

Τεύχος 10 - Άνοιξη 2016

Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση



ISSN 2241-7680

Θεσσαλονίκη

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 τη παραλία του Αγίου Ηλίας της Ηλείας από τον Ηλία Καλογήρου. Στο βάθος φαίνεται η Ζάκυνθος. Τα σύννεφα από πάνω της έχουν την ίδια βάση (σχεδόν οριζόντια). Γιατί; Πώς δημιουργείται ένα νέφος;

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 9^{ου} τεύχους στη σελίδα 86.

Editorial	4
Για το περιοδικό	5-6
Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες	
Πώς θέλουμε να είναι ένα διδακτικό βιβλίο Φυσικών Επιστημών, <i>N. Κανδεράκης</i>	7-15
Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό	
Συμβολή μιας σειράς πειραματικών δραστηριοτήτων στις δεξιότητες των μαθητών να αξιολογούν τα αποδεικτικά στοιχεία γραπτών επιχειρημάτων, <i>M. Σκουμιάς</i>	17-32
Η διαπλοκή της πειραματικής διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών με τη διδασκαλία της γλώσσας ως μέρος μιας διαδικασίας ένταξης παιδιών Ρομά στο σχολείο, <i>Γ. Χατζηπαύλου</i>	33-42
Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο	
Αξιολόγηση του μαθήματος της Φυσικής Α΄ Γυμνασίου: απόψεις μαθητών, <i>κ. Νικολοπούλου</i>	43-51
Η περιπλάνηση της αδράνειας στα μονοπάτια της καθημερινότητας. Ένα διδακτικό σενάριο, με πραγματικά πειράματα, “φιλικό” προς τους χρήστες (καθηγητές και μαθητές) <i>H. Καλογήρου & A. Νέζης</i>	53-62
Μέσα στην τάξη	
Επίδραση της βαρύτητας στο απλό εκκρεμές. Δύο λάθη ένα σωστό!, <i>N. Σκουλίδης</i>	63-73
Κάνοντας τραγούδι τον ερειστικό ιστό!, <i>Σ. Γιαγτζόγλου</i>	75-83
Πρόκειται να συμβούν	84-85
Γράψατε για το εξώφυλλο	86

Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση – ISSN 2241-7680

Εκδοτική ομάδα

Κουμαράς Παναγιώτης, Καθηγητής Π.Τ.Δ.Ε. του Α.Π.Θ.
Μουρούζης Παναγιώτης Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Κέρκυρας
Πιερράτος Θεόδωρος, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. 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
Καλογιαννάκης 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
Σκουμιάς 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. Αιγάλεω
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 – Μάρτιος 2016

Σας καλωσορίζουμε στο 10ο τεύχος του περιοδικού.

Το παρόν τεύχος φιλοξενεί επτά εργασίες. Πέρα από τις ενδιαφέρουσες εργασίες που φιλοδοξούν να:

- σας προβληματίσουν για το πώς θα έπρεπε να είναι ένα διδακτικό βιβλίο Φυσικών Επιστημών,
- σας δώσουν μια πρώτη αντίδραση παιδιών της Α΄ Γυμνασίου για το νεοεισαχθέν μάθημα της Φυσικής στην τάξη τους,
- σας δώσουν ιδέες για πειράματα και δραστηριότητες στο μάθημα της Φυσικής και της Βιολογίας,

θα βρείτε και δύο εργασίες οι οποίες πραγματεύονται τη χρήση πειραμάτων με στόχους πέραν της γνώσης περιεχομένου: τη δημιουργία ενδιαφέροντος των παιδιών για το σχολείο, την καλλιέργεια γλωσσικών ικανοτήτων και την ανάπτυξη της ικανότητας των παιδιών να αξιολογούν τα αποδεικτικά στοιχεία γραπτών επιχειρημάτων. Οι εργασίες αυτές αναφέρονται σε παιδιά του Δημοτικού, αλλά θα μπορούσαν να αφορούν και παιδιά του Γυμνασίου και του Λυκείου ακόμα. Ας δούμε ότι οι Φυσικές Επιστήμες μπορούν να προσφέρουν κάτι περισσότερο από γνώση ορισμών, νόμων και τύπων.

