τα περισσότερα από τα σύγχρονα smartphones περιλαμβάνουν μικρόφωνο, κάμερες, αισθητήρες επιτάχυνσης (accelerometer) στις τρεις διαστάσεις, αισθητήρα φυσικού φωτός, μαγνητόμετρο για μετρήσεις της έντασης μαγνητικών πεδίων και αισθητήρα εγγύτητας (proximity) για να ανιχνεύονται αντικείμενα σε πολύ μικρές αποστάσεις. Τα τελευταία μοντέλα περιλαμβάνουν βαρόμετρο για τη μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης, γυροσκόπιο για τη μέτρηση της γωνιακής ταχύτητας, NFC για κοντινή επικοινωνία με συσκευές παρόμοιας τεχνολογίας, με τον κατάλογο των αισθητήρων να αυξάνεται χάρη στην εξέλιξη της τεχνολογίας και στην παράλληλη μείωση του κόστους κατασκευής των.

Η αξιοποίηση των smartphones μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να παίξουν ένα πολύ ενεργό ρόλο στη δική τους μάθηση (De la Pena-Bandalaria, 2007), ενώ στο πλαίσιο συνεργατικής μάθησης μπορεί να προκαλέσει «επαύξηση του φυσικού χώρου με ψηφιακές πληροφορίες» σε αντίθεση με τις «κλασικές» εφαρμογές συνεργατικής μάθησης μέσω υπολογιστή. Μπορεί δηλαδή να φέρει την ψηφιακή πληροφορία μέσα στο φυσικό χώρο της μάθησης, και όχι τη μάθηση μέσα στον ψηφιακό

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

χώρο του υπολογιστή. Με αυτόν τον τρόπο η φυσική εμπειρία και οι αφηρημένες έννοιες βιώνονται φυσικά και ταυτόχρονα, γεγονός που διευκολύνει την κατανόηση των αφηρημένων εννοιών (Colella, 2000).

Για να μπορέσει όμως το smartphone να πραγματοποιήσει μετρήσεις μέσω των αισθητήρων του, θα πρέπει να διαθέτει το κατάλληλο λογισμικό ή εφαρμογή. Η πλειοψηφία των smartphones χρησιμοποιούν το λειτουργικό σύστημα Android, το οποίο επιτρέπει την πρόσβαση στο Google Play Store, μια ψηφιακή πλατφόρμα (<https://play.google.com/store/apps>), απ' όπου μπορούν οι χρήστες να κατεβάσουν μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών (apps) ανοικτού κώδικα για να τις χρησιμοποιήσουν στα κινητά τους τηλέφωνα. Τις ίδιες ή παρόμοιες εφαρμογές μπορεί κανείς να βρει και για τα smartphone της Apple (<http://www.apple.com/gr/itunes/charts/free-apps/>) που χρησιμοποιούν το λειτουργικό σύστημα iOS και ονομάζονται iPhone.



Εικόνα 1. Οθόνες εφαρμογών: α) Sound Meter, β) SmartSensors και γ) LabPhysics

Εκτός όμως από τις εφαρμογές που αναφέρονται στην αξιοποίηση μεμονωμένων ή ομάδων αισθητήρων (Εικόνα 1α), υπάρχουν και εφαρμογές που αναφέρονται στο σύνολο των αισθητήρων και αποτελούν έτσι πλήρεις «σουίτς» εργαλείων (Εικόνα 1β). Σ' αυτές τις εφαρμογές υπάρχει η δυνατότητα στην αρχική οθόνη να επιλεγεί η μέτρηση του φυσικού μεγέθους ή κάποια δράση που σχετίζεται με κάποιον από τους αισθητήρες που διαθέτει το smartphone. Παρόμοιες εφαρμογές με τις παραπάνω, αλλά με επιπλέον δυνατότητες ασύρματης συλλογής, διαγραμματικής παρουσίασης, καταγραφής και εξαγωγής των δεδομένων σε υπολογιστικό φύλλο ή αποστολής μέσω email, με ενσωματωμένα πειράματα Φυσικής, με στοιχεία επιστημονικών θεωριών κλπ. είναι αυτές που ενδιαφέρουν την εκπαιδευτική κοινότητα που ασχολείται με τη Φυσική και το STEM (Εικόνα 1γ).

Παραδείγματα αξιοποίησης του smartphone στην Ακουστική

Στον τομέα της Ακουστικής ο αισθητήρας ήχου (μικρόφωνο) έχει αξιοποιηθεί για την πραγματοποίηση καινοτόμων πειραματικών διατάξεων με πιο χαρακτηριστικές αυτές που αφορούν

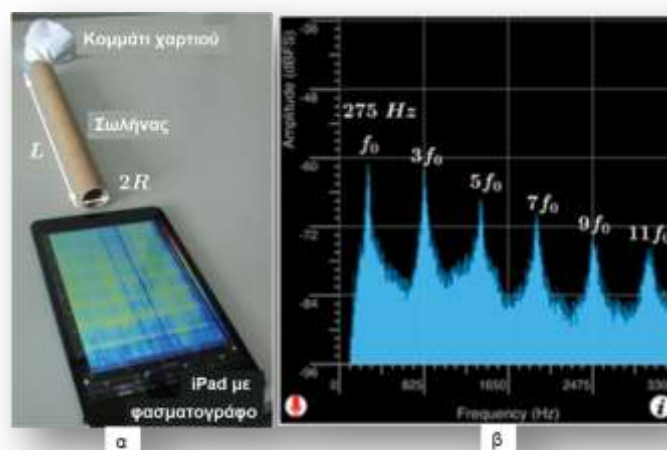
Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

τη μέτρηση της ταχύτητας του ήχου στην ατμόσφαιρα και σε διάφορα αέρια. Έτσι, με τη βοήθεια δύο iPhone και της εφαρμογής «Acoustic Ruler Pro» μετρήθηκε η ταχύτητα του ήχου σε μίγματα αερίων (Parolin & Pezzi, 2013), ενώ η ταχύτητα του ήχου σε αέρια μετρήθηκε και με την εφαρμογή «Spektroskop» σε μια άλλη διάταξη όπου το ένα iPhone έπαιζε τον ρόλο του πομπού και το άλλο του δέκτη (Monteiro et al., 2015). Στην Εικόνα 2α παρουσιάζεται μέρος αυτής της διάταξης μέτρησης της ταχύτητας του ήχου στο CO₂ που, ως βαρύτερο του αέρα, βρίσκεται στο πάτο του δοχείου, ενώ στην Εικόνα 2β φαίνεται το φάσμα συχνοτήτων του.



Εικόνα 2. α) Το δοχείο με το CO₂ β) Το φάσμα συχνοτήτων του CO₂ (Monteiro et al., 2015)

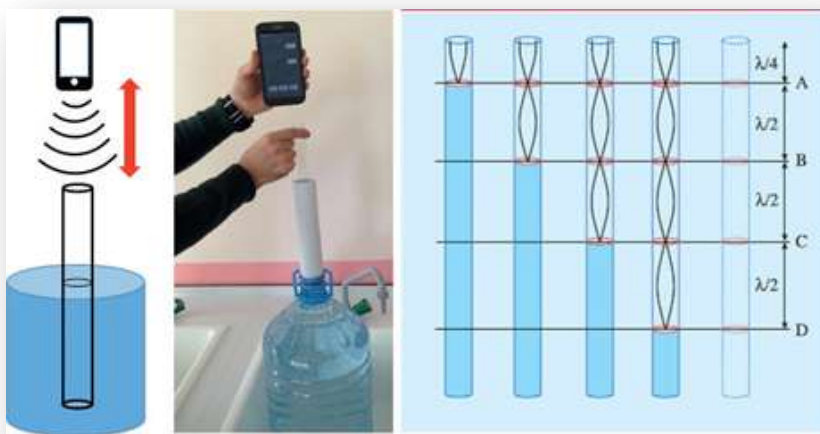
Μια άλλη ενδιαφέρουσα διάταξη ήταν αυτή που απεικονίζεται στην Εικόνα 3α. Χρειάστηκε ένα iPad, η εφαρμογή «SpectrumView Plus» και απλά καθημερινά υλικά για να μετρηθεί η ταχύτητα του ήχου στον αέρα με βάση τις αρμονικές συχνότητες που παράγονται και ανιχνεύονται από το iPad (Hirth, Kuhn & Müller, 2015).



Εικόνα 3. α) Απλή διάταξη μέτρησης της έντασης του ήχου β) οι αρμονικές που καταγράφονται (Hirth, Kuhn & Müller, 2015)

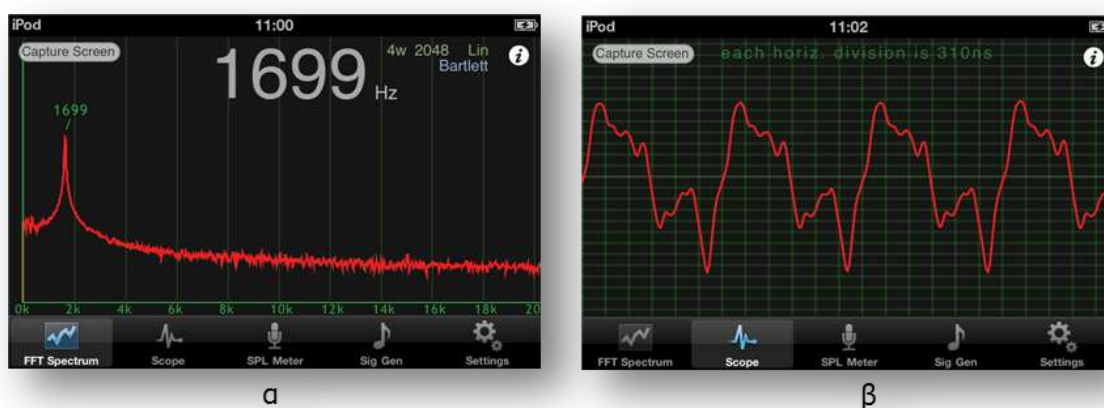
Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Η ταχύτητα του ήχου στον αέρα μετρήθηκε και με τη πρωτότυπη διάταξη που παρουσιάζεται στην Εικόνα 4. Με ένα smartphone που έπαιζε τον ρόλο του πομπού και του δέκτη ταυτόχρονα έγινε μελέτη των στασίμων κυμάτων που δημιουργήθηκαν (Yavuz, 2015). Στο συγκεκριμένο πείραμα η μέτρηση και υπολογισμός των δεσμών που δημιουργούνται είναι μια διαδικασία απλούστερη και ταχύτερη αυτής που χρησιμοποιεί το κλασσικό διαπασών.



Εικόνα 4. Πειραματική διάταξη μέτρησης του ήχου και τα στάσιμα που δημιουργούνται (Yavuz, 2015).

Ένα θέμα για το οποίο εμφανίζονται πολλές παρανοήσεις μεταξύ των σπουδαστών είναι τα χαρακτηριστικά του ήχου. Με τη χρήση ενός iPod και την εφαρμογή «Audio Kit», μια εφαρμογή για iOS συστήματα, μελετήθηκαν οι ήχοι διαφόρων συχνοτήτων και διαφορετικών οργάνων (Εικόνα 5). Στόχος της μελέτης ήταν να γίνει κατανοητή η διαφορά των εννοιών ύψος και χροιά ενός ήχου μεταξύ των σπουδαστών (Kuhn & Vogt, 2013b).

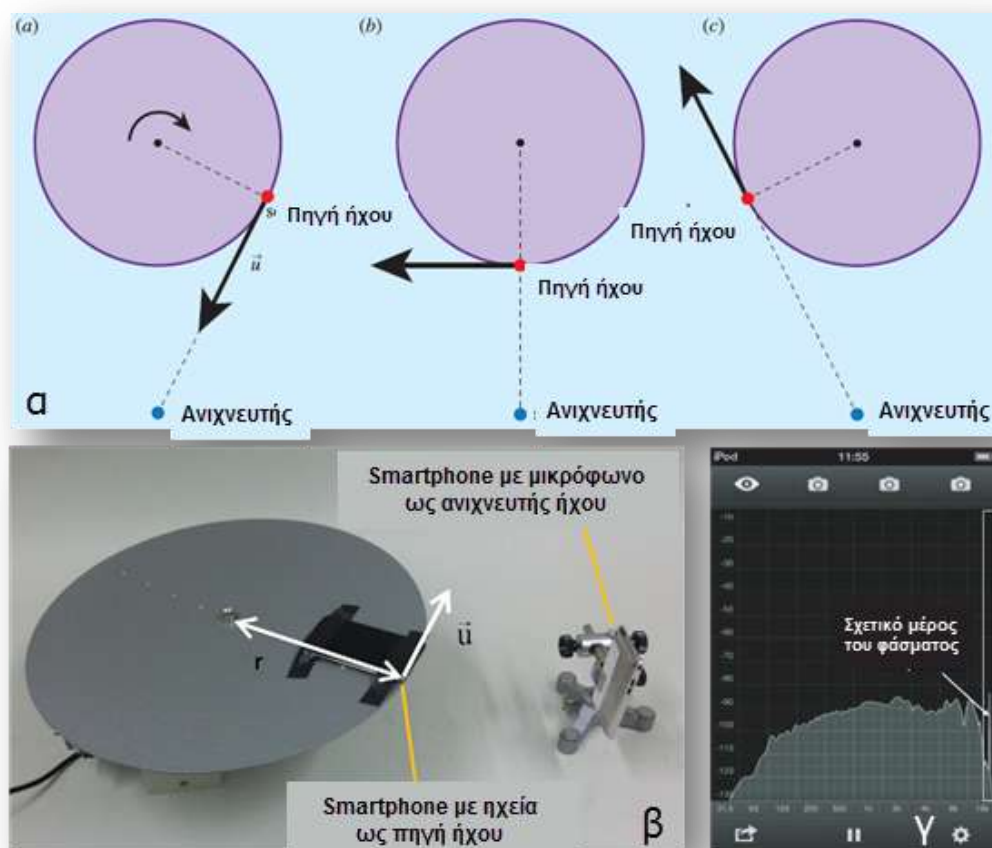


Εικόνα 5. α) Καταγραφή συχνότητας ήχου β) Ήχος από melodika (Kuhn & Vogt, 2013b)

Ακόμη, μελετήθηκε το φαινόμενο Doppler σε ευθύγραμμη κίνηση (Gómez-Tejedor, Castro-Palacio & Monsoriu, 2014). Στη περίπτωση αυτή ένα ηχείο έπαιζε το ρόλο της ακίνητης πηγής και το

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

smartphone, κινούμενο πάνω σε αεροδιάδρομο, το ρόλο του παρατηρητή. Οι αυξομειώσεις της συχνότητας που κατέγραφε το smartphone μελετήθηκαν με την εφαρμογή «Frequency Analyzer». Το φαινόμενο Doppler μελετήθηκε επίσης και στην περίπτωση της κυκλικά κινούμενης πηγής με τον παρατηρητή να είναι ακίνητος όπως φαίνεται στην εικόνα 6α (Klein et. al. 2014). Στην συνθετότερη αυτή περίπτωση, τους ρόλους της πηγής και του παρατηρητή μπορούν να παίξουν δυο smartphone ή tablet Pc και η ανάλυση των δεδομένων να γίνει με τις εφαρμογές «Oscilloscope» για τα iOS συστήματα, ή με την «OsciPrime Oscilloscope» για τα Android. Στην εικόνα 6β φαίνεται η πειραματική διάταξη με δυο iPod (πηγή και παρατηρητής), όπου χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή «Audio Kit» για την παραγωγή των συχνοτήτων και στην εικόνα 6γ η ανάλυση, με την εφαρμογή «Spektroskop». Οι συχνότητες που κατέγραφε ο ανιχνευτής – smartphone ήταν μεγαλύτερες όταν πηγή – smartphone πλησίαζε και μικρότερες όταν αυτή απομακρυνόταν.



Εικόνα 6. α) Θέσεις της κινούμενης κυκλικά πηγής β) Η διάταξη των δυο smartphones (πηγή και παρατηρητής)
γ) Το φάσμα συχνοτήτων που καταγράφεται (Klein et. al. 2014)

Ένα άλλο ενδιαφέρον, όχι μόνο στο τομέα της Ακουστικής, φαινόμενο που εξετάστηκε είναι αυτό του διακροτήματος (Kuhn, Vogt & Hirth, 2014). Χρησιμοποιώντας δυο smartphone για την παραγωγή δυο, σχεδόν ίσων, συχνοτήτων και ένα smartphone για τη καταγραφή και επεξεργασία του σύνθετου

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

σήματος που παράγεται (Εικόνα 7), οπτικοποίησαν ένα διακρότημα με τη βοήθεια και της εφαρμογής «Oscilloscope» για iOS, ή «OsciPrime» για Adroid.



Εικόνα 7. Το διακρότημα που δημιουργείται (κάτω) από δύο παραπλήσιες συχνότητες (πάνω) (Kuhn, Vogt & Hirth, 2014).

Ενδιαφέρουσα είναι η μελέτη φαινομένων περίθλασης με το smartphone (Kuhn & Vogt, 2012b) η μέτρηση συχνοτήτων με μεγάλη ακρίβεια (Gómez-Tejedor, Castro-Palacio & Monsoriu, 2015), ενώ χρησιμοποιώντας πρωτότυπες ιδέες και τους αισθητήρες ήχου και επιτάχυνσης, μετρήθηκε η επιτάχυνση βαρύτητας (Kuhn & Vogt, 2013a; Schwarz, Vogt & Kuhn, 2013).

Μερικές από τις παραπάνω πειραματικές διατάξεις που αναπτύχθηκαν τα τελευταία χρόνια σε ερευνητικό κυρίως επίπεδο για να αξιοποιήσουν τους αισθητήρες των smartphones ως πειραματικά εργαλεία, αξιολογήθηκαν και παιδαγωγικά. Η απλότητα στη χρήση, οι δυνατότητες των συσκευών, η τεχνογνωσία και η εξοικείωση των σπουδαστών με τα smartphones που διαθέτουν, είναι οι σημαντικότεροι λόγοι της πολύ θετικής αντιμετώπισης που έτυχαν από την πλευρά των σπουδαστών (González et. al., 2014; Sans et al., 2015). Προς το παρόν πάντως, οι ελεύθερες εφαρμογές που αξιοποιούν οι αισθητήρες συμπεριφέρονται σαν μαύρα κουτιά που δίνουν αποτελέσματα χωρίς περιγραφή των βιβλιοθηκών ή των αλγορίθμων που χρησιμοποιούνται για την απόκτηση των εν λόγω αποτελεσμάτων. Επιπλέον, αρκετές από αυτές τις εφαρμογές δεν επιτρέπουν βαθμονόμηση των αισθητήρων έτσι ώστε τα αποτελέσματά τους να εξαρτώνται από το μοντέλο του smartphone που χρησιμοποιείται, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει διάφορες παρανοήσεις στους σπουδαστές (González et al., 2015). Τα παραπάνω όμως μειονεκτήματα πιθανολογείται ότι θα ξεπεραστούν με την εξέλιξη των smartphones.

Η καινοτομική χρήση του smartphone για τη μέτρηση της ηχορύπανσης

Μαθητές της Α' Λυκείου και στο πλαίσιο του μαθήματος «Ερευνητικές Εργασίες», διεξήγαγαν έρευνα για το επίπεδο θορύβου σε περιοχές της πόλης τους. Για την επιλογή των χώρων κριτήριο ήταν ο βαθμός επισκεψιμότητάς τους, η ευκολία πρόσβασης και η δυνατότητα χρήσης μέσα σ' αυτούς του κινητού τηλεφώνου. Τελικά, η έρευνα εστιάστηκε στους νέους και στους χώρους που συχνάζουν, καθώς αυτοί απειλούνται περισσότερο από την ηχορύπανση και οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε καφετέριες, λεωφορεία, γυμναστήρια, γήπεδα και σχολεία.

Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν οι αισθητήρες ήχου των δυο smartphones, του Samsung Galaxy S III, που έχει διπλούς αισθητήρες και του Sony Ericsson Xperia U. Η λήψη των μετρήσεων έγινε με τη βοήθεια του προγράμματος «Smart Tools» του Play Store της Google, το οποίο παρέχει την δυνατότητα στο χρήστη να παρατηρεί και να καταγράφει το επίπεδο της έντασης του ήχου του περιβάλλοντος του για χρονικό διάστημα έως και 4 ωρών. Σημείο αναφοράς των decibel τέθηκε το απόλυτο μηδέν (0) το οποίο μετρήθηκε με το Samsung Galaxy S III σε άδειο ηχομονωμένο σπίτι. Στη συνέχεια έγινε ρύθμιση και του Sony Ericsson Xperia U, ώστε να απεικονίζει την ίδια τιμή με το Samsung Galaxy S III σε έναν συγκεκριμένο ήχο αναφοράς 70 db (μετρημένο με το Samsung Galaxy S III) και συχνότητας 800 Hz που δημιουργήθηκε από ένα άλλο smartphone. Αν και τα λογισμικά των smartphones παρέχουν μια στοιχειώδη στατιστική ανάλυση, οι καταγραφές των μετρήσεων εξήχθησαν σε αρχεία τύπου comma separated values (.csv), ενώ με τη βοήθεια του προγράμματος Convert XLS αυτά μετατράπηκαν σε αρχεία excel (.xls) για καλύτερη και πιο εξειδικευμένη στατιστική ανάλυση από το λογισμικό Microsoft Excel. Στην εικόνα 8 παρουσιάζονται στιγμιότυπα από τις οθόνες της εφαρμογής που χρησιμοποιήθηκε.



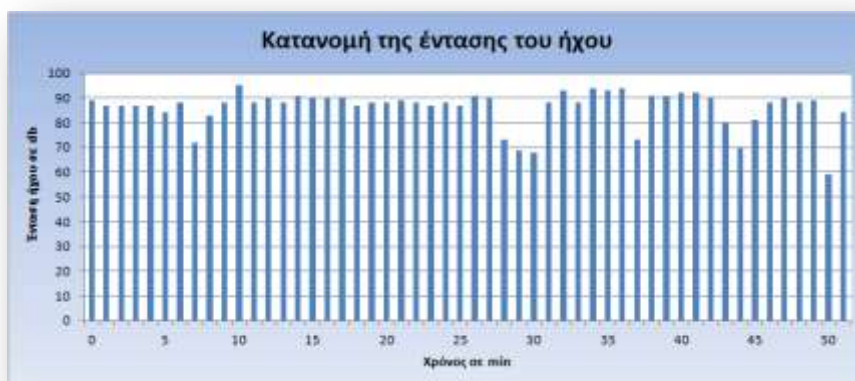
Εικόνα 8. α) Οθόνη της εφαρμογής εργαλείων «Smart Tools» β) Οθόνη της ενσωματωμένης εφαρμογής μέτρησης του ήχου «Sound Meter» γ) κυματομορφή ήχου

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Οι μετρήσεις επανελήφθησαν στον ίδιο χώρο πολλές φορές και κάτω από τις ίδιες περίπου συνθήκες, ώστε να υπάρχει μια σχετική ομοιομορφία στα αποτελέσματα για την εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων (Δαμασιώτης, 2012).

Αρχικά, επειδή η δειγματοληψία που έκαναν τα smartphones ήταν πολύ υψηλή (5 μετρήσεις/s) με αποτέλεσμα να δημιουργούνται χιλιάδες δεδομένα για κάθε μέτρηση διάρκειας από μισή μέχρι μια ώρα το πολύ, έγιναν κάποιες διορθώσεις. Πιο συγκεκριμένα, με τη βοήθεια του προγράμματος έγινε νέα δειγματοληψία των δειγμάτων και έτσι προέκυψαν δεδομένα στα οποία υπάρχει αντιστοίχιση μιας μέτρησης ανά λεπτό. Αυτό δεν φαίνεται να επηρέασε καθόλου τα βασικά στατιστικά μεγέθη, όπως είναι η μέση τιμή και η συχνότητα εμφάνισης συγκεκριμένων τιμών έντασης ήχου, ενώ βοήθησε την καλύτερη επεξεργασία των δεδομένων.

Τα βασικά μεγέθη που υπολογίστηκαν ήταν η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή, η μέση τιμή, η επικρατούσα τιμή ή αλλιώς η συχνότερα εμφανιζόμενη τιμή και το ποσοστό των τιμών που υπερβαίνουν κάποια χαρακτηριστική τιμή αναφοράς, όπως είναι π.χ. η τιμή των 72db, πάνω από την οποία η ποιότητα του ήχου θεωρείται κακή ή των 85 db, πάνω από την οποία η συνεχής έκθεση δημιουργεί μόνιμα προβλήματα ακοής. Μάλιστα, η ελληνική νομοθεσία προβλέπει τη λήψη μέτρων προστασίας των εργαζομένων όταν ο θόρυβος πρόκειται να υπερβεί τα 85 db (Χατζής, 2008).



Εικόνα 9. Ιστόγραμμα τιμών έντασης του ήχου σε γυμναστήριο.

Στην Εικόνα 9 φαίνεται μια χαρακτηριστική κατανομή των εντάσεων του ήχου κατά τη διάρκεια ενός ομαδικού προγράμματος σε γυμναστήριο, ενώ στην Εικόνα 10 η συχνότητα εμφάνισης των διαφόρων τιμών έντασης κατά τη διάρκεια του ίδιου προγράμματος. Όπως φαίνεται οι τιμές του ήχου είναι αρκετά υψηλές, με τη μέση τιμή υπερβαίνει το όριο των 85 db. Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία, η ποιότητα του ήχου κρίνεται κακή σε ποσοστό 92% (πάνω από 72 db) και απαράδεκτη σε ποσοστό 87% (πάνω από 78 db). Μάλιστα, σε ποσοστό 77% ο ήχος υπερβαίνει το κατώφλι των 85 db, όριο, πάνω από το οποίο παρουσιάζονται προβλήματα ακοής και πρέπει να ληφθούν άμεσα μέτρα.



Εικόνα 10. Διάγραμμα συχνοτήτων της έντασης του ήχου σε γυμναστήριο.

	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστ η τιμή	Μέση τιμή	Επικρατούς α τιμή	% τιμών >72 db	% τιμών >78 db
Γυμναστήριο	59	95	86	88	92 %	87 %
Προπόνηση	71	84	77	79	89 %	43 %
Λεωφορείο	52	59	55	54	0 %	0 %
Σχολείο	59	84	77	80	84 %	57 %

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικές τιμές έντασης του ήχου σε διάφορα μέρη.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα από μια πρώτη ανάλυση μιας τυπικής σειράς μετρήσεων σε διαφορετικά μέρη, όπως είναι το γυμναστήριο, το γήπεδο μπάσκετ, το λεωφορείο και το σχολείο. Από τη μελέτη του πίνακα φαίνεται ότι στο γυμναστήριο – σε κάποια ομαδικά προγράμματα τουλάχιστον - ο θόρυβος φτάνει και ξεπερνάει το όριο πέρα από το οποίο πρέπει να λαμβάνονται μέτρα προστασίας της υγείας. Επίσης, ο θόρυβος σε κλειστό γυμναστήριο είναι σε πολύ υψηλά επίπεδα, ενώ στο λεωφορείο τα πράγματα είναι πολύ καλύτερα και ο θόρυβος δεν ξεπερνά τα 66 db, όριο μέχρι το οποίο η κατάσταση της ηχορύπανσης χαρακτηρίζεται καλή. Εντυπωσιακό όμως είναι το γεγονός ότι στη σχολική αίθουσα οι τιμές έντασης του ήχου σε ποσοστό 57 % υπερβαίνουν το όριο των 78 db και έτσι το επίπεδο θορύβου στη συγκεκριμένη αίθουσα χαρακτηρίζεται απαράδεκτο.

Συμπεράσματα – Συζήτηση

Τα παραπάνω παραδείγματα δείχνουν ότι η τεχνολογική ανάπτυξη των συσκευών και η παράλληλη μείωση του κόστους των, ανοίγει τη δυνατότητα σχεδιασμού και ανάπτυξης εργαστηρίων χαμηλού

κόστους με αισθητήρες smartphones, η αξιοπιστία και η ακρίβεια μέτρησης των οποίων ολοένα και αυξάνεται.

Ακόμη και έτσι όμως, η πλήρης αξιοποίηση τους στην εκπαίδευση προβλέπεται ότι θα χρειαστεί κάποιο χρονικό διάστημα για να επιτευχθεί. Ο λόγος είναι ότι τα θεωρητικά και διδακτικά μοντέλα πάνω στην οποία θα στηριχθεί αυτή η ανάπτυξη αναμένεται να χρειαστούν κάποιο χρόνο για την ωρίμανση τους. Και αυτό γιατί όπως αναφέρουν οι Falk και Dierking (2002) «Ότι γνωρίζουμε μέχρι σήμερα αναφορικά με τη μάθηση προέρχεται από μελέτες, είτε σε αίθουσες διδασκαλίας, είτε σε εργαστήρια ψυχολογίας, κατά συνέπεια, μπορεί να μην αποτελεί την κατάλληλη βάση για τη μάθηση που πραγματοποιείται έξω από τα περιβάλλοντα αυτά». Οι θεωρίες αυτές θα πρέπει να επαναπροσεγγιστούν κάτω από τα νέα δεδομένα που επιφέρει η τεχνολογική εξέλιξη με την είσοδο στην κοινωνία των συσκευών φορητής μάθησης ή smartphones ειδικότερα, αλλά και των συνεχώς εξελισσόμενων δυνατοτήτων που προσφέρουν. Και αυτό γιατί ένα σημαντικό στοιχείο της χρήσης των smartphones και των αισθητήρων τους είναι η «αλλαγή του ρόλου» του εκπαιδευτικού. Στην παραδοσιακή τάξη ο εκπαιδευτικός βρίσκεται στο «επίκεντρο», ενώ στην τάξη της «κλασικής» συνεργατικής μάθησης μέσω υπολογιστών έχει το ρόλο του «βοηθού» ή συντονιστή της μαθησιακής διαδικασίας. Στην τάξη όμως με τα smartphones ο εκπαιδευτικός μπορεί να έχει το ρόλο του «διευθυντή ορχήστρας», οδηγώντας και συγχρονίζοντας ολόκληρη την ομάδα των μαθητών. Αυτό δίνει στον εκπαιδευτικό τη δυνατότητα να παρακολουθεί την πρόοδο ολόκληρης της τάξης και ταυτόχρονα να ενθαρρύνει και να κατευθύνει εκείνους τους μαθητές που χρειάζονται περισσότερη βοήθεια (Roschelle & Pea, 2002). Έγκειται λοιπόν στη θέληση και προσπάθεια της εκπαιδευτικής κοινότητας για την είσοδο του μέσου αυτού στα σχολεία, την εποικοδομητική χρήση του, αλλά και την γρήγορη αποκομιδή των γνωστικών, συμμετοχικών και μαθησιακών αποτελεσμάτων της εφαρμογής του.

Αναφορές

- Colella, V. (2000) Participatory Simulations: Building Collaborative Understanding through Immersive Dynamic Modeling. *Journal of the Learning Sciences*, 9(4), 471-500.
- Δαμασιώτης Χ. (2012). *Ηχορύπανση και τρόποι αντιμετώπισης σε υπό κατασκευή σχολείο*. Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Σχολή Εφαρμοσμένων Επιστημών (Σ.Εφ.Ε), Τμήμα Μηχανικών Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής Τ.Ε. (Ρέθυμνο).
- De la Pena-Bandalara, M. (2007). Impact of ICTs on open and distance learning in a developing country setting: the Philippine experience. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 8, 1-15.
- Embi, M.A. & Nordin, N.M. (edit.) (2013). *Mobile Learning: Malaysian Initiatives & Research Findings*, Centre For Academic Advancement, University Kebangsaan Malaysia & Department of Higher Education, Ministry of Higher Education.
- Falk, J.H., & Dierking, L.D. (2002). *Lessons without limit: How free-choice learning is transforming education*. Walnut Creek, CA: AltaMira
- Gómez-Tejedor, J.A., Castro-Palacio, J.C., & Monsoriu, J.A. (2014). The acoustic Doppler effect applied to the study of linear motions. *European Journal of Physics* 35(2), 25006-25015.
- Gómez-Tejedor, J.A., Castro-Palacio, J.C., & Monsoriu, J.A. (2015). Frequency Analyser: A New Android Application for High Precision Frequency Measurement. *Computer Applications in Engineering Education*, 23, 471-476.

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

- González, M.Á., Llamas, C., Martín, M.E., Vegas, J., Martínez, Ó., & Herguedas, M. et. al. (2014). Mobile phones for teaching physics: using applications and sensors. In Proceedings of the Second International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality, 349-355.
- González, Miguel Á., González, Manuel Á., Martín, M. E., [Llamas, C., Martínez, Ó., Vegas, J., Herguedas, M. & Hernández, C.](#) (2015). Teaching and Learning Physics with smartphones, *Journal of Cases in Information Technology*, **17(1)**, 31-50.
- Hirth, M., Kuhn, J., & Müller, A. (2015). Measurement of sound velocity made easy using harmonic resonant frequencies with everyday mobile technology. *The Physics Teacher*, **53(2)**, 120-121.
- Klein, P., Hirth, M., Gröber, S., Kuhn, J., & Müller, A. (2014). Classical experiments revisited: smartphones and tablet PCs as experimental tools in acoustics and optics. *Physics Education*, **49(4)**, 412-418.
- Kuhn, J., & Vogt, P. (2012b). Analyzing Diffraction Phenomena of Infrared Remote Controls. *The Physics Teacher*, **50**, 118-119.
- Kuhn, J., & Vogt, P. (2013a). Smartphones as experimental tools: Different methods to determine the gravitational acceleration in classroom physics by using everyday devices. *European Journal of Physics Education*, **4(1)**, 16-27.
- Kuhn, J., & Vogt, P. (2013b). Analyzing acoustic phenomena with a smartphone microphone. *The Physics Teacher*, **51(2)**, 118-119.
- Kuhn, J., Vogt, P., & Hirth, M. (2014). Analyzing the acoustic beat with mobile devices. *The Physics Teacher*, **52(4)**, 248-249.
- Lu, Z.J. (2012). *Learning with Mobile Technologies, Handheld Devices, and Smart Phones: Innovative Methods*, IGI Global, Hershey, PA, USA.
- Monteiro, M., Marti, A. C., Vogt, P., Kasper, L., & Quarthal, D. (2015). Measuring the acoustic response of Helmholtz resonators. *The Physics Teacher*, **53(4)**, 247-249.
- Parolin, S.O., & Pezzi, G. (2013). Smartphone-aided measurements of the speed of sound in different gaseous mixtures. *The Physics Teacher*, **51(8)**, 508-509.
- Roschelle, J., & Pea, R. (2002). A walk on the WILD side: How wireless handhelds may change computer-supported collaborative learning. *International Journal of Cognition and Technology*, **1(1)**, 145-168.
- Sans, J.A., Manjón, F.J., Cuenca-Gotor, V., Giménez-Valentín, M.H., Salinas, I., Barreiro, J.J., Monsoriu, J.A., & Gomez-Tejedor, J.A. (2015). Smartphone: a new device for teaching Physics *1st International Conference on Higher Education Advances, HEAd'15*.
- Schwarz, O., Vogt, P., & Kuhn, J. (2013). Acoustic measurements of bouncing balls and the determination of gravitational acceleration. *The Physics Teacher*, **51**, 312-313.
- Χατζής Χ. (2008). Ηχορρύπανση: ένας κίνδυνος με σοβαρές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και ευεξία http://library.tee.gr/digital/m2301/m2301_hatzis.pdf
- Yavuz, A. (2015). Measuring the speed of sound in air using smartphone applications. *The Physics Education*, **50(8)**, 281-284.



Ο Αναστάσιος Πάλλας είναι Φυσικός με Μεταπτυχιακές σπουδές στην Ηλεκτρονική Φυσική στο Φυσικό Τμήμα του ΑΠΘ και Διδάκτορας στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Διδάσκει στο Πειραματικό Σχολείο του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης από το 1996 και το ενδιαφέρον του επικεντρώνεται κυρίως στη διδασκαλία της Φυσικής και της Τεχνολογίας.

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή

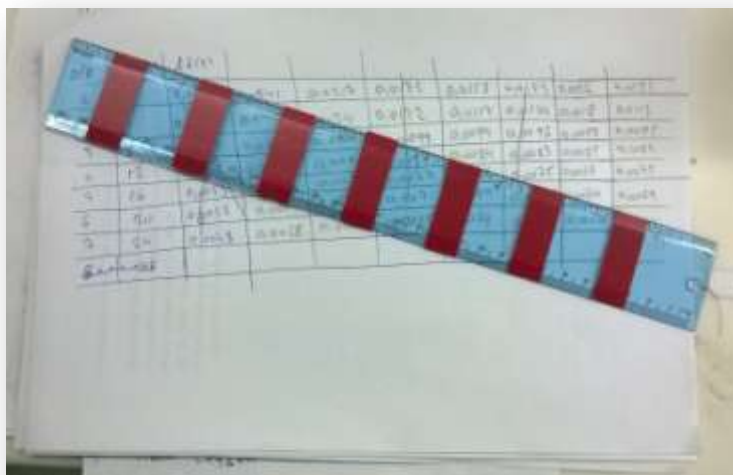
Μελέτη της αρχής διατήρησης της μηχανικής ενέργειας με τη μέθοδο του «φωτοφράκτη»

Βασίλης Νούσης

Αντί της σχετικής προτεινόμενης εργαστηριακής άσκησης με χρήση δύο φωτοπυλών και μπίλιας που πέφτει ελεύθερα, μια παραλλαγή του θέματος Φυσικής στον Πανελλήνιο διαγωνισμό EUSO 2016 Βόρειας Ελλάδας (EUSO 2016 Βόρειας Ελλάδας, 2016), μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επιβεβαίωση της αρχής διατήρησης της μηχανικής ενέργειας. Η παρούσα άσκηση χρησιμοποιώντας μία μόνο φωτοπύλη και ένα «φωτοφράκτη» (δηλαδή ένα διαφανή χάρακα που ανά ίσα διαστήματα φέρει παράλληλες αδιαφανείς ταινίες), δεν παρουσιάζει τα προβλήματα της σχετικής προτεινόμενης άσκησης, όπου απαιτείται η χρονοβόρα διαδικασία της ακριβούς τοποθέτησης των δύο φωτοπυλών, και λήψη ιδιαίτερης μέριμνας ώστε το σφαιρίδιο που πέφτει να σκιάζει κατά την ίδια απόσταση τις δύο φωτοπύλες, ώστε να αποφευχθούν σημαντικά σφάλματα στον υπολογισμό της κινητικής ενέργειας του σφαιριδίου.

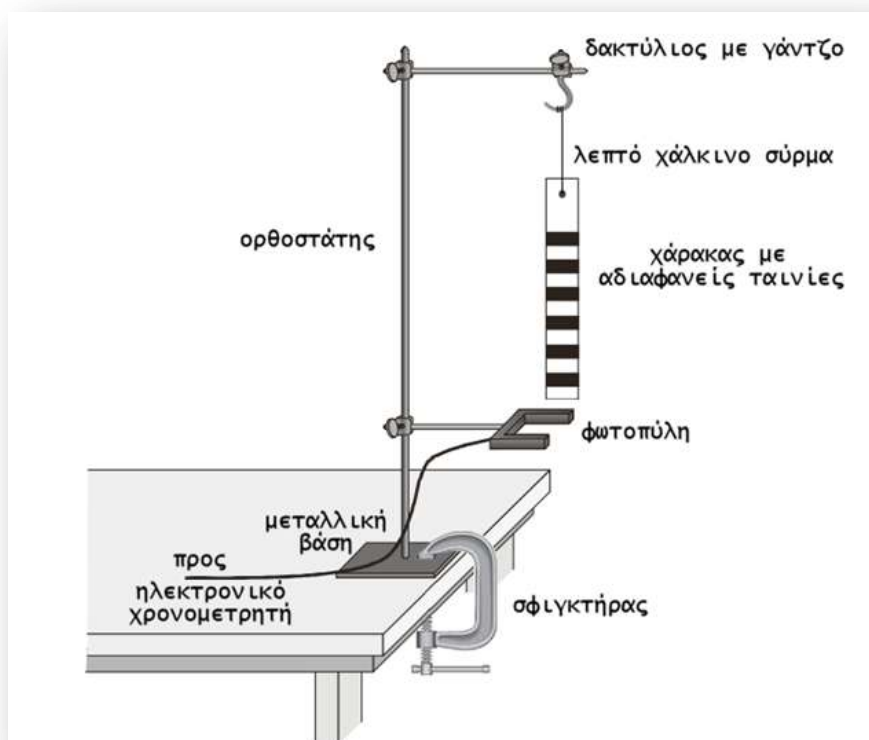
Η πειραματική διάταξη

Για να κατασκευάσουμε το «φωτοφράκτη» χρησιμοποιούμε ένα διάφανο χάρακα 30 cm, στον οποίο ανά 4 cm έχουμε κολλήσει συνολικά επτά (7) αδιαφανείς ταινίες (κομμάτια μονωτικής ταινίας πλάτους 15,20 mm – μετρημένο με διαστημόμετρο), όπως φαίνεται στην Εικόνα 1. Για τη σωστή προετοιμασία του «φωτοφράκτη» λαμβάνεται μέριμνα ώστε οι ταινίες να είναι παράλληλες μεταξύ τους και να μη «τεντωθούν» πολύ κατά το κόλλημα γιατί αυτό θα μειώσει το πλάτος στην κεντρική περιοχή τους, με αποτέλεσμα την αύξηση των σφαλμάτων στον υπολογισμό της κινητικής ενέργειας του χάρακα.



Εικόνα 1. Ο προετοιμασμένος χάρακας με τις 7 αδιαφανείς ταινίες.

Με τη βοήθεια πολύ λεπτού χάλκινου σύρματος ο χάρακας αναρτάται από το γάντζο ορειχάλκινου δακτυλίου, ώστε να κρέμεται κατακόρυφος ακριβώς πάνω από μια φωτοπύλη (Εικόνα 2), με το μέσο της κατώτερης αδιαφανούς ταινίας να απέχει 3 – 5 cm από τη φωτοπύλη. Η φωτοπύλη συνδέεται στην είσοδο 1 του εργαστηριακού ηλεκτρονικού χρονομέτρου (P/N 1460) το οποίο τίθεται σε κατάσταση λειτουργίας «F1», ώστε να καταμετρά το χρόνο διέλευσης των αδιαφανών ταινιών του χάρακα από τη φωτοπύλη.



Εικόνα 2. Η πειραματική διάταξη.

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή, ώστε:

- Ο χάρακας κατά την πτώση του να τέμνει κάθετα τη δέσμη της φωτοπύλης. Αυτό το πετυχαίνουμε με μικρές περιστροφές του γάντζου στον οποίο αναρτάται ο χάρακας. Αυτός άλλωστε είναι και ο λόγος που η ανάρτηση του χάρακα γίνεται με το λεπτό χάλκινο σύρμα και όχι με νήμα.
- Ο χάρακας να είναι καθαρός και χωρίς γρατσουνιές, και η γραμμή τομής της δέσμης της φωτοπύλης με το χάρακα να μη συμπίπτει με τη γράμμωση ή την αρίθμηση του χάρακα. Σε αντίθετη περίπτωση θα υπάρχουν ανεπιθύμητες (και πολύ μικρής χρονικής διάρκειας) διακοπές της δέσμης της φωτοπύλης.

Η πειραματική διαδικασία – Λήψη μετρήσεων

Μετράμε κατ' αρχάς με διαστημόμετρο το πλάτος των αδιαφανών ταινιών. Στην περίπτωση που μελετήσαμε βρέθηκε:

$$d = (0,01520 \pm 0,00001) \text{ m}$$

Με ζύγιση βρέθηκε η μάζα του χάρακα μαζί με τις αδιαφανείς ταινίες:

$$m = (0,0314 \pm 0,0001) \text{ kg}$$

Επιπλέον στον τόπο διεξαγωγής του πειράματος (Ηγουμενίτσα) η επιτάχυνση της βαρύτητας με βάση τις εξισώσεις της γεωδαισίας (Wikipedia, 2011) προσδιορίστηκε ως:

$$g = 9,803 \text{ m/s}^2$$

Αφού συναρμολογήσουμε την πειραματική διάταξη και λαμβάνοντας υπόψη τα προαναφερθέντα σημεία ιδιαίτερης προσοχής, καίμε με αναπτήρα το λεπτό χάλκινο σύρμα, οπότε ο χάρακας πέφτει κατακόρυφα. Προσέχουμε ώστε κατά την καύση του χάλκινου σύρματος να μην ακουμπήσουμε το σύρμα με τον αναπτήρα ή το χέρι μας και αναταράξουμε το σύστημα, αφού κάτι τέτοιο θα οδηγούσε σε ταλάντωση του χάρακα και τελικά σφάλματα στον υπολογισμό και της κινητικής και της δυναμικής του ενέργειας.

α/α	$h \text{ (m)}$	$\Delta t \text{ (s)}$
1	0,000	0,0158
2	0,040	0,0117
3	0,080	0,0097
4	0,120	0,0084
5	0,160	0,0076
6	0,200	0,0070
7	0,240	0,0064

Πίνακας 1. Τα πρώτα πειραματικά δεδομένα

Καθώς ο χάρακας αφήνεται να πέσει χωρίς αρχική ταχύτητα, διέρχεται από τη φωτοπύλη, οι αδιαφανείς ταινίες του σκιάζουν διαδοχικά τη δέσμη υπερύθρων και ο ηλεκτρονικός χρονομετρητής

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

καταγράφει τους 7 χρόνους διέλευσης. Τα πειραματικά δεδομένα καταγράφονται στον Πίνακα 1. Στη στήλη με τίτλο « h (m)» καταγράφεται η θέση του μέσου κάθε αδιαφανούς ταινίας που είναι ίση και με την αντίστοιχη μετατόπιση του χάρακα. Έχουμε θέσει $h = 0$ στο μέσο της πρώτης αδιαφανούς ταινίας που περνάει από τη φωτοπύλη. Στην τρίτη στήλη με τίτλο « Δt (s)» καταγράφονται οι χρόνοι διέλευσης κάθε αδιαφανούς ταινίας από τη φωτοπύλη.

Το σφάλμα στον υπολογισμό του χρόνου διέλευσης από τη φωτοπύλη θεωρήθηκε ίσο με 1 μονάδα του τελευταίου (τέταρτου) δεκαδικού ψηφίου της ένδειξης του ηλεκτρονικού χρονομέτρου, δηλαδή:

$$\sigma_{\Delta t} = 0,0001 \text{ s}$$

ενώ το σφάλμα στη μέτρηση της θέσης των αδιαφανών ταινιών στο χάρακα ίσο με:

$$\sigma_h = 0,001 \text{ m}$$

Απαραίτητες διευκρινήσεις

Η μέση ταχύτητα διέλευσης μιας αδιαφανούς ταινίας του χάρακα από τη φωτοπύλη υπολογίζεται ως:

$$\bar{v} = \frac{d}{\Delta t}$$

όπου d είναι το πλάτος κάθε αδιαφανούς ταινίας, και Δt ο αντίστοιχος χρόνος διέλευσης όπως επιστρέφεται από τον ηλεκτρονικό χρονομετρητή. Με αφετηρία το θεώρημα Merton (Βλάχος, Γραμματικάκης, Καραπαναγιώτης, Κόκκοτας, Περιστερόπουλος, & Τιμοθέου, 2012, σ. 59) εύκολα προκύπτει πως στην περίπτωση της ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης η μέση ταχύτητα σε κάποιο χρονικό διάστημα ισούται με τη στιγμιαία ταχύτητα στο μέσο του αντίστοιχου χρονικού διαστήματος. Για τις ανάγκες της άσκησης θα θεωρήσουμε πως η στιγμιαία ταχύτητα στο μέσο κάποιου χρονικού διαστήματος ισούται με τη στιγμιαία ταχύτητα στο μέσο της απόστασης που διάνυσε το σώμα στο ίδιο χρονικό διάστημα. Αυτό στην πραγματικότητα δεν είναι σωστό και αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες σφάλματος στη συγκεκριμένη άσκηση.