Τέλος, υπενθυμίζουμε ακόμη μια φορά το Πανελλήνιο Συνέδριο «*Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες*» που οργανώνεται από το

Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Α.Π.Θ., το Τμήμα Φυσικής του Α.Π.Θ. και την Πανελλήνια Ένωση Υπευθύνων Εργαστηριακών Κέντρων Φυσικών Επιστημών (ΠΑΝ.Ε.Κ.Φ.Ε.), και θα πραγματοποιηθεί στη Θεσσαλονίκη στις 16 και 17 Απριλίου του 2016. Θα χαρούμε να σας δούμε στη Θεσσαλονίκη και να τα πούμε δια ζώσης.

Σημειώνω ότι τρεις από τις εργασίες που περιλαμβάνονται στο τεύχος αυτό έχουν επιλεγεί από τις εργασίες που θα παρουσιαστούν στο συνέδριο και θα περιλαμβάνονται και στα Πρακτικά του Συνεδρίου.

Εκ μέρους της εκδοτικής ομάδας
Παναγιώτης Κουμαράς

Πρόσκληση για εργασίες

Καλωσορίζουμε εργασίες τριών κατηγοριών:

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

Πώς θέλουμε να είναι ένα διδακτικό βιβλίο Φυσικών Επιστημών

Νίκος Κανδεράκης

Είναι κοινός τόπος ότι πολλά διδακτικά βιβλία φυσικών επιστημών (Φ.Ε.) είναι κακογραμμένα, δυσνόητα και δε διευκολύνουν ούτε τους μαθητές που τα διαβάζουν ούτε τους εκπαιδευτικούς που τα διδάσκουν. Τι κάνει όμως ένα διδακτικό βιβλίο Φ.Ε. κατανοητό, ευκολοδιάβαστο και αποτελεσματικό; Από τη σχετική βιβλιογραφία μπορούμε να διακρίνουμε επτά βασικούς παράγοντες: τη συμφωνία του βιβλίου με το Πρόγραμμα Σπουδών (Π.Σ.), την καταλληλότητα του περιεχομένου που εξετάζει, τη δομή του, τη συνεκτικότητά του, το ενδιαφέρον που προκαλεί, τη δυνατότητα κατανόησής του από τους μαθητές και τη διδακτική λειτουργικότητά του. Στο κείμενο εξετάζονται οι παράγοντες αυτοί και αναλύονται σε απλούστερα στοιχεία. Τα στοιχεία αυτά, όμως, έχει νόημα να εξετάζονται μόνο για την αποτίμηση των ευρύτερων παραγόντων μέσα στους οποίους εντάσσονται, και όχι μεμονωμένα. Τέλος, πρέπει να επισημανθεί ότι η συζήτηση αναφέρεται κυρίως σε παραδοσιακά διδακτικά εγχειρίδια Φ.Ε. όπως αυτά που βρίσκονται σε χρήση στα ελληνικά σχολεία. Καινοτομικά εγχειρίδια, τα οποία ασχολούνται όχι μόνο με την επιστημονική γνώση αλλά και με τις κοινωνικές διαστάσεις της, δεν έχουμε δει ακόμα στην Ελλάδα και δε θα ασχοληθούμε με αυτά.

Συμφωνία με το Πρόγραμμα Σπουδών

Ένα καλό διδακτικό βιβλίο προϋποθέτει ένα καλά επεξεργασμένο, συγκροτημένο και όχι «φορτωμένο» Πρόγραμμα Σπουδών. Ο εκπαιδευτικός όμως τυπικά είναι υποχρεωμένος να διδάξει το Π.Σ. και όχι το βιβλίο. Επομένως, το βιβλίο πρέπει να συμφωνεί σε γενικές γραμμές με το Π.Σ. και να εξομαλύνει σε κάποιο βαθμό τις ενδεχόμενες ατέλειές του. Πιο αναλυτικά, ένα καλό διδακτικό βιβλίο Φ.Ε.:

- Προωθεί τους στόχους του Προγράμματος Σπουδών που αναφέρονται στο περιεχόμενο της διδασκόμενης επιστήμης: στα φαινόμενα, στις έννοιες και τις θεωρίες της.