Ας δούμε λίγο αναλυτικότερα το θέμα αυτό: Έστω y_1 και y_2 η αρχική και η τελική κατακόρυφη απόσταση μιας αδιαφανούς ταινίας από την αρχή των αξόνων, και t_1 , t_2 οι αντίστοιχες χρονικές στιγμές διέλευσης. Τότε ισχύει:

$$t_1 = \sqrt{\frac{2y_1}{g}}, \quad t_2 = \sqrt{\frac{2y_2}{g}}.$$

Η ταχύτητα στο μέσο του χρονικού διαστήματος $\Delta t = t_2 - t_1$, είναι:

$$v_1 = g \left(t_1 + \frac{\Delta t}{2} \right) = g \left(\frac{t_1 + t_2}{2} \right)$$

Αντίστοιχα η ταχύτητα στο μέσο της απόστασης μεταξύ y_1 και y_2 ($h = \frac{y_1 + y_2}{2}$) μπορεί να υπολογιστεί με εφαρμογή της ΑΔΜΕ ως:

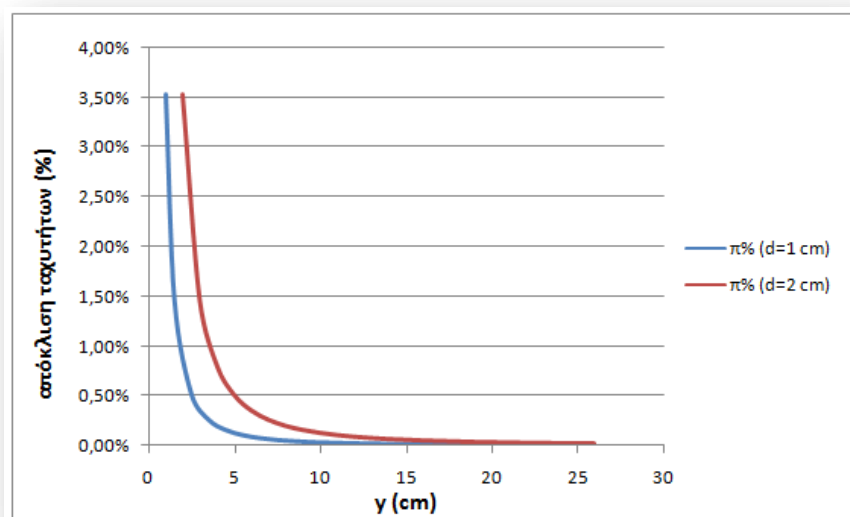
$$v_2 = \sqrt{2gh}$$

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Η εκατοστιαία απόκλιση των δύο αυτών ταχυτήτων υπολογίζεται ως:

$$\pi_v \% = \left| \frac{v_2 - v_1}{v_1} \right| \times 100$$

Στο γράφημα της Εικόνας 3 απεικονίζεται η μεταβολή της εκατοστιαίας απόκλισης των δύο αυτών ταχυτήτων σε συνάρτηση με την κατακόρυφη απόσταση του μέσου μιας αδιαφανούς ταινίας από τη φωτοπύλη, για δύο διαφορετικά πλάτη των αδιαφανών ταινιών ($d = 1 \text{ cm}$ και $d = 2 \text{ cm}$).



Εικόνα 3. Εκατοστιαία απόκλιση ταχυτήτων.

Από τη γραφική παράσταση της Εικόνας 3 γίνεται φανερό πως η εκατοστιαία απόκλιση των δύο ταχυτήτων γίνεται μικρότερη από 1% πολύ γρήγορα: μετά τα πρώτα λίγα εκατοστά ($y < 5 \text{ cm}$) της κίνησης στις περιπτώσεις που εξετάσαμε. Επίσης η μείωση της απόκλισης είναι πιο γρήγορη στην περίπτωση που η αδιαφανής ταινία έχει μικρότερο πλάτος.

Αντίστοιχα συμπεράσματα ισχύουν και για την εκατοστιαία απόκλιση των αντίστοιχων κινητικών ενεργειών:

$$\pi_K \% = \left| \frac{v_2^2 - v_1^2}{v_1^2} \right| \times 100$$

Με την ίδια διαδικασία εύκολα διαπιστώνεται πως για αδιαφανή ταινία πλάτους 1,5 cm και για απόσταση μεταξύ του μέσου της πρώτης αδιαφανούς ταινίας και της φωτοπύλης ίση με 1,25 cm η εκατοστιαία απόκλιση στις τιμές των δύο ταχυτήτων δεν ξεπερνά το 5,5%, ενώ η αντίστοιχη απόκλιση στις κινητικές ενέργειες είναι ελάχιστα μεγαλύτερη του 11%. Για τις ίδιες αδιαφανείς ταινίες και για απόσταση μέσου ταινίας – φωτοπύλης ίση με 3,75 cm οι αντίστοιχες αποκλίσεις γίνονται περίπου 0,5% για τις ταχύτητες και 1% για τις κινητικές ενέργειες.

Συνεκτιμώντας τα ανωτέρω δικαιολογείται η επιλογή μας να χρησιμοποιήσουμε αδιαφανείς ταινίες πλάτους περίπου 1,5 cm, και η ανάρτηση του χάρακα κατά τρόπο ώστε η πρώτη αδιαφανής

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

ταινία να απέχει αρχικά 3 έως 5 cm από τη φωτοπύλη. Απελευθέρωση του χάρακα από μεγαλύτερες αποστάσεις θα πρέπει να αποφευχθεί καθώς τότε οι όποιες αρχικές μικροταλαντώσεις του θα έχουν μεγαλύτερη επίδραση στην ακρίβεια των μετρήσεων.

Επεξεργασία μετρήσεων

Με βάση τα πειραματικά δεδομένα και τις αντίστοιχες τιμές των σφαλμάτων:

- Η αρχική ταχύτητα v_1 του χάρακα, δηλαδή η ταχύτητα με την οποία το μέσο της πρώτης κατά την πτώση του χάρακα αδιαφανούς ταινίας διέρχεται από τη φωτοπύλη υπολογίζεται ως:

$$v_1 = \frac{d}{\Delta t}$$

όπου d το πλάτος της πρώτης αδιαφανούς ταινίας και Δt ο αντίστοιχος χρόνος διέλευσης από τη φωτοπύλη. Αντίστοιχα υπολογίζεται η τελική ταχύτητα v_2 του χάρακα για όλες τις μετατοπίσεις (h) του Πίνακα 1.

- Το σφάλμα στον υπολογισμό της αρχικής ταχύτητας υπολογίζεται με βάση τη θεωρία διάδοσης των σφαλμάτων (Τρικαλινός, 2014, σ. 19) ως:

$$\sigma_{v_1} = \sqrt{\left(\frac{\partial v_1}{\partial d}\right)^2 \sigma_d^2 + \left(\frac{\partial v_1}{\partial \Delta t}\right)^2 \sigma_{\Delta t}^2} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_d}{\Delta t}\right)^2 + \left(-\frac{d \cdot \sigma_{\Delta t}}{\Delta t^2}\right)^2}$$

Όμοια υπολογίζεται και το σφάλμα για κάθε τιμή της ταχύτητας v_2 .

- Η μεταβολή της κινητικής ενέργειας ΔK καθώς και η απόλυτη τιμή της μεταβολής ΔU της δυναμικής ενέργειας υπολογίζονται ως:

$$\Delta K = \frac{1}{2} m (v_2^2 - v_1^2)$$

και

$$\Delta U = mgh$$

- Το σφάλμα στον υπολογισμό της μεταβολής κινητικής ενέργειας υπολογίζεται ως:

$$\begin{aligned} \sigma_{\Delta K} &= \sqrt{\left(\frac{\partial \Delta K}{\partial m}\right)^2 \sigma_m^2 + \left(\frac{\partial \Delta K}{\partial v_1}\right)^2 \sigma_{v_1}^2 + \left(\frac{\partial \Delta K}{\partial v_2}\right)^2 \sigma_{v_2}^2} \Rightarrow \\ \sigma_{\Delta K} &= \sqrt{\left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2}\right)^2 \sigma_m^2 + (-mv_1)^2 \sigma_{v_1}^2 + (mv_2)^2 \sigma_{v_2}^2} \end{aligned}$$

- Το σφάλμα στον υπολογισμό της μεταβολής της δυναμικής ενέργειας υπολογίζεται ως:

$$\sigma_{\Delta U} = \sqrt{\left(\frac{\partial \Delta U}{\partial m}\right)^2 \sigma_m^2 + \left(\frac{\partial \Delta U}{\partial h}\right)^2 \sigma_h^2} \Rightarrow \sigma_{\Delta U} = \sqrt{(gh)^2 \sigma_m^2 + (mg)^2 \sigma_h^2}$$

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Τα σχετικά αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 2. Καθώς πρόκειται για ενδιάμεσα αποτελέσματα έχουν διατηρηθεί περισσότερα δεκαδικά ψηφία από τα επιτρεπόμενα προς αποφυγή επιπλέον σφαλμάτων λόγω στρογγυλοποίησης (Τρικάλινός, 2014, σ. 17; Χριστοπούλου, 2005, σ.6).

α/α	h (m)	Δt (s)	v_1 (m/s)	σ_{v_1} (m/s)	v_2 (m/s)	σ_{v_2} (m/s)	ΔK (J)	$\sigma_{\Delta K}$ (J)	ΔU (J)	$\sigma_{\Delta U}$ (J)
1	0,000	0,0158			0,962	0,006	0,0000	0,0003	0,0000	0,0003
2	0,040	0,0117			1,299	0,011	0,0120	0,0005	0,0123	0,0003
3	0,080	0,0097			1,567	0,016	0,0240	0,0008	0,0246	0,0003
4	0,120	0,0084	0,962	0,006	1,810	0,022	0,0369	0,0012	0,0369	0,0003
5	0,160	0,0076			2,000	0,026	0,0483	0,0017	0,0493	0,0003
6	0,200	0,0070			2,171	0,031	0,0595	0,0021	0,0616	0,0004
7	0,240	0,0064			2,375	0,037	0,0740	0,0028	0,0739	0,0004

Πίνακας 2. Πειραματικά δεδομένα και αποτελέσματα επεξεργασίας.

Τέλος υπολογίζεται η τιμή του κλάσματος

$$u = \frac{\Delta K}{\Delta U}$$

(αγνοώντας την πρώτη μέτρηση που οδηγεί σε απροσδιόριστη μορφή) καθώς και το σφάλμα στον υπολογισμό της τιμής του ως:

$$\sigma_u = \sqrt{\left(\frac{\partial u}{\partial \Delta K}\right)^2 \sigma_{\Delta K}^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial \Delta U}\right)^2 \sigma_{\Delta U}^2} \Rightarrow \sigma_u = \sqrt{\left(\frac{1}{\Delta U}\right)^2 \sigma_{\Delta K}^2 + \left(-\frac{\Delta K}{(\Delta U)^2}\right)^2 \sigma_{\Delta U}^2}$$

Καθώς κάθε αποτέλεσμα έχει διαφορετικό σφάλμα υπολογίστηκε το στατιστικό βάρος κάθε μέτρησης ως:

$$w_i = \frac{1}{\sigma_i^2}$$

Τα σχετικά αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 3 στον οποίο επίσης έχουν διατηρηθεί περισσότερα από τα επιτρεπόμενα δεκαδικά ψηφία.

α/α	$u = \frac{\Delta K}{\Delta U}$	σ_u	w_i
1	-	-	-
2	0,972	0,048	434,03
3	0,975	0,036	771,60
4	0,998	0,035	816,33
5	0,981	0,035	816,33
6	0,966	0,036	771,60
7	1,002	0,038	692,51

Πίνακας 3. Αποτελέσματα πειράματος.

Εν συνεχεία υπολογίστηκε η μέση τιμή του λόγου

$$u = \frac{\Delta K}{\Delta U}$$

καθώς και το σφάλμα μέσης τιμής ως:

$$\bar{u} = \frac{\sum w_i \cdot u_i}{\sum w_i}$$

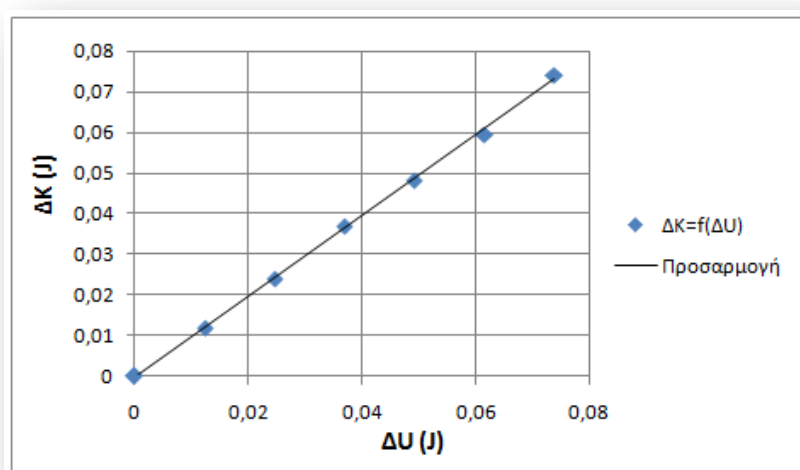
και

$$\sigma_{\bar{u}} = \left(\sum w_i \right)^{-1/2}$$

αντίστοιχα (Καμαράτος, 2012, σ. 44). Προέκυψε τελικά:

$$u = \frac{\Delta K}{\Delta U} = 0,98 \pm 0,02$$

Εναλλακτικά η επεξεργασία των δεδομένων και η εξαγωγή του αποτελέσματος θα μπορούσε να γίνει με τη βοήθεια του Excel και μέσω της γραφικής παράστασης $\Delta K = f(\Delta U)$ (Εικόνα 4). Καθώς η γραφική παράσταση επιβεβαιώνει τη γραμμικότητα της σχέσης που συνδέει τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας του χάρακα και την αντίστοιχη κατ' απόλυτη τιμή μεταβολή της δυναμικής του ενέργειας, στο ίδιο γράφημα έχει σχεδιαστεί και η καλύτερη ευθεία προσαρμογής στα πειραματικά δεδομένα.



Εικόνα 4. Γραφική παράσταση $\Delta K = f(\Delta U)$

Το Excel με τη συνάρτηση LINEST μπορεί να επιστρέψει επιπλέον στατιστικά δεδομένα, όπως η κλίση, ο σταθερός όρος και τα αντίστοιχα σφάλματα της καλύτερης ευθείας προσέγγισης στα πειραματικά δεδομένα. Έτσι θεωρώντας πως τα πειραματικά δεδομένα σχετίζονται με μια σχέση της μορφής: $\Delta K = \alpha \cdot \Delta U + \beta$, παίρνουμε:

$$\alpha = 0,99 \pm 0,01 \text{ (καθαρός αριθμός)}$$

και

$$\beta = -0,002 \pm 0,0005 \text{ (J)}$$

με συντελεστή συσχέτισης $R^2 = 0,9992$. Η πολύ μικρή τιμή του σταθερού όρου β της καλύτερης ευθείας προσέγγισης και κυρίως το σφάλμα στον υπολογισμό του που υπερβαίνει την ίδια την τιμή του, μας

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

οδηγεί να θεωρήσουμε ορθότερη την προσέγγιση των πειραματικών δεδομένων με ευθεία της μορφής: $\Delta K = \alpha \cdot \Delta U$. Το Excel με συντελεστή συσχέτισης $R^2 = 0,9997$ επιστρέφει:

$$\alpha = 0,987 \pm 0,006 \text{ (καθαρός αριθμός)}$$

Με βάση τον αριθμό σημαντικών ψηφίων στις αρχικές μετρήσεις, θα ήταν ορθότερη η ανα-γραφή του αποτελέσματος με δύο σημαντικά ψηφία, ως: $\alpha = 0,99 \pm 0,01$. Για τις ανάγκες της διδασκαλίας στην Α' τάξη του Γενικού Λυκείου, θα μπορούσε να (υπερ)-εκτιμηθεί το σφάλμα στον υπολογισμό της κλίσης ως το μισό της διαφοράς μεταξύ της μεγαλύτερης και της μικρότερης τιμής του λόγου

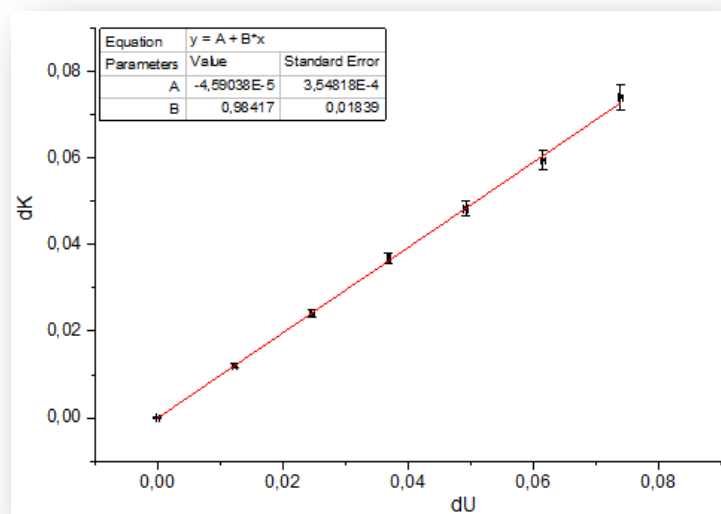
$$u = \frac{\Delta K}{\Delta U}. \text{ Τότε:}$$

$$\sigma_\alpha = \frac{1,002 - 0,966}{2} \Rightarrow \sigma_\alpha = 0,02$$

και

$$\alpha = 0,99 \pm 0,02$$

Η μελέτη με το Excel υπερεκτιμά την κλίση της ευθείας, αφού δε λαμβάνει υπόψη τα επιμέρους σφάλματα στον υπολογισμό της μεταβολής της κινητικής και της δυναμικής ενέργειας του χάρακα. Μπορούμε όμως με το λογισμικό OriginLab να σχεδιάσουμε τη γραφική παράσταση με τις γραμμές Χ, Υ σφάλματος, αλλά και να προσδιορίσουμε με βάση αυτά τα σφάλματα την καλύτερη ευθεία προσέγγισης στα πειραματικά δεδομένα (Εικόνα 5).



Εικόνα 5. Γραφική παράσταση $\Delta K = f(\Delta U)$ με το OriginLab.

Στην περίπτωση αυτή και για εξίσωση καλύτερης ευθείας προσέγγισης $\Delta K = \alpha \cdot \Delta U + \beta$ προέκυψε:

$$\alpha = 0,98 \pm 0,02 \text{ (καθαρός αριθμός)}$$

σε συμφωνία με τους αρχικούς μας υπολογισμούς, αλλά και με μικρή απόκλιση σε σχέση με τους υπολογισμούς με χρήση του Excel. Συγκριτικά η αντιμετώπιση μέσω Excel δημιουργεί την εντύπωση μεγαλύτερης ακρίβειας (απόκλιση περί το 1%) από την πραγματική (απόκλιση περί το 2%) που μπορεί να επιτευχθεί με τη συγκεκριμένη μέθοδο.

Η επίδραση του αέρα στην κίνηση του χάρακα

Γενικά η αντίσταση που ασκείται σε ένα σώμα από τον αέρα (οπισθέλκουσα δύναμη) εξαρτάται από την ταχύτητα με την οποία το σώμα κινείται στον αέρα (ή αντίστροφα από την ταχύτητα ροής του αέρα γύρω από το σώμα). Στην περίπτωση της κίνησης που μελετήσαμε και για ύψος πτώσης όχι μεγαλύτερο από $h = 36 \text{ cm}$, η μέγιστη ταχύτητα του χάρακα δεν υπερβαίνει την τιμή $v = \sqrt{2gh} \approx 2,7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Δύο μορφές της οπισθέλκουσας ενδιαφέρουν στην κίνηση του χάρακα: η οπισθέλκουσα μορφής και η επιδερμική οπισθέλκουσα. Η οπισθέλκουσα μορφής εξαρτάται και από το μέγεθος της κάθετης στην ταχύτητα ροής επιφάνειας του σώματος. Στην περίπτωση του χάρακα αυτή η επιφάνεια είναι πάρα πολύ μικρή και έτσι μπορούμε να θεωρούμε αμελητέα την οπισθέλκουσα μορφής. Η επιδερμική οπισθέλκουσα που οφείλεται στην τριβή των στρωμάτων του αέρα με την πλευρική επιφάνεια του χάρακα, εκτός των άλλων εξαρτάται και από το μέγεθος αυτής της επιφάνειας, και δε μπορούμε εξ αρχής να τη θεωρήσουμε αμελητέα.

Ας δούμε το θέμα λεπτομερέστερα: Όταν ρευστό πυκνότητας ρ ρέει με ταχύτητα v παράλληλα σε επίπεδη επιφάνεια εμβαδού A , και υποθέτοντας στρωτή ροή σε ολόκληρη την επιφάνεια, η τιμή της επιδερμικής οπισθέλκουσας υπολογίζεται ως (Çengel & Cimbala, 2006, σ. 579):

$$F_D = C_f \frac{1}{2} \rho v^2 A$$

όπου C_f ο συντελεστής επιδερμικής οπισθέλκουσας, που υπολογίζεται ως συνάρτηση του αριθμού Reynolds, π.χ. για στρωτή ροή είναι (Çengel & Cimbala, 2006, σ. 523):

$$C_f = \frac{0,664}{\sqrt{\text{Re}}}$$

Ο αδιάστατος αριθμός Reynolds υπολογίζεται (Çengel & Cimbala, 2006, σ. 580) ως:

$$\text{Re} = \frac{\rho v L}{\mu}$$

όπου ρ η πυκνότητα του ρευστού, v η ταχύτητα ροής, μ το ιξώδες του ρευστού και L η διάσταση της επίπεδης επιφάνειας παράλληλα στην ταχύτητα της ροής. Στην περίπτωση αριθμών Reynolds μικρότερων της κρίσιμης τιμής $\text{Re}_{\text{cr}} = 5 \cdot 10^5$ η ροή θεωρείται στρωτή, ενώ θεωρείται τυρβώδης στην αντίθετη περίπτωση (Çengel & Cimbala, 2006, σσ. 513,514).

Ο χάρακας που χρησιμοποιήσαμε είχε μήκος $L = 32 \text{ cm}$ και πλάτος $b = 4 \text{ cm}$. Επίσης στους 20°C για τον αέρα είναι: $\mu = 1,837 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ και $\rho = 1,205 \text{ kg/m}^3$. Συνεπώς η μέγιστη τιμή του αριθμού Reynolds για τη συγκεκριμένη κίνηση, προκύπτει:

$$\text{Re} = 56675 < 5 \cdot 10^5$$

Δηλαδή για όλη τη διάρκεια της κίνησης και καθ' όλο το μήκος του χάρακα η ροή είναι στρωτή, οπότε: $C_f \approx 0,003$ και τελικά $F_{D,\text{max}} \approx 0,0006 \text{ N}$.

Το βάρος του χάρακα είναι $W = mg \approx 0,314 \text{ N}$ και συνεπώς:

$$\frac{W}{F_{D,max}} \approx 520$$

δηλαδή μπορούμε να ισχυριστούμε πως και η επίδραση της επιδερμικής οπισθέλκουσας στην κίνηση του χάρακα είναι πρακτικά ασήμαντη.

Συμπεράσματα

Σε κάθε περίπτωση, με οποιονδήποτε τρόπο επεξεργασίας των πειραματικών δεδομένων, η αρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας οριακά επιβεβαιώνεται για την υπό μελέτη κίνηση, αφού

$$u = \frac{\Delta K}{\Delta U} = 0,98 \pm 0,02$$

Θα προτιμούσαμε βέβαια μια πιο κεντραρισμένη προς το 1 τιμή αυτού του λόγου, αλλά εύκολα μπορούμε να αντιληφθούμε τους λόγους για τους οποίους αυτό δε συμβαίνει: Πρώτα-πρώτα λόγω των περιορισμών της ίδιας της πειραματικής μεθόδου που ακολουθήσαμε αφού θεωρήσαμε τη μέση ταχύτητα ίση με τη στιγμιαία στο μέσο του διανυθέντος διαστήματος και όχι στο μέσο του αντίστοιχου χρονικού διαστήματος. Επίσης λόγω μικροταλαντώσεων του χάρακα κατά την πτώση, είναι δυνατό να προέκυψαν σφάλματα στον υπολογισμό τόσο της κινητικής όσο και της δυναμικής ενέργειας. Θεωρητικά φαίνεται πως η επίδραση της αντίστασης του αέρα στη συγκεκριμένη κίνηση του χάρακα δεν αποτελεί σημαντική πηγή σφαλμάτων. Τέλος για τις ανάγκες μιας εργαστηριακής άσκησης που απευθύνεται σε μαθητές της Α' τάξης του Γενικού Λυκείου, και χωρίς να επηρεάζεται ιδιαίτερα η επιστημονική ορθότητα, μπορεί να ακολουθηθεί η διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων με τη βοήθεια του Excel.

Αναφορές

- Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2006). *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications*. New York: McGraw-Hill.
- EUSO 2016 Βόρειας Ελλάδας. (2016, Ιανουάριος). ΠΑΝΕΚΦΕ. Ανάκτηση Σεπτέμβριος 2016, από <http://panekfe.gr/downloads/euso/euso2016/euso2016-panellinios-themata.rar>
- Wikipedia. (2011, Οκτώβριος). *Theoretical Gravity*. Ανάκτηση Σεπτέμβριος 2016, από https://en.wikipedia.org/wiki/Theoretical_gravity
- Βλάχος, Ι., Γραμματικάκης, Ι., Καραπαναγιώτης, Β., Κόκκοτας, Π., Περιστερόπουλος, Π., & Τιμοθέου, Γ. (2012). *Φυσική Α' Γενικού Λυκείου*. Αθήνα: ΙΤΥΕ Διόφαντος.
- Καμαράτος, Μ. (2012). *Εισαγωγή στην ανάλυση πειραματικών μετρήσεων*. Ιωάννινα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Τρικαλινός, Χ. (2014). *Εισαγωγή στη θεωρία σφαλμάτων*. Αθήνα: Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Χριστοπούλου, Ε. Π. (2005, Μάρτιος). *Ανάλυση σφαλμάτων*. Ανάκτηση Σεπτέμβριος 2016, από http://www.physics.upatras.gr/UploadedFiles/course_173_6304.pdf



Ο Βασίλης Νούσης έχει σπουδάσει Φυσική στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. Απόκτησε μεταπτυχιακό δίπλωμα στις "Νέες τεχνολογίες και έρευνα στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών" από το ίδιο τμήμα. Από το 1996 διδάσκει Φυσικές Επιστήμες (Φ.Ε.) στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, ενώ από το 2011 είναι υπεύθυνος του ΕΚΦΕ Ηγουμενίτσας. Στα ενδιαφέροντά του είναι η αξιοποίηση στοιχείων από την ιστορία των Φ.Ε. και των νέων τεχνολογιών στην εργαστηριακή διδασκαλία των Φ.Ε.

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή

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

Τα μαθηματικά ως εργαλείο κατανόησης αντιστρεπτών μεταβολών στη θερμοδυναμική

Ιωάννης Σφαέλος και Αγγελική Ευσταθίου

«Το θαύμα της καταλληλότητας της γλώσσας των μαθηματικών στη διατύπωση των νόμων της Φυσικής είναι ένα θαυμάσιο δώρο το οποίο ούτε κατανοούμε αλλά ούτε και αξίζουμε. Θα πρέπει να είμαστε ευγνώμονες γι' αυτό και να ελπίζουμε ότι θα συνεχίσει να ισχύει στη μελλοντική έρευνα, και ότι θα επεκταθεί και σε άλλους κλάδους της γνώσης ανεξάρτητα αν αυτό μας προκαλεί ευχαρίστηση ή αμηχανία» (Wigner, 1960). Ιστορικά υπήρξε μια πολύ ιδιαίτερη σχέση ανάμεσα στη Φυσική και στα Μαθηματικά η οποία αποτέλεσε το παράδειγμα ανάπτυξης παρόμοιων προσεγγίσεων στις περιοχές τουλάχιστον της Βιολογίας, της Πληροφορικής, αλλά και της Γλωσσολογίας.

Αν και η Φυσική αποτελεί το ιδανικό περιβάλλον για την εφαρμογή των μαθηματικών σε ένα επιστημονικό πλαίσιο, στη σχολική πραγματικότητα οι δύο αυτοί κλάδοι αντιμετωπίζονται ως δύο διαφορετικοί και αποκλίνοντες επιστημονικοί τρόποι σκέψης. Η Φυσική έχει να κάνει με τα φυσικά φαινόμενα όπου η παρατήρηση και το πείραμα κυριαρχούν ενώ τα μαθηματικά ασχολούνται με συμβολικές διαδικασίες όπου κυριαρχεί ο λογισμός και η απόδειξη (Καστάνης, 2009). Οι φυσικοί επίσης, συχνά εκπλήσσονται για το πόσο λίγα μαθηματικά γνωρίζουν οι μαθητές σε αντίθεση με τις επιδόσεις τους στα μαθήματα των μαθηματικών (Redish, 2005), αλλά όμως και οι ίδιοι πολύ λίγα έχουν κάνει στην κατεύθυνση της χρήσης των σχολικών μαθηματικών και των μεθόδων τους με τρόπους συμβατούς με τη διδασκαλία και τη μεθοδολογία των Φυσικών Επιστημών (Θεοχάρης, 2012). Μία από τις αιτίες του προβλήματος αυτού πιστεύουμε πως είναι η αναντιστοιχία της σειράς που διδάσκονται κάποιες μαθηματικές έννοιες στο Λύκειο με την εφαρμογή τους σε άλλους γνωστικούς τομείς και ιδιαίτερα στη Φυσική.

Η μελέτη των αντιστρεπτών μεταβολών και ειδικότερα η μελέτη της ισόθερμης μεταβολής αερίων αποτελεί ένα παράδειγμα όπου οι μαθητές ανακαλούν στη μνήμη τους και εφαρμόζουν βασικές μαθηματικές έννοιες (όπως της συνάρτησης που εκφράζει τα αντιστρόφως ανάλογα ποσά και της

γραφικής τους παράστασης) αλλά συγχρόνως αποτελεί αφορμή για επέκταση των μαθηματικών εργαλείων και εννοιών που διαθέτουν οι μαθητές (όπως η έννοια του φυσικού λογάριθμου, ο υπολογισμός του εμβαδού καμπυλόγραμμου επίπεδου χωρίου). Κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας της μελέτης των αντιστρεπτών μεταβολών εμφανίζονται, σχεδόν πάντα, κάποια χαρακτηριστικά ερωτήματα από τους μαθητές, όπως:

- Πώς υπολογίζεται το εμβαδό του επιπέδου χωρίου που περικλείεται από τη γραφική παράσταση της συνάρτησης $p=p(V)$, τον άξονα $x'x$ και τις ευθείες $V=V_{αρχ.}$ και $V=V_{τελ.}$ ώστε να υπολογίσουμε το έργο που παράγεται κατά την ισόθερμη μεταβολή;
- Τι είναι το " $\ln \frac{V_{τελ.}}{V_{αρχ.}}$ " που εμφανίζεται στην ενέργεια που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον του;
- Γιατί $\ln \frac{V_{τελ.}}{V_{αρχ.}} = \ln V_{τελ.} - \ln V_{αρχ.}$;

Για την ομαλότερη διεξαγωγή της εν λόγω ενότητας προτείνουμε στο μάθημα της Άλγεβρας της Β' Λυκείου κατόπιν της διδασκαλίας του 1ου και 2ου κεφαλαίου (Γραμμικά και μη Γραμμικά Συστήματα, Συναρτήσεις) να ακολουθήσει η διδασκαλία της έννοιας της εκθετικής συνάρτησης, του λογάριθμου και βασικών ιδιοτήτων τους. Ακολουθώντας, θα μπορούσε ενδεχομένως να παρουσιασθεί ακόμη και η περίφημη μέθοδος της εξάντλησης του Αρχιμήδη προς υπολογισμό του εμβαδού οποιουδήποτε επίπεδου χωρίου, ως εισαγωγή στην έννοια του ολοκληρώματος που θα ακολουθήσει στην Γ' Λυκείου.

Η υλοποίηση των προτάσεών μας διευκολύνεται σημαντικά με τη χρήση των εκπαιδευτικών λογισμικών *Interactive Physics* και *Geogebra* (η χρήση των προσομοιώσεων στη Θερμοδυναμική προκύπτει από το ότι παρουσιάζονται συνήθως δυσκολίες στην πραγματοποίηση πειραμάτων στο πραγματικό εργαστήριο). Συγκεκριμένα, το *Interactive Physics* δίνει τη δυνατότητα εικονικής αναπαράστασης της ισόχωρης, της ισοβαρούς, της ισόθερμης και της αδιαβατικής μεταβολής ενός ιδανικού αερίου και ταυτόχρονα των γραφικών απεικονίσεων σε διαγράμματα πίεσης-όγκου ($p-V$), πίεσης-θερμοκρασίας ($p-T$), όγκου-θερμοκρασίας ($V-T$) και εσωτερικής ενέργειας-χρόνου ($U-t$).

Με το λογισμικό *Geogebra* αρχικά, οι μαθητές μπορούν να διερευνήσουν την αναπαράσταση των σημείων (p,V) που θα προκύψουν από την εκτέλεση της προσομοίωσης της ισόθερμης μεταβολής και εξασκούνται να εφαρμόζουν τη "μέθοδο της εξάντλησης" προκειμένου να υπολογίσουν το έργο που παράγεται στη μεταβολή αυτή. Επιπλέον η χρήση του παραπάνω υπολογιστικού εργαλείου προβλέπει δυναμικό χειρισμό μαθηματικών αντικειμένων ώστε σχέσεις και ιδιότητες να γίνονται αντικείμενο προβληματισμού, διερεύνησης και διαπραγμάτευσης στοχεύοντας στην επεξήγηση της έννοιας ή στην απαραίτητη εμβάθυνση για την κατανόησή της από τους μαθητές.

Η εκτιμώμενη διάρκεια εκτέλεσης των δραστηριοτήτων είναι τέσσερις διδακτικές ώρες και σαν χώρος υλοποίησης προτείνεται ο χώρος του εργαστηρίου Πληροφορικής του σχολείου. Οι μαθητές θα εργαστούν σε ομάδες των δύο ατόμων και καθοδηγούμενοι από φύλλο εργασίας καλούνται να εξερευνήσουν συγκεκριμένα σχήματα και να απαντήσουν συγκεκριμένες ερωτήσεις. Η διερεύνηση

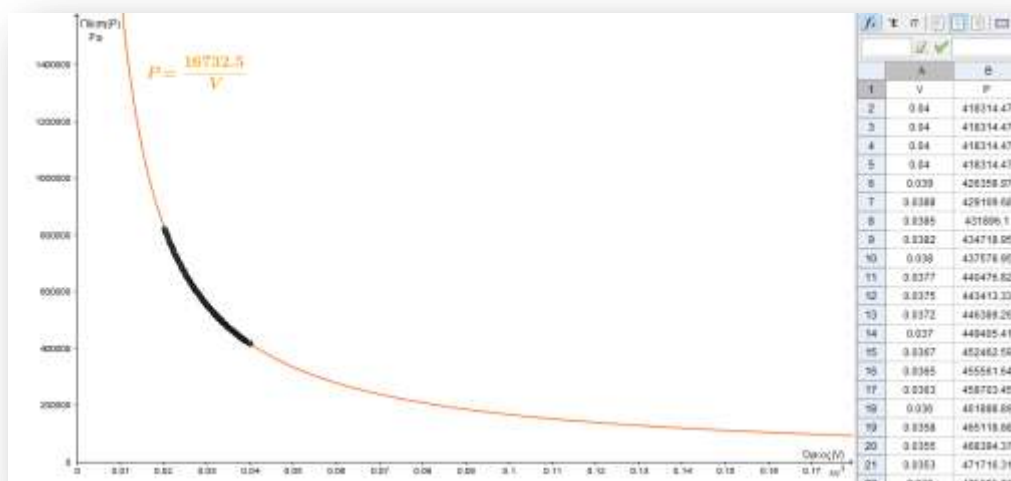
δηλαδή γίνεται συνεργατικά. Με κατάλληλες βέβαια παρεμβάσεις του διδάσκοντα οι δραστηριότητες μπορούν να διεξαχθούν και στην τάξη με χρήση βιντεοπροβολέα χωρίς σημαντική αλλοίωση της αξίας της διδακτικής πρότασης.

Διδάσκοντας τις απαραίτητες μαθηματικές έννοιες

Στην ενότητα αυτή προτείνουμε μια σειρά από δραστηριότητες και περιγράφουμε συνοπτικά μια ενδεικτική πορεία εκτέλεσής τους που θα βοηθήσει τους μαθητές να ανακαλέσουν και να εφαρμόσουν γνωστές τους μαθηματικές έννοιες αλλά και να τις επεκτείνουν. Έτσι με τις δύο πρώτες δραστηριότητες, μέσω του προβλήματος της ισόθερμης μεταβολής, βοηθάμε τους μαθητές να ανακαλέσουν και να εφαρμόσουν τις έννοιες των ανάλογων και αντιστρόφως ανάλογων ποσών και των γραφικών τους παραστάσεων. Στη συνέχεια δίνεται έμφαση στη μέθοδο εξάντλησης του επιπέδου χωρίου και γίνεται εισαγωγή στην έννοια της εκθετικής συνάρτησης και του νεπέριου λογάριθμου καθώς και στις βασικές ιδιότητες των πράξεων μεταξύ των νεπέριων λογάριθμων.

1^η Δραστηριότητα: Εύρεση της σχέσης μεταξύ πίεσης και όγκου στην ισόθερμη μεταβολή

Οι μαθητές ανοίγουν το αρχείο "ΙΣΟΘΕΡΜΗ -1" του *Interactive Physics* (είναι διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο του περιοδικού ως υποστηρικτικό υλικό αυτής της εργασίας) και πατώντας "Εκτέλεση" καταγράφουν την πίεση (p) και τον όγκο (V) μιας ποσότητας αερίου ($n=5$ moles) σε σταθερή θερμοκρασία ($T=400$ K) θέλοντας να διερευνήσουν τη σχέση τους κατά την εξέλιξη του φαινομένου. Προς το σκοπό αυτό ανοίγουν ένα αρχείο *Geogebra*, καταγράφουν τις παραπάνω μετρήσεις (p, V) στο υπολογιστικό φύλλο από όπου έχουν τη δυνατότητα να αποστείλουν τα σημεία στο Παράθυρο "Γραφικά" και να πάρουν την γραφική παράσταση του Σχήματος 1.

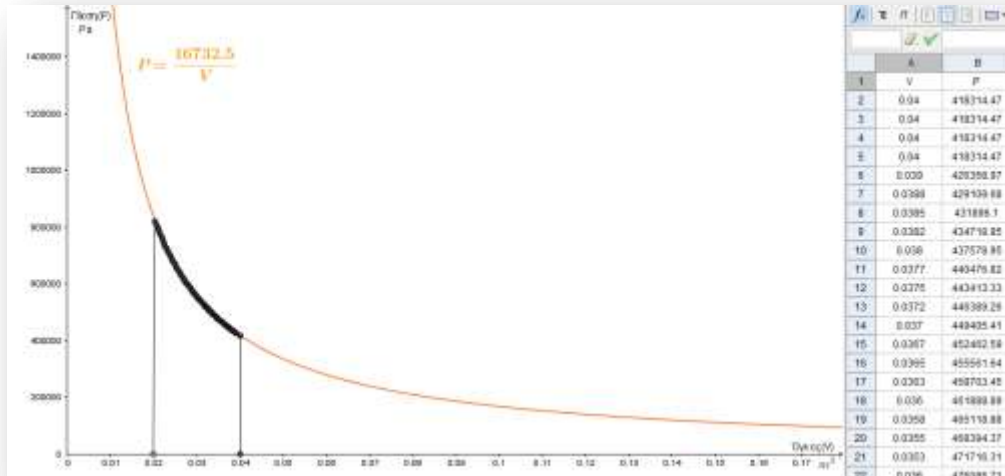


Σχήμα 1. Διάταξη των σημείων (p, V) της ισόθερμης μεταβολής.

Η θέση των σημείων (p,V) υποδεικνύει τη σταθερότητα του γινομένου p·V η οποία επιβεβαιώνεται με τη βοήθεια του υπολογιστικού φύλλου ότι ισούται με 16732,5 Nm. Έτσι βρίσκουν ότι η συνάρτηση που περιγράφει τη συμμεταβολή αυτή είναι η εξής:

$$p = \frac{16732,5}{V}$$

την οποία αυτόματα σχεδιάζουν στο παράθυρο "Γραφικά", όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.

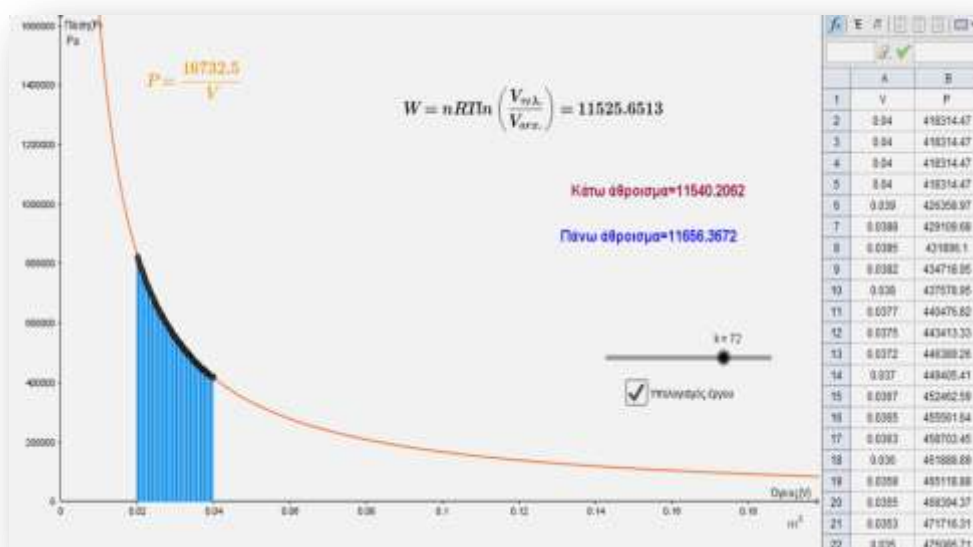


Σχήμα 2. Η συνάρτηση $p=p(V)$ της ισόθερμης μεταβολής.

2η Δραστηριότητα: Υπολογισμός εμβαδού επίπεδου χωρίου

Οι μαθητές θέλοντας να υπολογίσουν το εμβαδό του μεικτόγραμμου χωρίου προτρέπονται να χωρίσουν το διάστημα [0.02, 0.04] σε ισομήκη διαστήματα (αρχικά $k=3$, όπου k ο αριθμός των διαμερίσεων) και να σχεδιάσουν τα ορθογώνια που έχουν μήκος το πλάτος του κάθε υποδιαστήματος και ύψος τη μικρότερη και τη μεγαλύτερη τιμή της συνάρτησης $p=p(V)$ σε καθένα από τα υποδιαστήματα. Εφόσον ονομάσουμε "Κατώτερο άθροισμα L" το άθροισμα των εμβαδών των πρώτων ορθογωνίων και "Ανώτερο άθροισμα U" το άθροισμα των εμβαδών των δεύτερων ορθογωνίων, ζητάμε από τους μαθητές να εικάσουν πότε αυτά τα δύο αθροίσματα θα προσεγγίσουν ικανοποιητικά το ζητούμενο εμβαδό. Προκειμένου να ισχυροποιήσουν την εικασία τους προτρέπονται να ανοίξουν το αρχείο "ΥπολογισμόςW.ggb" (είναι διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο του περιοδικού ως υποστηρικτικό υλικό αυτής της εργασίας) όπου σύροντας το δρομέα k μεταβάλλουν τον αριθμό των διαμερίσεων ενώ σχεδιάζονται και υπολογίζονται αυτόματα το πάνω και κάτω άθροισμα των εμβαδών των ορθογωνίων (Σχήμα 3). Εύκολα αντιλαμβάνονται ότι για μεγάλο αριθμό διαμερίσεων k τα δύο αθροίσματα σταθεροποιούνται γύρω από τον ίδιο αριθμό και δίνουν μια πολύ καλή προσέγγιση για το ζητούμενο εμβαδό. Κάνοντας κλικ στο κουμπί "Υπολογισμός έργου" οι μαθητές θα διαπιστώσουν ότι η κοινή τιμή των παραπάνω αθροισμάτων συμπίπτει με την τιμή του έργου που

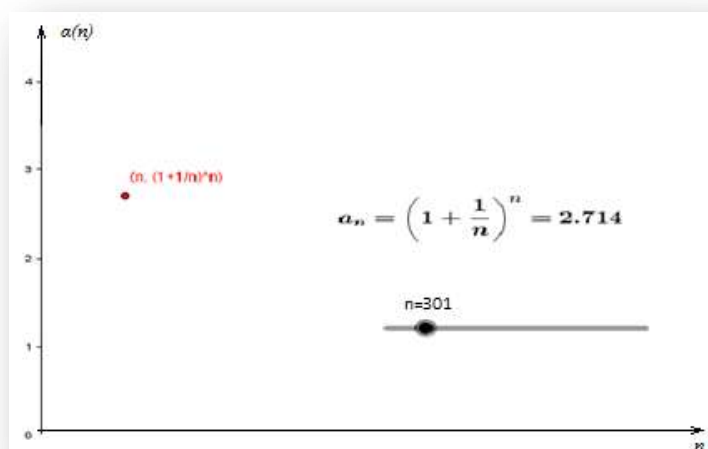
παράγεται κατά την ισόθερμη μεταβολή όπως υπολογίζεται από τον τύπο $W = nRT \ln \frac{V_{τελ}}{V_{αρχ}}$ (που θα μάθουν στη Φυσική).



Σχήμα 3. Υπολογισμός του έργου W στην ισόθερμη μεταβολή.

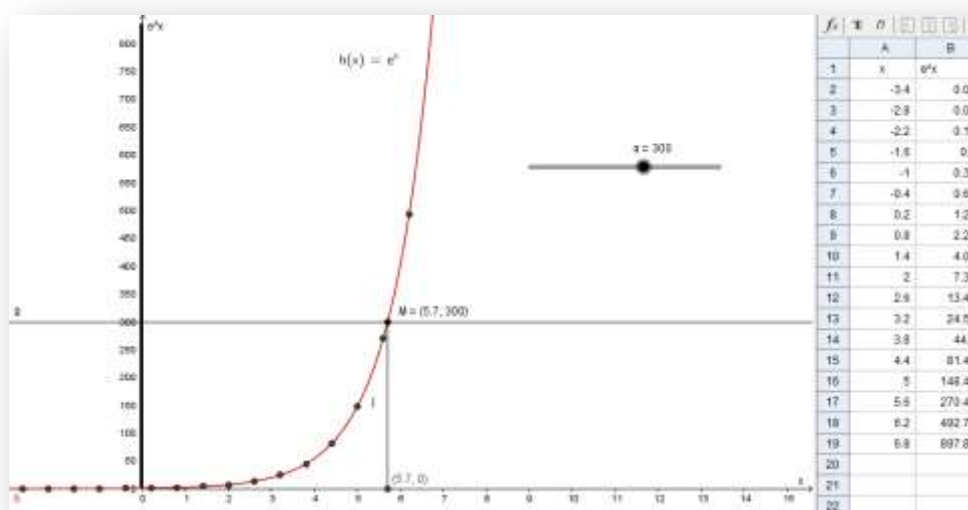
3^η Δραστηριότητα: Εισαγωγή στην έννοια της εκθετικής συνάρτησης και του φυσικού λογάριθμου.

Οι μαθητές προτρέπονται να ανοίξουν το αρχείο "Ο αριθμός e.ggb" (είναι διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο του περιοδικού ως υποστηρικτικό υλικό αυτής της εργασίας) και να παρατηρήσουν τα ίχνη του σημείου με συντεταγμένες $\left(n, \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n\right)$ τα οποία σημειώνονται καθώς κινούν το δρομέα n με τιμές στους θετικούς ακραίους (Σχήμα 4). Η σταθερή τιμή (2.714 με στρογγυλοποίηση σε τρία δεκαδικά ψηφία) της τεταγμένης του για αρκετά μεγάλες τιμές του θετικού ακεραίου n , συμβολίζεται με e και ορίζεται από το διδάσκοντα ότι είναι ο αριθμός Euler.



Σχήμα 4. Ο αριθμός Euler

Στη συνέχεια οι μαθητές ανοίγουν ένα αρχείο του *Geogebra* και καθοδηγούνται από το διδάσκοντα να συμπληρώσουν τις δύο στήλες του λογιστικού φύλλου με τις τιμές του πραγματικού αριθμού x (1η στήλη) και τις τιμές των αντίστοιχων δυνάμεων e^x (2η στήλη). Στη συνέχεια αποστέλλουν το σύνολο των σημείων (x, e^x) στο παράθυρο "Γραφικά" και γράφοντας στο πεδίο εντολών τον τύπο της συνάρτησης $h(x) = e^x$ θα προκύψει μία γραμμή η οποία διέρχεται από όλα τα παραπάνω σημεία του πίνακα τιμών. Προτρέπουμε επίσης τους μαθητές να παρατηρήσουν σχεδιάζοντας σημεία με τετμημένες άρρητους αριθμούς και τεταγμένες τις τιμές τους μέσω της $h(x) = e^x$, ότι είναι σημεία της παραπάνω γραμμής. Ο διδάσκων ορίζει τη συνάρτηση αυτή ως *εκθετική* και από τη γραφική της παράσταση οι μαθητές μπορούν να παρατηρήσουν ότι ορίζεται στο σύνολο των πραγματικών αριθμών και έχει σύνολο τιμών το $(0, +\infty)$ (Σχήμα 5). Στο ίδιο αρχείο οι μαθητές μπορούν να δουν της λύσεις των εξισώσεων $e^x = a$ για κάθε θετικό πραγματικό αριθμό a , οι οποίες προσδιορίζονται από τις τετμημένες του σημείου τομής της γραφικής παράστασης της h και της οριζόντιας ευθείας $y=a$ για τις διάφορες τιμές του $a>0$. Ο διδάσκων ορίζει την τετμημένη του παραπάνω σημείου ως *νεπέριο λογάριθμο* του $a>0$ και συμβολίζει αυτή με $\ln a$ (Σχήμα 5).



Σχήμα 5. Η Εκθετική συνάρτηση - Νεπέριος λογάριθμος.

4^η Δραστηριότητα: Οι βασικές ιδιότητες των πράξεων

Επανερχόμενοι στον ορισμό ότι ο αριθμός $\ln a$ με $a>0$, αποτελεί τη μοναδική λύση της εξίσωσης $e^x = a$, οι μαθητές, με κατάλληλα διατυπωμένα ερωτήματα στο φύλλο εργασίας (είναι διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο του περιοδικού ως υποστηρικτικό υλικό αυτής της εργασίας), θα οδηγηθούν στην απόδειξη των βασικών ιδιοτήτων των πράξεων, όπως:

- $\ln(a_1 \cdot a_2) = \ln a_1 + \ln a_2$ για κάθε $a_1, a_2 > 0$
- $\ln\left(\frac{a_1}{a_2}\right) = \ln a_1 - \ln a_2$ για κάθε $a_1, a_2 > 0$ και
- $\ln a^k = k \cdot \ln a$, για κάθε $a>0$.

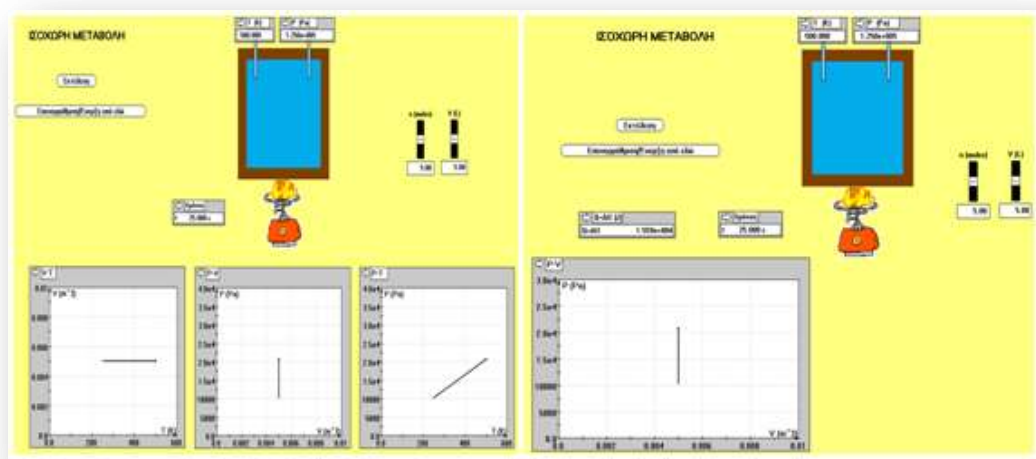
Μελέτη αντιστρεπτών μεταβολών ιδανικού αερίου

Έχοντας εξοικειωθεί με τις απαραίτητες μαθηματικές έννοιες οι μαθητές μπορούν πλέον να εκτελέσουν δραστηριότητες σχετικές με τις αντιστρεπτές μεταβολές ιδανικού αερίου. Οι διδακτικοί στόχοι των δραστηριοτήτων που ακολουθούν είναι οι εξής:

1. Οι μαθητές να εξοικειωθούν στη χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού και να γνωρίσουν τον τρόπο άντλησης δεδομένων από την εικονική προσομοίωση.
2. Εφαρμογή του 1^{ου} Θερμοδυναμικού Νόμου στις αντιστρεπτές μεταβολές ιδανικών αερίων, όπως την ισόχωρη, ισοβαρή, ισόθερμη και αδιαβατική μεταβολή.
3. Εφαρμογή θεωρητικών γνώσεων στις μεταβολές αερίου και εκμετάλλευση των πληροφοριών που απορρέουν από τις γραφικές παραστάσεις.

Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες 2 ατόμων ανά υπολογιστή στην αίθουσα Πληροφορικής. Γίνεται χρήση του λογισμικού *Interactive Physics*, το οποίο πρέπει να είναι εγκατεστημένο στον υπολογιστή. Εναλλακτικά, το μάθημα μπορεί να γίνει στην αίθουσα διδασκαλίας με έναν Η/Υ και βιντεοπροβολέα. Στους μαθητές δίνεται εξ αρχής ένα φύλλο εργασίας (είναι διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο του περιοδικού ως υποστηρικτικό υλικό αυτής της εργασίας) και αμέσως αρχίζει η εργασία στον υπολογιστή. Το μάθημα προτείνεται να γίνει σε 2 διδακτικές ώρες, 1 για τις μεταβολές ισοβαρή και ισόχωρη και 1 για την ισόθερμη και την αδιαβατική με το αντίστοιχο θεωρητικό πλαίσιο για κάθε μία μεταβολή.

1^η Δραστηριότητα: Ισόχωρη μεταβολή



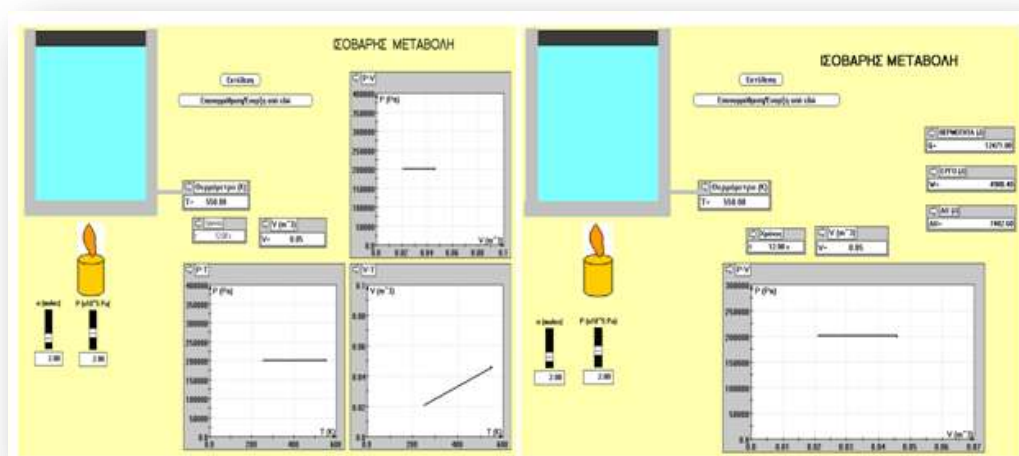
Σχήμα 6. Εικονική προσομοίωση της ισόχωρης μεταβολής

Ανοίγουμε το αρχείο “ΙΣΟΧΩΡΗ -1” (είναι διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο του περιοδικού ως υποστηρικτικό υλικό αυτής της εργασίας). Με τους μετρητές καθορίζουμε τα moles και τον όγκο του

αερίου (εδώ επιλέγουμε $n=5$ moles, $V=5$ L). Πατάμε “Εκτέλεση” και παρακολουθούμε την εξέλιξη της μεταβολής. Ταυτόχρονα παίρνουμε τα διαγράμματα V - T , p - V και p - T (Σχήμα 6, αριστερά). Στο δοχείο έχουμε προσαρτήσει ένα θερμόμετρο και ένα μανόμετρο για να βλέπουμε τη θερμοκρασία και την πίεση του αερίου κάθε χρονική στιγμή. Αν πατήσουμε διπλό κλικ στο βελάκι που υπάρχει στο διάγραμμα V - T , μπορούμε να παρακολουθούμε και την εξέλιξη του όγκου με τη θερμοκρασία του αερίου κάθε χρονική στιγμή.

Ακολουθώντας, ανοίγουμε το αρχείο “ΙΣΟΧΩΡΗ -2” (είναι διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο του περιοδικού ως υποστηρικτικό υλικό αυτής της εργασίας). Καθορίζουμε με τους μετρητές τις ίδιες τιμές για τα moles και τον όγκο του αερίου και πατάμε “Εκτέλεση”. Τώρα παρακολουθούμε την εξέλιξη της μεταβολής και το διάγραμμα p - V (Σχήμα 6, δεξιά). Επίσης, βλέπουμε κάθε χρονική στιγμή την τιμή της θερμότητας που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον του Q , όπως και τη μεταβολή της εσωτερικής του ενέργειας ΔU , που στην προκειμένη περίπτωση είναι ίση με τη θερμότητα, εφόσον $W=0$.

2^η Δραστηριότητα: Ισοβαρής μεταβολή



Σχήμα 7. Εικονική προσομοίωση της ισοβαρούς μεταβολής.

Ανοίγουμε το αρχείο “ΙΣΟΒΑΡΗΣ -1” (είναι διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο του περιοδικού ως υποστηρικτικό υλικό αυτής της εργασίας). Με τους μετρητές καθορίζουμε τα moles και την πίεση του αερίου (εδώ επιλέγουμε $n=2$ moles, $p=2 \cdot 10^5$ Pa). Πατάμε “Εκτέλεση” και παρακολουθούμε την εξέλιξη της μεταβολής. Ταυτόχρονα παίρνουμε τα διαγράμματα V - T , p - V και p - T (Σχήμα 7, αριστερά). Στο δοχείο έχουμε προσαρτήσει ένα θερμόμετρο για να βλέπουμε τη θερμοκρασία του αερίου κάθε χρονική στιγμή. Επίσης, μπορούμε να παρακολουθούμε τον όγκο του αερίου κάθε χρονική στιγμή.

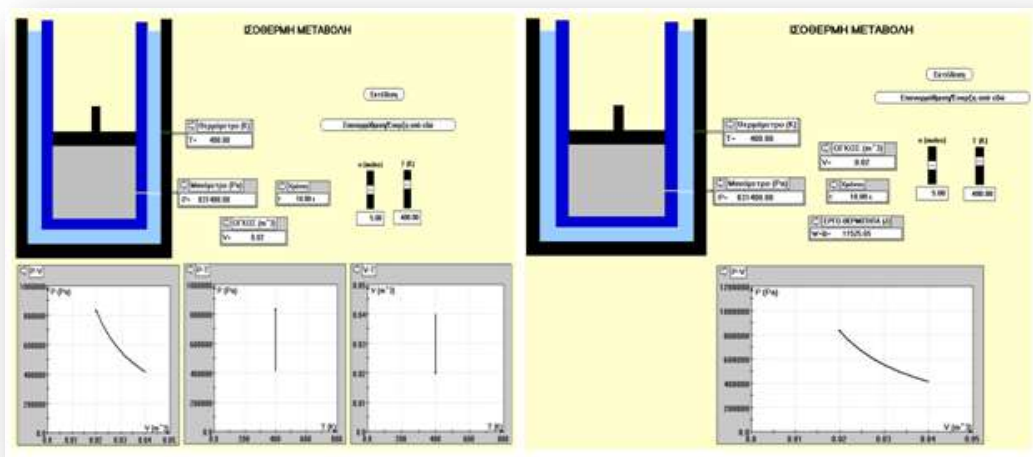
Ακολουθώντας, ανοίγουμε το αρχείο “ΙΣΟΒΑΡΗΣ -2” (είναι διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο του περιοδικού ως υποστηρικτικό υλικό αυτής της εργασίας). Καθορίζουμε με τους μετρητές τις ίδιες

τιμές για τα moles και την πίεση του αερίου και πατάμε “Εκτέλεση”. Τώρα παρακολουθούμε την εξέλιξη της μεταβολής και το διάγραμμα p-V (Σχήμα 7, δεξιά). Επίσης, βλέπουμε κάθε χρονική στιγμή την τιμή της θερμότητας Q , που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον του, την ενέργεια που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον με τη μορφή έργου W , όπως και τη μεταβολή της εσωτερικής του ενέργειας ΔU . Έτσι μπορούν οι μαθητές να επιβεβαιώνουν τον 1^ο Θερμοδυναμικό Νόμο.

3^η Δραστηριότητα: Ισόθερμη μεταβολή

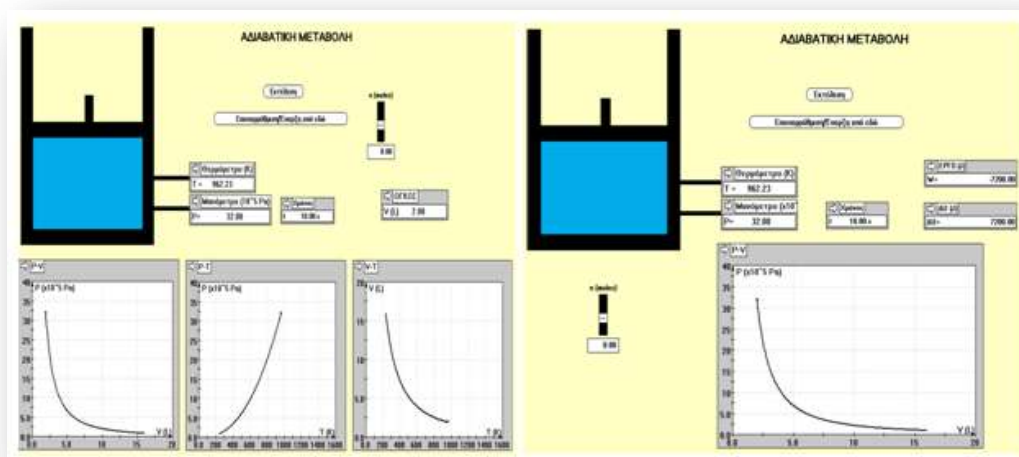
Ανοίγουμε το αρχείο “ΙΣΟΘΕΡΜΗ -1” (είναι διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο του περιοδικού ως υποστηρικτικό υλικό αυτής της εργασίας). Με τους μετρητές καθορίζουμε τα moles και τη θερμοκρασία του αερίου (εδώ επιλέγουμε $n=5$ moles, $T=400$ K). Πατάμε “Εκτέλεση” και παρακολουθούμε την εξέλιξη της μεταβολής. Ταυτόχρονα παίρνουμε τα διαγράμματα p-V, p-T και V-T (Σχήμα 8, αριστερά). Στο δοχείο έχουμε προσαρτήσει ένα θερμόμετρο και ένα μανόμετρο για να βλέπουμε τη θερμοκρασία και την πίεση του αερίου κάθε χρονική στιγμή. Επίσης, μπορούμε να παρακολουθούμε τον όγκο του αερίου κάθε χρονική στιγμή.

Ακολούθως, ανοίγουμε το αρχείο “ΙΣΟΘΕΡΜΗ -2” (είναι διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο του περιοδικού ως υποστηρικτικό υλικό αυτής της εργασίας). Καθορίζουμε με τους μετρητές τις ίδιες τιμές για τα moles και τη θερμοκρασία του αερίου και πατάμε “Εκτέλεση”. Τώρα παρακολουθούμε την εξέλιξη της μεταβολής και το διάγραμμα p-V (Σχήμα 8, δεξιά). Επίσης, βλέπουμε κάθε χρονική στιγμή την τιμή της θερμότητας Q , που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον του, την ενέργεια που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον με τη μορφή έργου W , που στην προκειμένη περίπτωση είναι ίση με τη θερμότητα, εφόσον η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου είναι $\Delta U=0$.



Σχήμα 8. Εικονική προσομοίωση της ισόθερμης μεταβολής.

4^η Δραστηριότητα: Αδιαβατική μεταβολή



Σχήμα 9. Εικονική προσομοίωση της αδιαβατικής μεταβολής.

Ανοίγουμε το αρχείο “ΑΔΙΑΒΑΤΙΚΗ -1” (είναι διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο του περιοδικού ως υποστηρικτικό υλικό αυτής της εργασίας). Με το μετρητή καθορίζουμε τα moles του αερίου (εδώ επιλέγουμε $n=0,8$ moles). Πατάμε “Εκτέλεση” και παρακολουθούμε την εξέλιξη της μεταβολής. Ταυτόχρονα παίρνουμε τα διαγράμματα p - V , p - T και V - T , που αντιστοιχούν στις σχέσεις: $P \cdot V^{5/3} = C_1$, $P^{-2/3} \cdot T^{5/3} = C_2$ και $T \cdot V^{2/3} = C_3$, αντίστοιχα, όπου C_1 , C_2 , C_3 σταθερές (Σχήμα 9, αριστερά). Στο δοχείο έχουμε προσαρτήσει ένα θερμόμετρο και ένα μανόμετρο για να βλέπουμε τη θερμοκρασία και την πίεση του αερίου κάθε χρονική στιγμή. Αν πατήσουμε διπλό κλικ στο βελάκι που υπάρχει στο διάγραμμα V - T , μπορούμε να παρακολουθούμε και τον όγκο του αερίου κάθε χρονική στιγμή.

Ακολουθώντας, ανοίγουμε το αρχείο “ΑΔΙΑΒΑΤΙΚΗ -2” (είναι διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο του περιοδικού ως υποστηρικτικό υλικό αυτής της εργασίας). Καθορίζουμε με το μετρητή την ίδια τιμή για τα moles του αερίου και πατάμε “Εκτέλεση”. Τώρα παρακολουθούμε την εξέλιξη της μεταβολής και το διάγραμμα p - V (Σχήμα 9, δεξιά). Επίσης, βλέπουμε κάθε χρονική στιγμή την τιμή της μεταβολής της εσωτερικής ενέργειας του αερίου ΔU , όπως επίσης και την ενέργεια που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον με τη μορφή έργου W .

Συμπερασματικά

Ο εκπαιδευτικός της σημερινής εποχής θα πρέπει να διαθέτει γνώσεις για τους τρόπους με τους οποίους θα μπορεί να χρησιμοποιεί τις νέες τεχνολογίες για τη βελτίωση της μάθησης αλλά και να κατανοεί τον τρόπο με τον οποίο η τεχνολογία μπορεί να ενσωματωθεί στο πρόγραμμα σπουδών. Σε ένα τέτοιο περιβάλλον μάθησης δεν αρκεί μόνο η επιστημονική ή τεχνική κατάρτιση του εκπαιδευτικού, αλλά και η ικανότητά του να αξιοποιεί τις θεωρίες μάθησης στη διδακτική αλλά και στην ευρύτερη εκπαιδευτική διαδικασία (Disessa, 1983; Hoyles & Noss, 1987).

Με την υλοποίηση της παραπάνω διδακτικής πράξης εφαρμόσαμε σύγχρονες διδακτικές και παιδαγωγικές μεθόδους που συνέβαλαν στην αλλαγή της στάσης μαθητών και εκπαιδευτικών στην καθημερινή σχολική πραγματικότητα.

Ως προς τη μαθηματική επεξεργασία ο υπολογιστής μας βοήθησε στις εικονοποιήσεις των σχημάτων, προσφέροντας οικονομία χρόνου και ακρίβεια. Μας έδωσε τη δυνατότητα να παραστήσουμε, να εξηγήσουμε το πάνω και το κάτω μερικό άθροισμα των εμβαδών των ορθογωνίων και να καταδείξουμε ότι το εμβαδό είναι η κοινή τιμή τους. Η κατασκευή γραφικών παραστάσεων είναι μια δύσκολη και χρονοβόρα διαδικασία, καθώς απαιτεί ακρίβεια τόσο στον υπολογισμό όσο και στο σχεδιασμό των αντίστοιχων τιμών της συνάρτησης. Η χρήση του λογισμικού διευκόλυνε τη διαδικασία αυτή δίνοντας χρόνο στους μαθητές για πειραματισμό, διερεύνηση και εξαγωγή συμπερασμάτων.

Ως προς τη μελέτη των μεταβολών των αερίων οι μαθητές θα έχουν τη δυνατότητα εικονικής αναπαράστασης των τριών μεταβολών η οποία είναι αδύνατη να πραγματοποιηθεί στο πραγματικό εργαστήριο, να χρησιμοποιήσουν τα μαθηματικά εργαλεία για τη μοντελοποίηση των φαινομένων και την εξαγωγή συμπερασμάτων (Wright, 1974). Επιπλέον η διδασκαλία αυτή βοήθησε τους μαθητές να αρχίσουν να συνειδητοποιούν ότι τα μαθηματικά δεν αποτελούν ένα σύνολο διακριτών και ασύνδετων εννοιών, αφού για παράδειγμα η έννοια της συνάρτησης αποτέλεσε το εργαλείο για τη δημιουργία σχέσεων και ότι η μελέτη του φυσικού κόσμου αποτελεί το ιδανικό περιβάλλον για την εφαρμογή των μαθηματικών (Ραβάνης, 2003).

Τέλος, με την πρόταση μας αυτή θέλουμε να επισημάνουμε την αναγκαιότητα διεπιστημονικών συμπράξεων για να κατανοηθεί και να ερμηνευθεί ο κόσμος στην ολότητά του καθώς και την αναγκαιότητα αναδιάρθρωσης του αναλυτικού προγράμματος σπουδών, ιδιαίτερα στην Α' και Β' τάξη του Λυκείου προκειμένου να επιτύχουμε την ενεργητική σύνδεση των μαθηματικών με τις Φυσικές Επιστήμες (Χρυσ αφίδης, 2009).

Καλούμε εκπαιδευτικούς και των δύο ειδικοτήτων να προτείνουν για το πώς και ποιες μαθηματικές έννοιες θα διδάξουμε, ωθώντας τα πράγματα προς νέες διδακτικές κατευθύνσεις προκειμένου να οικοδομήσουμε τις προϋποθέσεις για την αξιοποίηση των γνώσεων και εμπειριών των μαθητών στην αντιμετώπιση προβλημάτων και φαινομένων του φυσικού κόσμου.

Αναφορές

- Disessa, A. (1983). Phenomenology and the Evolution of Intuition. In: Gentner, D. & Stevens, A. (Eds). *Mental Models*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum, pp.15-33.
- Hoyles, C & Noss, R. (1987). Children Working in a Structured Logo Environment: From Doing to Understanding. *Recherché en Didactique de Mathématiques*, 8(12), pp.131-175.
- Redish, E. (2005). *Problem Solving and the Use of Math in Physics Courses*. Presented at the conference World View on Physics Education in 2005. Διαθέσιμο στη διεύθυνση: <http://www.physics.umd.edu/perg/papers/redish/IndiaMath.pdf>

- Wigner, E. P. (1960). The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in Natural Sciences. *Pure and Applied Math.* 13, 1-14.
- Wright P.G. (1974). Against the Teaching of Thermodynamics in School. *Education in Chemistry* 11, 9-10.
- Θεοχάρης, Δ. (2012). Η σχέση αλληλεπίδρασης μεταξύ των Μαθηματικών και της Φυσικής στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Αθήνα. Διαθέσιμο στη διεύθυνση: <http://docplayer.gr/1699597-Diplomatiki-ergasia-i-shesi-allilepidrasis-metaxy-tis-fysikis-kai-ton-mathimatikon-stin-deyterovathmia-ekpaideysi-dionysios-theoharis-a-m.html>.
- Καστάνης, Ν. (2009). *Πραγματικότητα - Φυσικός Νόμος- Συνάρτηση*. Θεσσαλονίκη. Διαθέσιμο στη διεύθυνση: http://users.auth.gr/~nioka/Files/Pragmatikothta_Fusikos_Nomos_Sunarthsh.pdf
- Ραβάνης, Κ. (2003). *Εισαγωγή στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*. Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών. Αθήνα
- Χρυσαφίδης, Κ. (2009). *Η διαθεματική προσέγγιση της γνώσης*. Εκδόσεις Δίπτυχο. Αθήνα



Ο Ιωάννης Σφαέλος είναι φυσικός. Έχει μεταπτυχιακό δίπλωμα στη Θεωρητική Φυσική και διδακτορικό στην Αστροφυσική από το Πανεπιστήμιο της Πάτρας. Εργάζεται ως διευθυντής στο Πειραματικό Λύκειο του Πανεπιστημίου της Πάτρας.



Η Αγγελική Ευσταθίου είναι μαθηματικός. Έχει μεταπτυχιακό δίπλωμα στα Υπολογιστικά Μαθηματικά και είναι υποψήφια διδάκτωρ του Τμήματος Μαθηματικών του Πανεπιστημίου της Πάτρας. Από το 2010 εργάζεται στο Πειραματικό Λύκειο του Πανεπιστημίου της Πάτρας.

Η δομή συναντά τη λειτουργία: η “Μολυβοτρανσφεράση”

Στέφανος Γιαγτζόγλου

Η σχέση αλληλεξάρτησης δομής-λειτουργίας αποτελεί βασικό θέμα της βιολογίας. Μια σημαντική εφαρμογή αυτής της σχέσης αποτελεί το πώς η τρισδιάστατη δομή των πρωτεϊνών συνδέεται με τους ρόλους που διαδραματίζουν σε επίπεδο κυττάρου. Ωστόσο, σε πολλά σχολικά εγχειρίδια εισαγωγικής προσέγγισης παρατηρείται το φαινόμενο να αντιμετωπίζεται το ζήτημα της πρωτεϊνικής δομής επιφανειακά, καθώς τα εγχειρίδια αυτά εστιάζουν στις σχέσεις μεταξύ πρωτοταγούς, δευτεροταγούς, τριτοταγούς, και τεταρτοταγούς δομής, χωρίς να αποσαφηνίζεται ο τρόπος με τον οποίο τα συγκεκριμένα επίπεδα οργάνωσης συμβάλλουν στη λειτουργικότητα του πρωτεϊνικού μορίου. Ως εκ τούτου, με τη συγκεκριμένη πρακτική δραστηριότητα επιχειρείται η ενίσχυση της σύνδεσης μεταξύ της τελικής τρισδιάστατης διαμόρφωσης ενός πρωτεϊνικού μορίου, και της εξειδικευμένης λειτουργίας που αυτό επιτελεί. Με τη διερεύνηση της δομής και της λειτουργίας μιας υποθετικής πρωτεΐνης, οι μαθητές αναπτύσσουν μια εννοιολογική κατανόηση του τρόπου με τον οποίο συνδέονται τα δύο αυτά σημαντικά στοιχεία στην καθημερινή ζωή (π.χ. οι ρόλοι των πρωτεϊνών *ακτίνη* και *μυοσίνη* στην μυϊκή σύσπαση, των *αντλιών πρωτονίων* στις κυτταρικές μετατροπές ενέργειας, ή των *ανοσοσφαιρινών* στην αντιμετώπιση των ξένων εισβολέων στον οργανισμό) (Chowning et al., 2012).

Ένταξη της πρακτικής δραστηριότητας στη διδασκαλία

Η πρακτική δραστηριότητα με τίτλο *“Η Δομή Συναντά την Λειτουργία: η “Μολυβοτρανσφεράση”*, έρχεται ως συνέχεια αυτής με τίτλο *“Μια επίδειξη της πρωτεϊνικής αναδίπλωσης”*, που παρουσιάστηκε εκτενώς σε προηγούμενο άρθρο αυτού του ηλεκτρονικού περιοδικού (White, 2006; Γιαγτζόγλου, 2016). Με την πρώτη πρακτική δραστηριότητα, οι μαθητές σχημάτισαν μια σαφή εικόνα της διεργασίας αναδίπλωσης του πρωτεϊνικού μορίου, και δεν περιορίστηκαν στο τελικό προϊόν που παρουσιάζουν τα διαγράμματα του σχολικού εγχειριδίου και τα λογισμικά μοριακής απεικόνισης. Υλοποιώντας τη δεύτερη πρακτική δραστηριότητα, οι μαθητές επιδιώκεται να ενισχύσουν τη σύνδεση μεταξύ της τελικής τρισδιάστατης διαμόρφωσης ενός πρωτεϊνικού μορίου και της

εξειδικευμένης λειτουργίας που αυτό επιτελεί. Για το σκοπό αυτό, πραγματοποιούν δραστηριότητες κιναισθητικού τύπου ώστε, αφενός να κατανοήσουν τις θεωρητικές έννοιες των αντίστοιχων υποενοτήτων του σχολικού εγχειριδίου (Καψάλης κ.α., 2012) που τους παρουσιάστηκαν με μετωπική διδασκαλία από τον εκπαιδευτικό, αφετέρου να διορθώσουν τις όποιες εσφαλμένες αντιλήψεις είχαν σχηματίσει είτε κατά τη διάρκεια της διάλεξης είτε από προηγούμενη εμπειρία τους στην πορεία της μαθητικής τους διαδρομής.

Κάθε ομάδα μαθητών λαμβάνει ένα φύλλο δραστηριοτήτων (ΦΔ) (https://www.dropbox.com/s/7xzuxfjm3buvn19/Pencil_%CE%A4ransferase_odigos_ws.pdf?dl=0)

που περιλαμβάνει: (α) αναλυτικές οδηγίες που αφορούν στο κατασκευαστικό μέρος της εργαστηριακής άσκησης, (β) ερωτήσεις σύντομης ανάπτυξης, και (γ) άσκηση ανακεφαλαίωσης. Το ΦΔ έχει δομηθεί με βάση τη θεωρία της καθοδηγούμενης ανακάλυψης (Hughes & Ellefson, 2013) σε ένα ενεργό, συμμετοχικό και συνεργατικό περιβάλλον μάθησης (Fernández-Santander, 2008). Οι γραπτές οδηγίες, σε συνδυασμό με την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού, αρκούν, ώστε να πραγματοποιήσουν οι μαθητές τη δραστηριότητα επιτυχώς.

Τα σύρματα πίπας (pipe cleaners) στη μοντελοποίηση της πρωτεϊνικής δομής

Σύμφωνα με τον Hestenes (1995), τα μοντέλα και οι σχετικές με αυτά διαδικασίες έχουν, μεταξύ άλλων, τη δυνατότητα να βοηθήσουν τους μαθητές στην κατανόηση του φυσικού κόσμου μέσα από την περιγραφή, την ερμηνεία ή την πρόβλεψη των φυσικών φαινομένων. Τα *σύρματα πίπας* (pipe cleaners) χρησιμοποιούνται συχνά στη διδακτική πράξη για την παρουσίαση της δομής των πρωτεϊνών (Nelson & Goetze, 2004). Πρόκειται για ένα υλικό που διατίθεται σε καταστήματα παιχνιδιών ή βιβλιοχαρτοπωλεία σε συσκευασίες πολλών τεμαχίων ενός ή διαφορετικών χρωμάτων, και σε ιδιαίτερα χαμηλό κόστος (π.χ. <http://www.tetragonobookstores.gr/category/scholika/zografiki-chirotechnia/ilika-chirotechnias/sirma-pipas/>).

Γενική περιγραφή της δραστηριότητας

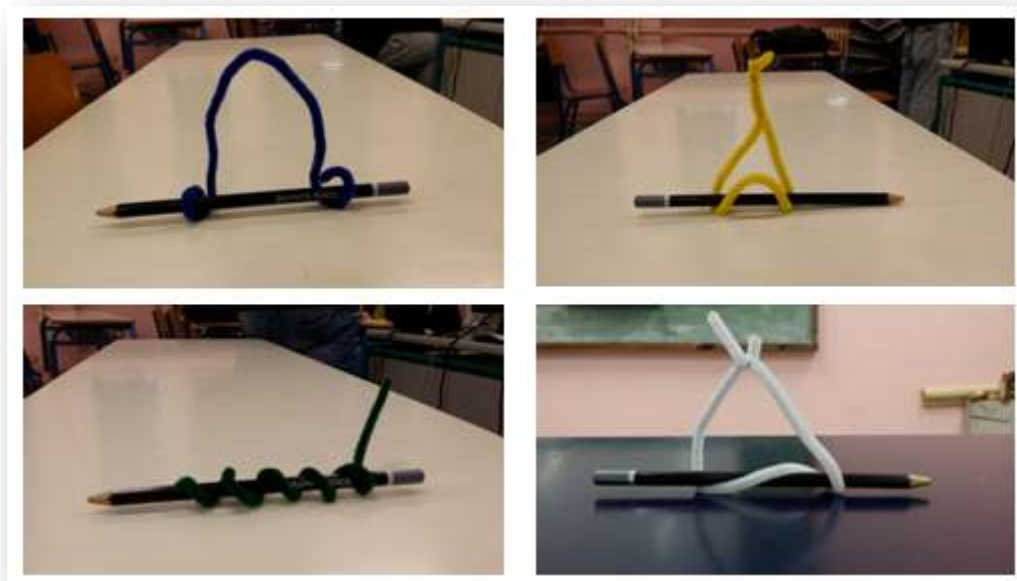
Η δραστηριότητα αυτή έρχεται να προσθέσει τη σημαντική διάσταση της συσχέτισης της δομής με τη λειτουργία της πρωτεΐνης, και παρουσιάζει προαιρετικές επεκτάσεις που αφορούν στη διερεύνηση των δυναμικών επιπτώσεων των μεταλλάξεων επί της δομής, άρα και της λειτουργίας, του πρωτεϊνικού μορίου. Οι μαθητές καλούνται να επιλύσουν το εξής πρόβλημα: χρησιμοποιώντας ένα σύρμα πίπας, πρέπει να μεταφέρουν ένα μολύβι από το θρανίο πάνω στο οποίο βρίσκεται, σε ένα άλλο. Στην προσπάθειά τους αυτή, επιτρέπεται η κάμψη του σύρματος, όπως άλλωστε επιβάλλεται να κάνουν, αλλά δεν μπορούν να αγγίξουν το μολύβι με τα χέρια τους κατά την μεταφορά του μεταξύ των θρανίων. Μετά την επιτυχή μεταφορά του μολυβιού, οι μαθητές θα πρέπει να διατηρήσουν το συγκεκριμένο σχήμα του σύρματος, που τους επέτρεψε να την υλοποιήσουν. Τέλος, οι μαθητές

παρουσιάζουν τις δημιουργίες τους, ώστε να είναι δυνατές οι συγκρίσεις όλων των κατασκευών από την ολομέλεια της τάξης (Chowning et al., 2012).

Αποτελέσματα

Η συγκεκριμένη εργαστηριακή δραστηριότητα διήρκεσε μία διδακτική ώρα και πραγματοποιήθηκε από τέσσερις ομάδες των τεσσάρων μαθητών. Οι ομάδες αξιολογήθηκαν ως προς: (α) την ορθότητα της κατασκευής της ζητούμενης πρωτεϊνικής δομής (60% συμμετοχή στην τελική βαθμολογία), (β) την ορθότητα και την πληρότητα των απαντήσεων στις ερωτήσεις σύντομης ανάπτυξης του ΦΔ (30% συμμετοχή στην τελική βαθμολογία), και (γ) την ορθότητα του προσδιορισμού της πρωτεϊνικής δομής σε συγκεκριμένα παραδείγματα διδακτικών αναλόγων (10% συμμετοχή στην τελική βαθμολογία).

Οι Ερωτήσεις 1,8 – 11 του ΦΔ αφορούσαν στην κατασκευή των πρωτεϊνικών δομών. Ως προς το μέρος αυτό της εργαστηριακής δραστηριότητας, όλες οι ομάδες απέδωσαν ικανοποιητικά. Ακολουθώντας τις γραπτές οδηγίες που τους δόθηκαν, χρησιμοποίησαν σύρματα πίπας για να προσομοιώσουν την μορφή, άρα και λειτουργία ενός υποθετικού ενζύμου, της *μολυβοτρανσφεράσης*, μέσα από δύο διαφορετικές κατασκευές που, στη συνέχεια, απέδωσαν σχηματικά στα αντίστοιχα πεδία της Ερώτησης 1 του ΦΔ (Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Παραδείγματα μοντέλων της μολυβοτρανσφεράσης που κατασκεύασαν διαφορετικές ομάδες.

Στις Ερωτήσεις 8, 9 όλες οι ομάδες προσομοίωσαν τις βασικές δευτεροταγείς δομές (α -έλικα, β -πτυχωτή επιφάνεια), χρησιμοποιώντας κατάλληλα τα επιπλέον σύρματα πίπας που τους δόθηκαν. Συνδυάζοντας τις δευτεροταγείς δομές της α -έλικας και β -πτυχωτής επιφάνειας, όλες οι ομάδες κατόρθωσαν να προσομοιώσουν την *τριτοταγή δομή*, κάνοντας χρήση ενός ξεχωριστού πέμπτου σύρματος πίπας (Ερώτηση 10). Οι ομάδες ζήτησαν επιπλέον σύρματα προκειμένου να

προσομοιώνουν την τεταρτοταγή δομή, που αποτελούσε ζητούμενο της Ερώτησης 11 του ΦΔ (Σχήμα 2).



Σχήμα 2. Παραδείγματα μοντέλων της τεταρτοταγούς δομής που κατασκεύασαν διαφορετικές ομάδες.

Η εξέταση των απαντήσεων των ομάδων στις Ερωτήσεις 2 – 7 του ΦΔ οδήγησε σε ορισμένα ενδιαφέροντα ευρήματα. Στην Ερώτηση 2, όλες οι ομάδες επισήμαναν τη σχετική ομοιότητα των κατασκευών τους, την οποία συσχέτισαν με το λειτουργικό τους ρόλο που αφορούσε στη μεταφορά του μολυβιού από το ένα θρανίο στο άλλο (Ερώτηση 3). Πράγματι, παρατηρήθηκαν παρόμοιες κατασκευές, με μονή, διπλή ή πολλαπλή θηλιά στη μέση, και από μια λαβή σε κάθε άκρο (Σχήμα 1). Επιπλέον, μια ομάδα εξήρε τη σταθερότητα της εν λόγω δομής στην αποτελεσματική επιτέλεση του έργου για το οποίο προοριζόταν, ενώ μια άλλη ομάδα έγραψε χαρακτηριστικά: *“because that’s how it works”*. Είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι όλες οι ομάδες θεώρησαν ότι οι προσομοιώσεις του ενζύμου που κατασκεύασαν ανήκουν στη δευτεροταγή ή τριτοταγή δομή, ανάλογα με το αν η κατασκευή τους φέρει κάποια από τις γνωστές βασικές δευτεροταγείς δομές (α -έλικα, β -πτυχωτή επιφάνεια) ή κάποιο συνδυασμό τους ή, τέλος, κάποιο σχήμα που διαφοροποιείται σε σχέση με τα όσα γνώριζαν για τη δευτεροταγή δομή σύμφωνα με το σχολικό εγχειρίδιο (Ερώτηση 4). Στην Ερώτηση 5, οι ομάδες καλούνταν να προσδιορίσουν την περιοχή ή τις περιοχές εκείνες του ενζύμου, που θεωρούσαν σημαντικές για τη λειτουργία της προσομοίωσης του ενζύμου τους. Όλες οι ομάδες ανέφεραν τις *πρότυπες περιοχές (domains)*, χρησιμοποιώντας όρους, όπως: *θηλιά, λαβές, γατζάκια*, ή εκφράσεις, όπως: *σημεία αλληλεπίδρασης του μολυβιού με το σύρμα, περιοχές του σύρματος που περικλείουν το μολύβι, σημεία της κατασκευής όπου μπαίνει το μολύβι* κ.ά. Μάλιστα, συσχέτισαν τις παραπάνω περιοχές της κατασκευής τους με το ενεργό κέντρο του ενζύμου, υποστηρίζοντας ότι αυτό συνιστά τη λειτουργική περιοχή του πρωτεϊνικού μορίου. Κατονόμασαν παράγοντες, όπως: *μεταλλάξεις, ακραίες τιμές pH ή θερμοκρασίας, αναστολείς*, ως τρόπους με τους οποίους η λειτουργική περιοχή ενός ενζύμου θα μπορούσε να καταστεί μη-λειτουργική (Ερώτηση 6). Συσχέτισαν την απλότητα της κατασκευής τους με την ελάχιστη ενέργεια διατήρησης της εν λόγω δομής, άρα με την αυξημένη πιθανότητα εμφάνισής της στη φύση (Ερώτηση 7).

Η Ερώτηση 12 λειτούργησε ανακεφαλαιωτικά, καλώντας τους μαθητές να προσδιορίσουν τα επίπεδα οργάνωσης των πρωτεϊνικών μορίων που προσομοιώνονται από συγκεκριμένα διδακτικά ανάλογα που τους δίνονται ως παραδείγματα (π.χ. παράδειγμα: αμορτισέρ αυτοκινήτου / δομή: α-έλικα, δευτεροταγής). Και σε αυτήν την περίπτωση η πλειοψηφία των ομάδων ανταποκρίθηκε ικανοποιητικά, αναγνωρίζοντας τα επίπεδα οργάνωσης των πρωτεϊνών. Μια ομάδα δυσκολεύτηκε να το κάνει αυτό στο παράδειγμα που αφορούσε στους σχηματισμούς κορδέλας κατά την εκτέλεση κινήσεων από αθλήτρια της ενόργανης γυμναστικής, ενώ όλες οι άλλες θεώρησαν ότι επρόκειτο για περίπτωση προσομοίωσης της τριτοταγούς δομής.

Συμπεράσματα

Η συγκεκριμένη πρακτική δραστηριότητα, έρχεται ως συνέχεια αυτής με τίτλο *“Μια επίδειξη της πρωτεϊνικής αναδίπλωσης”*, που παρουσιάστηκε εκτενώς σε προηγούμενο άρθρο αυτού του ηλεκτρονικού περιοδικού (White, 2006; Γιαγτζόγλου, 2016). Ο White (2006), καθηγητής στο Πανεπιστήμιο της Μασαχουσέτης και δημιουργός της δραστηριότητας, ζήτησε από ένα ακροατήριο 200 και πλέον φοιτητών να χρησιμοποιήσουν ένα κομμάτι σύρματος για την προσομοίωση μιας μικρής πολυπεπτιδικής αλυσίδας, επιδιώκοντας να παρουσιάσει τις βασικές αρχές που αφορούν στην αναδίπλωση των πρωτεϊνών. Με τον τρόπο αυτό, η δεύτερη πρακτική δραστηριότητα έρχεται να ενισχύσει την σύνδεση μεταξύ της τελικής τρισδιάστατης διαμόρφωσης ενός πρωτεϊνικού μορίου και της εξειδικευμένης λειτουργίας που αυτό επιτελεί.

Σε γενικές γραμμές, τα παραπάνω αποτελέσματα φαίνεται να συμφωνούν με τα βιβλιογραφικά δεδομένα. Οι Chowning et al. (2012) χρησιμοποίησαν τη δραστηριότητα αυτή ως εισαγωγική προσέγγιση για την παρουσίαση κάποιου λογισμικού μοριακής οπτικοποίησης, που συνιστά χρήσιμο εργαλείο της βιοπληροφορικής στη μελέτη και βαθύτερη κατανόηση της τρισδιάστατης δομής των πρωτεϊνών. Το μοντέλο φάνηκε να ενισχύει την άποψη των μαθητών πως το σχήμα της πρωτεΐνης είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την κυτταρική της λειτουργία. Ρωτώντας τους μαθητές: *«Γιατί πιστεύετε ότι αρκετές από τις κατασκευές που φτιάξατε έχουν παρόμοια σχήματα;»*, οι μαθητές αναγνώρισαν ότι το σχήμα της πρωτεΐνης ανταποκρίνεται στην λειτουργία που αυτή επιτελεί (Σχήμα 3).

Τα παραπάνω αποτελέσματα, αν και προερχόμενα από ένα μικρό δείγμα μαθητών, δείχνουν ότι πρόκειται για μια σχετικά επιτυχημένη δραστηριότητα. Στην πλειοψηφία τους, οι μαθητές κατασκεύασαν μια πρωτεΐνη, τη *μολυβοτρανσφεράση* – ένα ένζυμο, του οποίου η λειτουργία είναι να μεταφέρει ένα μολύβι. Η ποικιλία των λύσεων στο συγκεκριμένο πρόβλημα αποκάλυψε κάποιες σταθερές λειτουργικές περιοχές. Για παράδειγμα, οι μαθητές παρατήρησαν ότι κάθε πρωτεΐνη διαθέτει μια “περιοχή πρόσδεσης” (συνήθως μία ή περισσότερες θηλιές) του μολυβιού. Η παρατήρηση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εισαχθεί η έννοια της “πρότυπης περιοχής” (domain): οι πρότυπες περιοχές μιας πρωτεΐνης αναγνωρίζονται από τις ιδιότητες αναδίπλωσής τους, τη συμπαγή

δομή, την εξελικτική προέλευση, και/ή την λειτουργία τους (Karlson et al., 1998; Μαρμάρας, 2005). Στη δραστηριότητα αυτή, έμφαση δόθηκε στο λειτουργικό ορισμό της πρότυπης περιοχής. Επομένως, η περιοχή της θηλιάς μπορεί να αναφέρεται ως “περιοχή πρόσδεσης του μολυβιού” (pencil binding domain), ενώ η περιοχή(-ές) του σύρματος πίπας που κρατάει με τα χέρια του ο μαθητής (με την οποία(-ες) η πρωτεΐνη «συνδέεται» στα χέρια του μαθητή) μπορεί να αναφέρεται ως “περιοχή(-ές) λαβής” (handle domain(s)). Οι μαθητές προσδιόρισαν το πλήθος των πρωτεϊνών που παρουσιάζουν καμία, μία, δύο ή περισσότερες περιοχές πρόσδεσης του μολυβιού ή περιοχές λαβής, που παρατηρήθηκαν σε όλες τις πρωτεΐνες που κατασκεύασαν (Chowning et al., 2012).

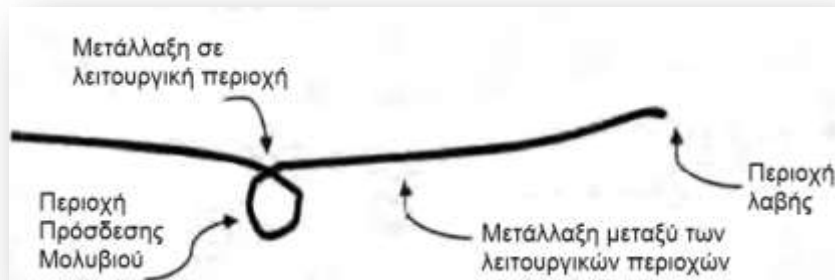


Σχήμα 3. Παραδείγματα μοντέλων του ενζύμου μολυβοτρανσφεράση (Chowning et al, 2012).

Οι Chowning et al. (2012) υποστηρίζουν ότι το παραπάνω μοντέλο προσφέρει στον εκπαιδευτικό πολλές ευκαιρίες για να συζητήσει με τους μαθητές συγκεκριμένες πτυχές της πρωτεϊνικής δομής, όπως είναι ο τρόπος με τον οποίο η αλληλεπίδραση απομακρυσμένων τμημάτων της γραμμικής αμινοξικής αλληλουχίας, ή αλλιώς της *πρωτοταγούς δομής* (που αντιπροσωπεύεται από το ισιωμένο σύρμα πίπας) οδηγεί στο σχηματισμό λειτουργικών περιοχών της πρωτεΐνης. Μερικοί μαθητές θα μπορούσαν να δημιουργήσουν περιοχές πρόσδεσης του μολυβιού με πολλές θηλιές – κάτι που θα μπορούσε να θεωρηθεί ως ανάλογο της *δευτεροταγούς δομής* της *α-έλικας* (Σχήμα 1, κάτω αριστερά). Η συνολική κατασκευή (συμπεριλαμβανομένων τόσο των περιοχών πρόσδεσης του μολυβιού όσο και των περιοχών λαβής) μπορεί να θεωρηθεί ως ανάλογο της *τριτοταγούς δομής* (Σχήμα 1, πάνω δεξιά). Προκειμένου να μοντελοποιήσουμε την *τεταρτοταγή δομή*, μπορούμε να ενώσουμε πολλές μολυβοτρανσφεράσες για να δείξουμε τον τύπο της πρωτεΐνης, που αποτελείται από πολλές πολυπεπτιδικές αλυσίδες, της οποίας η λειτουργία είναι να προσδένει και να μεταφέρει πολλά μολύβια (Σχήμα 2).

Επιπλέον, το μοντέλο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ερμηνεύσει τη διαφορική επίδραση των μεταλλάξεων σε περιοχές της πρωτεΐνης, που είναι καθοριστικής σημασίας για τη λειτουργία της

(περιοχές πρόσδεσης) έναντι άλλων περιοχών. Για παράδειγμα, μια μετάλλαξη υποκατάστασης (στην οποία ένα αμινοξύ αντικαθίσταται από ένα άλλο) μπορεί να μην έχει βλαπτική επίδραση, εάν δεν επιφέρει αλλαγές στην αμινοξική αλληλουχία, εάν αντικαθιστά ένα αμινοξύ με κάποιο άλλο που έχει παρόμοιες με το προηγούμενο χημικές ιδιότητες, ή εάν συμβαίνει μεταξύ των λειτουργικών περιοχών του πρωτεϊνικού μορίου (Chowning et al., 2012) (Σχήμα 4).



Σχήμα 4. Το μοντέλο της μολυβοτρανσφεράσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δείξει τις επιπτώσεις των μεταλλάξεων στην πρωτεϊνική δομή (Chowning et al., 2012).

Ωστόσο, μια μετάλλαξη υποκατάστασης σε ένα σημείο καθοριστικής σημασίας στη λειτουργική περιοχή, όπως εκεί όπου τα αμινοξέα συνδέονται για να σχηματίσουν τη θηλιά πρόσδεσης, μπορεί να καταστρέψει την τρισδιάστατη δομή της πρωτεΐνης, με αποτέλεσμα την απώλεια της λειτουργικότητάς της. Μια μετάλλαξη προσθήκης ή έλλειψης θα μπορούσε να έχει εξίσου δραματικές επιπτώσεις, ακόμη και αν συνέβαινε σε ένα σημείο που βρίσκεται μακριά από τη λειτουργική περιοχή, ιδιαίτερα εάν η προσθήκη ή η έλλειψη οδηγεί σε αλλαγή του πλαισίου ανάγνωσης του γονιδίου κατά τη μετάφραση, εξέλιξη που μπορεί επίσης να καταστρέψει την δομή του πρωτεϊνικού μορίου (Chowning et al., 2012).

Τόσο η πρώτη (White, 2006; Γιαγτζόγλου, 2016) όσο και η δεύτερη πρακτική δραστηριότητα (Chowning et al., 2012) παρουσιάζουν ως βασικό πλεονέκτημα το γεγονός ότι μπορούν εύκολα να πραγματοποιηθούν από όλους τους σπουδαστές ενός μεγάλου ακροατηρίου, πολλώ δε μάλλον από το πεπερασμένο πλήθος των μαθητών μιας τάξης. Με τον τρόπο αυτό, οι τελευταίοι είναι σε θέση να σχηματίσουν μια σαφή εικόνα της διεργασίας αναδίπλωσης του πρωτεϊνικού μορίου, και δεν στηρίζονται στο τελικό προϊόν που παρουσιάζουν τα διαγράμματα του σχολικού εγχειριδίου και τα λογισμικά μοριακής οπτικοποίησης. Επιπλέον, και οι δύο δραστηριότητες αποτελούν σημείο αναφοράς για μετέπειτα διαλέξεις. Στο εξής, ο εκπαιδευτικός μπορεί να επικαλείται τα μοντέλα της πρωτεϊνικής δομής με τη βοήθεια του σύρματος πίπας, κάθε φορά που προτίθεται να μιλήσει για ζητήματα που αφορούν στα επίπεδα οργάνωσης των πρωτεϊνικών μορίων.

Ωστόσο, λόγω του μικρού δείγματος που χρησιμοποιήθηκε, είναι σημαντικό να υλοποιηθεί η δραστηριότητα σε μεγαλύτερο δείγμα μαθητών, προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα που

αφορούν στην ακριβή αποτίμηση του παιδαγωγικού-διδακτικού οφέλους της δραστηριότητας στην επίτευξη των μαθησιακών στόχων σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, στόχους τους οποίους οι Chowning et al. (2012) αξιώνουν ότι η δραστηριότητα αυτή πραγματώνει.

Ολοκληρώνοντας, τόσο ο εκπαιδευτικός όσο και ο μαθητής πρέπει να έχουν διαρκώς κατά νου αφενός ότι η συγκεκριμένη δραστηριότητα σχεδιάστηκε προκειμένου να απεικονίσει προσεγγιστικά τα επίπεδα οργάνωσης των πρωτεϊνών, αποτελώντας σημείο αναφοράς για περαιτέρω επεξεργασία, αφετέρου ότι, σε καμία περίπτωση δεν αποτελεί ολοκληρωμένη παρουσίαση της πρωτεϊνικής δομής. Με τα προηγούμενα υπόψη, η εν λόγω δραστηριότητα μπορεί να λειτουργήσει ως αποτελεσματικό εργαλείο για την εισαγωγή στην πρωτεϊνική αναδίπλωση και τη σχέση δομής-λειτουργίας στα πρωτεϊνικά μόρια.

Αναφορές

- Chowning, J., Kovarik, D., & Griswold, J. (2012). Modeling Protein Structure & Function: Pencil Transferase. *The American Biology Teacher*, 74 (8), 581-582.
- Fernández-Santander, A. (2008). Cooperative learning combined with short periods of lecturing: A good alternative in teaching biochemistry. *Biochem Mol Biol Educ*, 36 (1), 34-8.
- Hestenes, D. (1995). Modelling software for learning and doing physics. In C. Bernardini, *Thinking physics for teaching*. New York: Plenum Press.
- Hughes, P., & Ellefson, M. (2013). Inquiry-based training improves teaching effectiveness of biology teaching assistants. *PLoS ONE*, 8 (10), p. e78540.
- Karlson, P., Doenecke, D., & Koolman, J. (1998). Αμινοξέα-Πεπτίδια-Πρωτεΐνες. Στο *Βιοχημεία* (14η ed., 23-58). Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Λίτσας.
- Nelson, A., & Goetze, J. (2004). Modeling protein folding and applying it to a relevant activity. *Am Biol Teach*, 66, 287-289.
- White, B. (2006). A simple and effective protein folding activity suitable for large lectures. *CBE Life Sci Educ*, 5 (3), 264-9.
- Γιαγτζόγλου, Σ. (2016). Μια επίδειξη της αναδίπλωσης των πρωτεϊνών. *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες*, 11, 65-73 <http://physcool.web.auth.gr/>
- Καψάλης, Α., Μπουρμπουχάκης, Ι., Περάκη, Β., & Σαλαμαστράκης, Σ. (2012). *Βιολογία Β' τάξης Γενικού Λυκείου Γενικής Παιδείας*. Αθήνα: ΙΤΥΕ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ».
- Μαρμάρας, Β. (2005). *Πρωτεΐνες*. Πάτρα: Εκδόσεις ΕΑΠ.



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

Η μεσογειακή διατροφή και τα οφέλη της: μία διδακτική δράση για τη Βιολογία της Α΄ Γυμνασίου

Μαρία Χατζηγεωργίου

Η σωστή διατροφή αποτελεί μείζονος σημασίας παράγοντα τόσο για την ανάπτυξη του ανθρώπινου οργανισμού από την παιδική του ηλικία όσο και για την ελαχιστοποίηση των παραγόντων εκείνων που κατά τη διάρκεια της ζωής του εμφανίζονται και που θεωρούνται υπεύθυνοι για την εκδήλωση πολλών παθήσεων. Οι τάσεις νοσηρότητας που εμφανίζουν οι Έλληνες στην ενήλικη ζωή τους οφείλονται κυρίως στις διατροφικές συνήθειες δυτικού τύπου τις οποίες αποκτούν καθώς απομακρύνονται από την παραδοσιακή μεσογειακή διατροφή (Λάγιου & Τριχοπούλου, 2000). Πρέπει να τονιστεί ότι η *Μελέτη των Επτά Χωρών* ήταν η πρώτη μεγάλη μελέτη που κατέδειξε τον ευεργετικό ρόλο της μεσογειακής δίαιτας ενάντια στα καρδιαγγειακά νοσήματα. Εκτός από τη συγκεκριμένη μελέτη, υπάρχουν δεδομένα κι άλλων ερευνών που υποστηρίζουν την ευεργετική δράση των χαρακτηριστικών της μεσογειακής δίαιτας αναφορικά με τη μακροβιότητα και τη διατήρηση της υγείας (Μανιός, 2006).

Τα παραπάνω επιστημονικά ευρήματα και το γεγονός ότι η διδασκαλία της Βιολογίας με την εισαγωγή Νέων Τεχνολογιών (ΤΠΕ) και στοιχείων διαθεματικότητας συντελεί στην ανάπτυξη της κριτικής ικανότητας των μαθητών και αναπτύσσει τις κοινωνικές τους δεξιότητες, καθώς η διαδικασία της μάθησης συνδέεται με καταστάσεις και προβλήματα της καθημερινής ζωής των εφήβων (Veselinovska et al., 2011; Αργυράκης κ.ά., 2014; Κοτρέτσου, 2014), θέτουν διδακτικές προκλήσεις.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια εκπαιδευτική δράση που επιχειρεί, μέσα από ένα φύλλο εργασίας, μια έρευνα πεδίου και μια καλλιτεχνική αναπαράσταση της διατροφικής πυραμίδας, τη διερευνητική διδακτική προσέγγιση της διδασκαλίας της μεσογειακής διατροφής και των ευεργετικών της επιδράσεων στην υγεία του ανθρώπου, σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών της Βιολογίας Α΄ Γυμνασίου. Συγκεκριμένα, η προτεινόμενη διδακτική προσέγγιση εντάσσεται στην Ενότητα 2 «*Πρόσληψη ουσιών και πέψη*» και συγκεκριμένα στην υποενότητα 2.4 «*Η πρόσληψη ουσιών και η πέψη στον άνθρωπο- Διατροφή και υγεία*».

Οι προτεινόμενες δραστηριότητες έχουν ως στόχους (Α. Γνωστικούς, Β. Δεξιότητων, Γ. Στάσεων) οι μαθητές:

A1. Να αντιληφθούν τις διαφορετικές διατροφικές συνήθειες του σύγχρονου ανθρώπου, A2. Να αναγνωρίζουν τη σημασία της ισορροπημένης διατροφής για την καλή φυσική κατάσταση του ανθρώπινου οργανισμού, A3. Να διαπιστώνουν ότι τα αίτια πολλών παθήσεων οφείλονται στις λανθασμένες διατροφικές συνήθειες, A4. Να μάθουν για τη μεσογειακή διατροφή, A5. Να διακρίνουν τα οφέλη της μεσογειακής δίαιτας, A6. Να περιγράφουν τις ομάδες τροφίμων και τη συχνότητα κατανάλωσή τους που περιέχονται στην πυραμίδα μεσογειακής διατροφής, A7. Να γνωρίζουν τις κύριες αιτίες των καρδιαγγειακών νοσημάτων και των καρκίνων του πεπτικού συστήματος.

B1. Να αποκτήσουν κριτική σκέψη για τις επιλογές τους σε θέματα διατροφής, B2. Να αποκτήσουν κριτική σκέψη και θετική στάση στην ερμηνεία βιολογικών φαινομένων. B3. Να κατανοήσουν τη χρησιμότητα επιλογής τυχαίου δείγματος στην έρευνα πεδίου B4. Να διερευνήσουν το βαθμό συμμόρφωσης του σύγχρονου ενήλικα που ζει στην πρωτεύουσα με το πρότυπο της μεσογειακής διατροφής, B5. Να προσδιορίσουν την τάση που παρουσιάζει ο σημερινός ενήλικας στις διατροφικές του συνήθειες. B6. Να εργάζονται ομαδοσυνεργατικά σεβόμενοι την προσωπικότητα των συμμαθητών τους.

Γ1. Να τηρούν κανόνες ασφάλειας στο εργαστήριο των Φυσικών Επιστημών ή της Πληροφορικής.

Περιγραφή της διδακτικής δράσης

Βασικός διδακτικός σκοπός είναι οι μαθητές να μάθουν *τι είναι* η μεσογειακή διατροφή και ποια τα οφέλη της για την υγεία του ανθρώπου και να διερευνήσουν το βαθμό συμμόρφωσης του σύγχρονου ενήλικα που κατοικεί σε μια μεγαλούπολη ως προς το πρότυπο της μεσογειακής δίαιτας.

Η δράση πραγματοποιήθηκε στο Ζάννειο Πειραματικό Γυμνάσιο Πειραιά κατά το σχολικό έτος 2015-16 και συμμετείχαν δύο τμήματα (50 μαθητές) της Α' τάξης.

Στάδια υλοποίησης

Η υλοποίηση της δράσης ολοκληρώθηκε σε 3 στάδια.

Α' στάδιο

Το πρώτο στάδιο συνίσταται από 3 δραστηριότητες και ένα παιχνίδι γνώσεων στο ρόλο της γνωστικής αξιολόγησης, και συνοδεύτηκε από αντίστοιχο φύλλο εργασίας.

Στο σχεδιασμό του φύλλου εργασίας ελήφθησαν υπόψη οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τις έννοιες «τροφή», «ύλη», «ενέργεια» προκειμένου να αναδομηθούν μέσω γνωστικής σύγκρουσης (Driver et al., 1998). Παραδείγματος χάρη, μερικοί μαθητές δεν αναγνωρίζουν ότι η τροφή είναι ταυτόχρονα πηγή υλικών συστατικών που συντελούν στην ανάπτυξη του σώματός τους και πηγή ενέργειας, ενώ άλλοι συσχετίζουν την τροφή με την ενέργεια θεωρώντας ότι η τροφή μετατρέπεται σε «κάτι καλό» ή σε «ενέργεια» η οποία εξαφανίζεται κατά τη διαδικασία. Επίσης, αρκετοί είναι οι

μαθητές που θεωρούν ότι η ζωική τροφή παρέχει μεγαλύτερα ποσά ενέργειας από τη φυτική. Στο φύλλο εργασίας διατυπώνονται, επίσης, ερωτήσεις διαμορφωτικής αξιολόγησης για τον έλεγχο της προόδου της διαδικασίας (Δανίλη κ.ά., 2007). Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται η αντιστοιχία των διδακτικών στόχων ανά δραστηριότητα.

Φύλλο εργασίας (1η Διδακτική ώρα)	
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ
1 ^η Δραστηριότητα	A1,A2, B1,B2,B6, Γ1,Γ2
2 ^η Δραστηριότητα	A2,A3,A4,A5, B1,B2,B6, Γ1,Γ2
3 ^η Δραστηριότητα	A6,A7, B6, Γ1,Γ2
Παιχνίδι γνώσεων	Γνωστική αξιολόγηση

Πίνακας 1. Διδακτικοί στόχοι ανά δραστηριότητα του φύλλου εργασίας.

Οι μαθητές συνεργάστηκαν στις ομάδες ακολουθώντας το φύλλο εργασίας (Παράρτημα Ι), ενώ παράλληλα καθοδηγήθηκαν κι ενημερώνονταν από τον καθηγητή τους για την πορεία και την εξέλιξη των δραστηριοτήτων, με τη βοήθεια του προβολικού συστήματος και του Η/Υ του εργαστηρίου. Στον υπολογιστή ήταν εγκατεστημένα/αποθηκευμένα: α) το εκπαιδευτικό λογισμικό της Βιολογίας Α'-Γ' Γυμνασίου, β) βίντεο, διάρκειας 12 λεπτών, της εκπομπής «Όλο Υγεία» του EuroChannel με θέμα: «Μεσογειακή Διατροφή: τα οφέλη και η εφαρμογή της» (<https://www.youtube.com/watch?v=LllrsHTL8K8>) γ) βίντεο, διάρκειας ενός λεπτού, της εκπομπής «Ραντεβού με το γιατρό σας» με θέμα: «Η Διατροφική πυραμίδα και η Μεσογειακή Διατροφή σε ένα λεπτό» (<https://www.youtube.com/watch?v=VViXRFVAfvY>.)

Β' στάδιο

Το δεύτερο στάδιο έλαβε χώρα στη διάρκεια του 2^{ου} τριμήνου του σχολικού έτους και αφορούσε τη διεξαγωγή έρευνας πεδίου (διδακτικοί στόχοι: B3, B4, B5) με τη διανομή στους μαθητές *Ερωτηματολογίου Συχνότητας Διαιτητικής Πρόσληψης* με βάση το Mediterranean Diet Score (Panagiotakos et al.,2007). Ο δείκτης Mediterranean Diet Score (MDS) ο οποίος είναι συνδεδεμένος με το σχήμα της μεσογειακής διατροφής, υπολογίζεται από ειδικά διαμορφωμένο ερωτηματολόγιο συχνότητας κατανάλωσης τροφίμων (Εικόνα 1).

Η άριστη βαθμολογία είναι το 55 και υποδηλώνει άριστη συμμόρφωση προς τη μεσογειακή διατροφή (Panagiotakos et al.,2007). Το σκορ του δείκτη προκύπτει από το άθροισμα της διαβαθμισμένης κατανάλωσης (1 ως 5) σε 11 ομάδες τροφίμων (δημητριακά, πατάτες, φρούτα, λαχανικά, όσπρια, ψάρι, κόκκινο κρέας, πουλερικά, γαλακτοκομικά προϊόντα, ελαιόλαδο, αλκοολούχα ποτά) σύμφωνα με τις απαιτήσεις του δείκτη. Το εύρος του δείκτη κυμαίνεται από 0 ως 55 βαθμούς και κατηγοριοποιεί τους συμμετέχοντες στην έρευνα σε 3 κλάσεις:

1^η κλάση: χαμηλή συμμόρφωση ($0 < \text{MDS} \leq 20$)

2^η κλάση: μέτρια συμμόρφωση ($21 < \text{MDS} \leq 35$)

3^η κλάση: υψηλή συμμόρφωση ($36 < \text{MDS} \leq 55$)

Τα ερευνητικά ερωτήματα που ανέκυψαν και θεωρήθηκαν καίρια σ' αυτήν την έρευνα ήταν: α) να διερευνηθεί ο βαθμός συμμόρφωσης του σύγχρονου ενήλικα που στη ζει στον Πειραιά ή σε μια άλλη ελληνική μεγαλούπολη ως προς το μεσογειακό μοντέλο διατροφής και β) να προσδιοριστεί η τάση του σύγχρονου ανθρώπου για τις διατροφικές του προτιμήσεις. Ως εκ τούτου, ο εκπαιδευτικός ανέθεσε στους μαθητές που χρίστηκαν δημοσιογράφοι να ρωτήσουν ενήλικες για τις διατροφικές τους συνήθειες. Οι συμμετέχοντες σε αυτήν την έρευνα προέρχονταν από το οικογενειακό και συγγενικό περιβάλλον των μαθητών. Το στατιστικό δείγμα αποτελούνταν από 121 ενήλικες. Όλοι οι συμμετέχοντες απάντησαν στον ίδιο αριθμό ερωτήσεων. Οι απαντήσεις εισήχθησαν σε πίνακες ώστε να επεξεργαστούν στατιστικά με τα MS Excel και SPSS 19 (επίπεδα σημαντικότητας $p \leq 0.05$). Οι στατιστικές αναλύσεις περιελάμβαναν μεθόδους περιγραφικής στατιστικής, για τον προσδιορισμό συχνοτήτων, των επιμέρους ποσοστών και τη δημιουργία κατάλληλων διαγραμμάτων.

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΔΙΑΙΤΗΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΛΗΨΗΣ
σύμφωνα με τη Μεσογειακή Διατροφή
(The Mediterranean Diet Score)

ΑΝΔΡΑΣ..... ΓΥΝΑΙΚΑ.....
ΗΛΙΚΙΑ:

ΒΑΡΟΣ ΣΩΜΑΤΟΣ.....
ΥΨΟΣ:

Ομάδες τροφίμων	Ευχρότητα κατανάλωσης (μερίδα / μήνα ή καθορισμένα διαφορετικά) 0-5 κλίμακα βαθμολόγησης του σκορ του δείκτη MDS					
Μη ραφινάρισμα έλαια (ελιάς, αλmonds, ψαμί, ζυμαρικά, ρεζί κ.α.)	Ποτέ	1-4	5-8	9-12	13-18	>18
	0	1	2	3	4	5
Πατάτες	Ποτέ	1-4	5-8	9-12	13-18	>18
	0	1	2	3	4	5
Φρούτα	Ποτέ	1-4	5-8	9-12	13-18	>18
	0	1	2	3	4	5
Λαχανικά	Ποτέ	1-4	5-8	9-12	13-18	>18
	0	1	2	3	4	5
Οσπρία	Ποτέ	1-4	5-8	9-12	13-18	>18
	0	1	2	3	4	5
Ψάρι	Ποτέ	1-4	5-8	9-12	13-18	>18
	0	1	2	3	4	5
Κόκκινο κρέας και προϊόντα του	Ποτέ	1-4	5-8	9-12	13-18	>18
	5	4	3	2	1	0
Πουλερικά	Ποτέ	1-4	5-8	9-12	13-18	>18
	5	4	3	2	1	0
Πλήρες σε λιπαρά γαλακτοκομικά προϊόντα (τυρί, γιαούρτι, γάλα)	Ποτέ	1-4	5-8	9-12	13-18	>18
	5	4	3	2	1	0
Χρήση ελαιολάδου στο μαγειρέμα (φορές / εβδομάδα)	Ποτέ	1-4	5-8	9-12	13-18	>18
	0	1	2	3	4	5
Αλκοολούχα ποτά (ml / ημέρα, 100ml=12gr, αθανόλη)	<300	300	400	500	600	>700 ή 0
	5	4	3	2	1	0

Εικόνα 1. Το ερωτηματολόγιο συχνότητας διαιτητικής πρόσληψης με βάση το Mediterranean diet score (Panagiotakos et al., 2007)

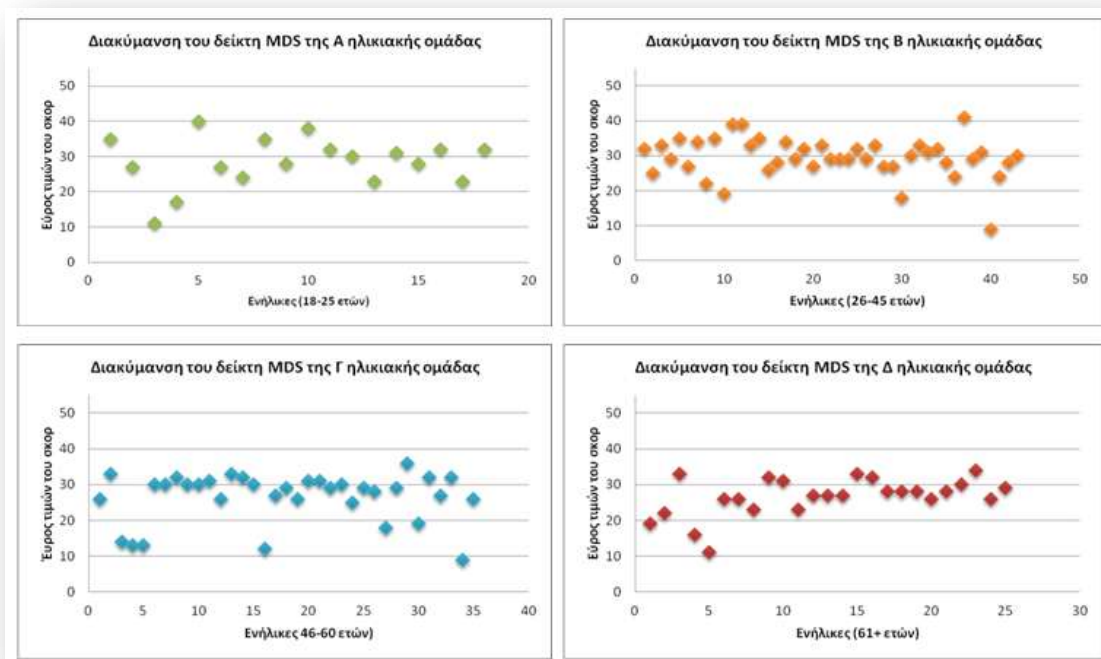
Αποτελέσματα της έρευνας πεδίου

Οι 121 ενήλικες που συμμετείχαν στην έρευνα χωρίστηκαν σε 4 ηλικιακές ομάδες σύμφωνα με τον παρακάτω Πίνακα 2 για την καλύτερη στατιστική επεξεργασία τους.

ΗΛΙΚΙΑΚΗ ΟΜΑΔΑ	Α(18-25 ετών)	Β (26-45 ετών)	Γ (46-60 ετών)	Δ (61+ ετών)
Άνδρες	3	11	22	9
Γυναίκες	15	32	13	16
Σύνολο	18	43	35	25

Πίνακας 2. Το στατιστικό δείγμα της έρευνας πεδίου.

Το συνολικό σκορ του δείκτη MDS για κάθε άτομο προέκυψε από το άθροισμα της διαβαθμισμένης κατανάλωσης των έντεκα (11) ομάδων τροφίμων. Η διακύμανση του σκορ του δείκτη MDS ανάμεσα στις ηλικιακές ομάδες των ερωτηθέντων γίνεται αντιληπτή στα διαγράμματα που ακολουθούν (Εικόνα 2) ενώ ο μέσος όρος του για κάθε ηλικιακή ομάδα καθώς και ο βαθμός συμμόρφωσης της κάθεμιας ως προς το πρότυπο μεσογειακής διατροφής καταγράφονται στον Πίνακα 3.



Εικόνα 2. Διακύμανση του σκορ του δείκτη της Μεσογειακής διατροφής (Mediterranean Diet Score) στους ερωτηθέντες ενήλικες.

ΗΛΙΚΙΑΚΗ ΟΜΑΔΑ	A(18-25 ετών)	B (26-45 ετών)	Γ (46-60 ετών)	Δ (61+ ετών)
Μέσος όρος του σκορ του MDS	28.5	29.5	26.5	26.6
Κλάση	2η	2η	2η	2η
Βαθμός Συμμόρφωσης	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια

Πίνακας 3. Ο Δείκτης της Μεσογειακής Διατροφής (MDS) για το δείγμα της έρευνας

Αναφορικά με τον πρώτο στόχο της έρευνας, πρέπει να σημειωθεί ότι μόνο το 5% του συνολικού δείγματος παρουσιάζει άριστη συμμόρφωση ως προς το μοντέλο της μεσογειακής διατροφής (Α ομάδα: 11.1%, Β ομάδα: 7%, Γ ομάδα: 2.86%, Δ ομάδα: 0%) γεγονός που προβληματίζει για τις διατροφικές συνήθειες του σύγχρονου Έλληνα. Αν και τα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων έδειξαν μέτρια συμμόρφωση ως προς το πρότυπο της μεσογειακής δίαιτας, υπάρχουν κάποια αποτελέσματα πολύ ενθαρρυντικά από την καθημερινή κατανάλωση επιμέρους ομάδων τροφίμων όπως η χρήση του ελαιόλαδου σε ποσοστό μεγαλύτερο του 85%. Επίσης, όσο αυξάνεται η συχνότητα κατανάλωσης των τροφίμων που απαρτίζουν τη βάση της μεσογειακής πυραμίδας και μειώνεται η κατανάλωση αλκοολούχων ποτών, κρέατος, γαλακτοκομικών με υψηλά λιπαρά και γλυκών στο εβδομαδιαίο διαιτολόγιο των ερωτηθέντων, τόσο υψηλότερο σκορ του δείκτη MDS οι ερωτηθέντες κατακτούν και τείνουν να συμμορφώνονται καλύτερα προς τη μεσογειακή διατροφή. Επιπλέον, παρατηρείται ότι η θρεπτική αξία των φρούτων αναγνωρίζεται από τους ανθρώπους καθώς μεγαλώνουν ηλικιακά οπότε και η κατανάλωσή τους αυξάνεται.

Μετά τον έλεγχο με το μη παραμετρικό τεστ Mann Whitney U των μεταβλητών του Φύλου και του δείκτη MDS, φαίνεται ότι υπάρχει σημαντική στατιστική διαφορά μεταξύ ανδρών και γυναικών στις Α ($p=0.032$) και Δ ($p=0.046$) ηλικιακές ομάδες. Οι γυναίκες παρουσιάζουν μεγαλύτερο δείκτη MDS από τους άνδρες γεγονός που οφείλεται πιθανότατα στην ικανότητα τους να προετοιμάζουν και να μαγειρεύουν οι ίδιες τα γεύματα της οικογένειάς τους, σε σχέση με τους άνδρες που υστερούν σε αυτόν τον τομέα, με αποτέλεσμα να προσέχουν τα είδη των τροφίμων που θα καταναλώσουν.

Αναφορικά με το δεύτερο στόχο της έρευνας, η τάση του σύγχρονου ενήλικα, κυρίως των πρώτων ηλικιακών ομάδων, είναι η απομάκρυνσή του από το μεσογειακό μοντέλο διατροφής (χαμηλά ποσοστά κατανάλωσης ψαριών & οσπρίων, υψηλή κατανάλωση των γαλακτοκομικών και των ζωικών προϊόντων τους) και η μίμηση του δυτικού τρόπου ζωής και διατροφής.

Γ' στάδιο

Τέλος, το τρίτο στάδιο αυτής της διδακτικής πρότασης περιελάμβανε την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της έρευνας πεδίου στην ολομέλεια της τάξης και την ευαισθητοποίηση των μαθητών σε θέματα διατροφής. Οι μαθητές ανέλαβαν πρωτοβουλίες, όπως η δημιουργία αφίσας (Εικόνα 3α) με τα σημαντικότερα οφέλη της μεσογειακής διατροφής και τα αποτελέσματα της διεξαχθείσας έρευνας, την οποία ανάρτησαν στον πίνακα ανακοινώσεων του σχολείου ώστε να

ενημερώνονται μαθητές, καθηγητές και γονείς. Επίσης, αρκετοί μαθητές κατασκεύασαν σε τρισδιάστατη μορφή την πυραμίδα της μεσογειακής διατροφής (Εικόνα 3β).



Εικόνα 3.(α) Η αφίσσα που αναρτήθηκε στο σχολείο και αφορά τη Μεσογειακή Διατροφή, (β) Μερικές από τις χειροποίητες πυραμίδες διατροφής των μαθητών

Εν κατακλείδι

Επειδή η επιστημονική γνώση εξελίσσεται και μερικές φορές αναθεωρείται, επιβάλλεται από τα αναλυτικά προγράμματα σπουδών των σχολείων να διδάξουν τους μαθητές πώς να μαθαίνουν (Πολίτης & Χατζηγεωργίου, 2013). Δυστυχώς, έρευνες έχουν δείξει ότι στην Ελλάδα οι ΤΠΕ και οι καινοτόμες διδακτικές πρακτικές πολύ λίγο έχουν εισχωρήσει στις εκπαιδευτικές και τις παιδαγωγικές διαδικασίες. Η πολιτεία μοιάζει να μην έχει συνειδητοποιήσει το μέγεθος, την αξία του διαδικτύου για την κοινωνία και τις εκπαιδευτικές του εφαρμογές (Ηλιάδης & Τζιμόπουλος, 2009). Προκειμένου να μειωθεί αυτή η δυστοκία στο εκπαιδευτικό μας σύστημα, η εφαρμογή αυτής της διδακτικής δράσης είχε ως στόχο να αποτελέσει οδηγό εκπαιδευτικής πρακτικής (μέτρηση, επεξεργασία δεδομένων, συμπέρασμα, κοινωνική προέκταση, στάση ζωής, δράση) στα πλαίσια ενός σχολείου ανοιχτού προς την κοινωνία.

Η συνολική αποτίμηση της εκπαιδευτικής δράσης δείχνει ότι η συντριπτική πλειονότητα των μαθητών αξιολογεί θετικά τη συμμετοχή τους σ' αυτήν τη διδακτική δράση, γεγονός που μερικώς αντικατοπτρίζεται και στις επιδόσεις τους κατόπιν της τελικής αξιολόγησης.

Αναφορές

- Αργυράκης, Β., Καλοκαιρινού, Σ., Κατηνιώτης, Π. & Νάκη, Σ. (2014). Στάσεις των καθηγητών Φυσικών Επιστημών των Αρσακείων Σχολείων απέναντι στην αξιοποίηση των Τ.Π.Ε στη διδακτική και μαθησιακή διδασκαλία. Στα *Πρακτικά του Πανελληνίου Συνεδρίου "Η εκπαίδευση στην εποχή των Τ.Π.Ε."* σελ. 596-603, 22 & 23 Νοεμβρίου, Αθήνα
- Δανίλη, Ε., Reid, N. & Johnstone, A. (2007). Μελέτη της επίδρασης δύο γνωστικών χαρακτηριστικών των μαθητών στις επιδόσεις τους στη Χημεία-Προβληματισμοί για το σύστημα εκπαιδευτικής αξιολόγησης. Στα *Πρακτικά του 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση» τόμος Β*, σελ. 651-660, Ιωάννινα
- Ηλιάδης, Ε., Τζιμόπουλος, Ν. (2009). Κριτήρια Αξιολόγησης Ιστοτόπων για τη Διδασκαλία της Βιολογίας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. *Ηλεκτρονικό περιοδικό του e-Δικτύου-ΤΠΕ* [Διαθέσιμο on line] <http://mag.e-diktyo.eu/?p=1> προσπελάστηκε στις 7-7-2015
- Κοτρέτσου, Σ. (2014). Διδακτικό σενάριο. Γιατί ο Ποπάυ έτρωγε σπανάκι; Στα *Πρακτικά του Συνεδρίου: «Η εκπαίδευση στην εποχή των ΤΠΕ»*, 22-23 Νοεμβρίου, σελ. 420-427, Αθήνα
- Λάγιου Π. & Τριχοπούλου Α. (2000). *Διατροφή και ασθένεια: Προληπτική Ιατρική και Δημόσια Υγεία*, Ιατρικές Εκδόσεις Ζήτα, Αθήνα
- Μανιός Γ. (2006). *Διατροφική Αξιολόγηση: Διαιτολογικό & Ιατρικό Ιστορικό, Σωματομετρικοί, Κλινικοί & Βιοχημικοί Δείκτες*, Ιατρικές Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης, Αθήνα
- Πολίτης Ι., Χατζηγεωργίου, Μ. (2013). Σενάριο-Σχέδιο Μαθήματος: Η μεταφορά ουσιών στα φυτά. Στα *Πρακτικά του 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Η Βιολογία στην Εκπαίδευση»* 29-30/11, 1/12, σελ. 91-98, Αθήνα
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (1998). *Οικοδομώντας τις έννοιες της Φυσικών Επιστημών- Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών*, Αθήνα: εκδόσεις ΤΥΠΩΘΗΤΩ
- Panagiotakos, D., Pitsavos C. et al. (2007). Adherence to the Mediterranean food pattern predicts the prevalence of hypertension, hypercholesterolemia, diabetes and obesity, among healthy adults; the accuracy of the MedDietScore. *Prev Med* 44: 335-340
- Veselinovska, S.S., Gudeva, L.K., Djokic, M. (2010). Applying appropriate methods for teaching cell biology. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 15:2837-2842

Παράρτημα Ι

Φύλλο εργασίας

Δραστηριότητα 1^η

Παρατηρώντας τις παρακάτω εικόνες απαντήστε στις ερωτήσεις που ακολουθούν:



Ποιο από τα 2 γεύματα που εικονίζονται θα προτιμούσες για μεσημεριανό και γιατί;

.....

.....

Κατά τη γνώμη σου ποιο από τα 2 γεύματα θεωρείς πιο υγιεινό; Εξήγησε



Σε ποιο δίλημμα βρίσκεται ο εικονιζόμενος μαθητής;

Τι πιστεύετε ότι δηλώνει η μεζούρα στην παραπάνω Εικόνα;

Δραστηριότητα 2^η

Αφού παρακολουθήσετε με προσοχή το δεκάλεπτο βίντεο της εκπομπής «Όλο Υγεία» του EuroChannel με θέμα: «**Μεσογειακή Διατροφή: τα οφέλη και η εφαρμογή της**»

<https://www.youtube.com/watch?v=LllrsHTL8K8>

η κάθε ομάδα να ταιριάζει τους όρους: Μελέτη Επτά Χωρών (Ελλάδα, Ιταλία, Ισπανία κλπ.), Μεσογειακή Διατροφή, η Μεσογειακή διατροφή συστήνεται γιατί..., Ο Άνσελ Κις ανακάλυψε ότι..., Η Μεσογειακή διατροφή ταυτίζεται..., Δημητριακά – ψωμί – ρύζι – φρούτα – λαχανικά, Διατροφική Πυραμίδα, Γαλακτοκομικά-ψάρια-πουλερικά-κρέας-όσπρια, Ελαιόλαδο, Ισορροπημένη διατροφή, Ενεργειακή ισορροπία του οργανισμού

με τους ορισμούς-έννοιες του παρακάτω πίνακα:

	Εφευρέθηκε και ξεκίνησε από την Ελλάδα εξαιτίας του φυσιολόγου Άνσελ Κις
	Οι κάτοικοι της Κρήτης είχαν τα χαμηλότερα ποσοστά καρκίνων και καρδιοπαθειών και το μεγαλύτερο μέσο όρο ζωής
	Οι κάτοικοι της Κρήτης είχαν μια πολύ διαφορετική διατροφή σε σχέση με τους υπόλοιπους λαούς της έρευνας
	με την ελληνική παραδοσιακή διατροφή

	A. Μειώνεται ο κίνδυνος εμφάνισης καρδιοπαθειών/καρδιοαγγειακών νοσημάτων B. Διατηρείται το σωματικό βάρος σε κανονικά επίπεδα
	Απεικόνιση των ομάδων τροφίμων της Μεσογειακής Διατροφής ένα εύκολο σχήμα απομνημόνευσης
	Καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της διατροφικής πυραμίδας στη βάση της
	Καταλαμβάνουν το 1/3 περίπου της διατροφικής πυραμίδας
	Το κύριο έλαιο της Μεσογειακής Διατροφής
	Πρόσληψη όλων των απαραίτητων συστατικών στα γεύματά μας
	Ενεργειακές ανάγκες (μεταβολισμός+καύσεις) = πρόσληψη ενέργειας (διατροφή)

Δραστηριότητα 3^η

Ποιες είναι οι Ομάδες τροφίμων που περιέχει η πυραμίδα της Μεσογειακής Διατροφής;

A. Συνεργαστείτε στην ομάδα σας και σημειώστε όσες περισσότερες Ομάδες τροφίμων θυμόσατε από το βίντεο που είδατε:

.....

.....

B. Ποιες είναι οι συχνότερες παθήσεις που εμφανίζονται στον άνθρωπο εξαιτίας της μη ισορροπημένης διατροφής;

.....

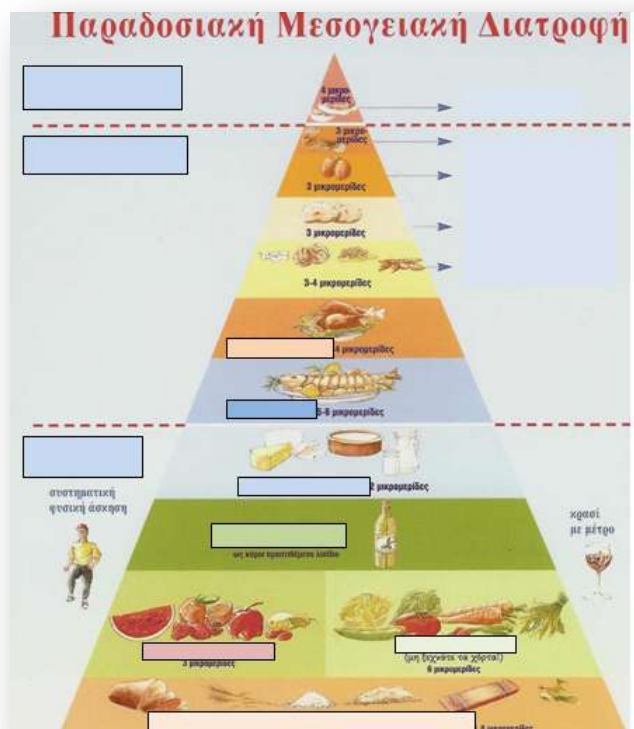
.....

Απαντήσατε σωστά;

Ας δούμε, λοιπόν, μαζί την πυραμίδα της Μεσογειακής Διατροφής

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

και να συμπληρώσουμε με τη **σωστή σειρά τις ομάδες τροφίμων και τη συχνότητα κατανάλωσής τους** (καθημερινά, εβδομαδιαία, μηνιαία) στην ακόλουθη πυραμίδα διατροφής:



Ώρα για παιχνίδι!

Ανοίξτε το εκπαιδευτικό λογισμικό της Βιολογίας Α'-Γ' Γυμνασίου. Επιλέξτε το εικονίδιο «ΠΑΙΧΝΙΔΙΑ» από το κεντρικό μενού και στη συνέχεια κάντε κλικ στο 3ο παιχνίδι: «ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΠΥΡΑΜΙΔΑ ΑΝΘΡΩΠΟΥ».

Προσπαθήστε να συμπληρώσετε την πυραμίδα σωστά κερδίζοντας πόντους!

Το σκορ μας είναι



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

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

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

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

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

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

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

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

Δικτυακός τόπος του Συνεδρίου: synedrio.eepek.gr.

9ο συνέδριο Ιστορίας Φιλοσοφίας και Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών

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

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



Στο εξώφυλλο του 11ου τεύχους δημοσιεύτηκε η φωτογραφία της κ. Βασιλικής Ζαχαρούλη: Κάπου στη Χαλκιδική, ένα τραπεζάκι, με τρία πόδια, φιλοξενεί ένα φλιτζάνι με καφέ. Γιατί το τραπεζάκι έχει τρία και όχι τέσσερα πόδια, που είναι πιο συνηθισμένο;

Θεωρήσαμε ότι ενδεχομένως να πρόκειται για μία εύκολη ερώτηση και δε διαψευστήκαμε. Όλοι όσοι απάντησαν τόνισαν ότι τρία πόδια, άρα τρία σημεία επαφής με το έδαφος, οδηγούν σε μεγαλύτερη ευστάθεια από ό,τι τα τέσσερα, μιας και τρία σημεία είναι πάντα στο ίδιο επίπεδο.

Ωστόσο, θα επιμείνουμε στον προβληματισμό που συνόδευε τη διατύπωση της ερώτησης:

Πόσο ασυνήθιστο άραγε είναι να τεθεί μία τέτοια ερώτηση στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού μας συστήματος;

Πόσο ενθαρρύνουμε τους μαθητές μας να παρατηρούν τον κόσμο γύρω τους και να διατυπώνουν ερωτήματα;

Πόσο έτοιμοι είμαστε ως εκπαιδευτικοί να βρεθούμε μπροστά σε ένα ερώτημα που ούτε καν το είχαμε φανταστεί και ίσως δεν μπορούμε να απαντήσουμε;