- Υποστηρίζει (με δραστηριότητες, πειράματα, ερωτήσεις κλπ.) τους στόχους που αφορούν τις μεθόδους και τις πρακτικές της διδασκόμενης επιστήμης, καθώς και τους στόχους που αφορούν τις προς καλλιέργεια δεξιότητες των μαθητών.
- Συμφωνεί με το Π.Σ. όχι μόνο στους επιμέρους στόχους του αλλά και στη φιλοσοφία του, δηλαδή στους γενικούς σκοπούς του.

Καταλληλότητα του περιεχομένου

Σε ένα καλό σχολικό βιβλίο το περιεχόμενο είναι συμβατό με το επιστημονικό πρότυπο. Αυτό επιτυγχάνεται όταν τα κεντρικά θέματα και οι βασικές έννοιες του βιβλίου είναι συμβατά με εκείνα που προκρίνουν οι ειδικοί του κλάδου: οι φυσικοί για τη Φυσική, οι βιολόγοι για τη Βιολογία κλπ. (Chambiss & Calfee, 1998). Αλλά το περιεχόμενο αυτό, για να μπορεί να διδαχθεί και να γίνει κατανοητό από τους μαθητές, πρέπει να έχει μετασχηματισθεί και απλοποιηθεί κατάλληλα ώστε να είναι συμβατό με το επίπεδο της γνωσιακής ανάπτυξής τους και το επίπεδο των γνώσεων και των δεξιοτήτων τους (Κολιόπουλος, 2006). Παραδείγματος χάριν, σύμφωνα με το επιστημονικό πρότυπο, η ταχύτητα και η επιτάχυνση σε μια τυχαία κίνηση ορίζονται, με τη βοήθεια του απειροστικού λογισμού, ως $v = ds/dt$ και $a = dv/dt$, αντίστοιχα. Επειδή όμως οι μαθητές του Λυκείου δεν κατέχουν τον απειροστικό λογισμό, η ταχύτητα κατά κανόνα ορίζεται στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση (όπου είναι σταθερή) ως το διανυόμενο διάστημα στη μονάδα του χρόνου (ή $v = s/t$, όπου t η χρονική διάρκεια), και η επιτάχυνση στην ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση (όπου είναι σταθερή) ως η μεταβολή της στιγμιαίας ταχύτητας (που έχει ορισθεί εμπειρικά ως π.χ. «ό,τι γράφει το κοντέρ») στη μονάδα του χρόνου (ή $a = \Delta v/t$).

Δομή

Αφορά στην οργάνωση των κειμενικών στοιχείων σύμφωνα με ένα σχέδιο και μια ιεράρχηση των εννοιών, τα οποία τίθενται από τους συγγραφείς για να βοηθήσουν τον αναγνώστη να κατανοήσει το κείμενο και να αναγνωρίσει τις σημαντικές πληροφορίες. Η ύπαρξη δομής είναι ουσιαστικό στοιχείο για την κατανόηση και τη διαχείριση ενός διδακτικού βιβλίου Φ.Ε. Σε κείμενο χωρίς δομή, ο μαθητής πελαγοδρομεί και δυσκολεύεται να εντοπίσει τι είναι σημαντικό και τι όχι (Dickson et al, 1995; Chambliss & Calfee, 1998; Hanson & Padua, 2011).

Σε ένα δομημένο διδακτικό βιβλίο Φ.Ε.:

- Υπάρχει εστίαση στους στόχους και στις βασικές έννοιες και φυσικές αρχές. Όλα τα δευτερεύοντα στοιχεία (αναλογίες, παραδείγματα, εφαρμογές κλπ.) υπηρετούν (διευκρινίζοντας, εξηγώντας, εφαρμόζοντας κλπ.) αυτά τα βασικά στοιχεία, χωρίς να δίνουν περισσότερη πληροφορία από όση χρειάζεται γι' αυτό.
- Το κείμενο είναι οργανωμένο σε κεφάλαια (ή διδακτικές ακολουθίες), μαθήματα, καθώς και μικρότερα τμήματα μέσα στα μαθήματα, τα οποία έχουν σχετικά αυτοδύναμο νόημα και

αποτελούν μικρές διαχειρίσιμες νοηματικές «μπουκιές» για τον αναγνώστη, χωρίς όμως να πάψουν να αποτελούν τμήματα του συνολικού νοήματος του κειμένου. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται επικεφαλίδες, τίτλοι και υπότιτλοι, τα οποία δίνουν μορφή και σκελετό στο κείμενο. Επίσης, χρησιμοποιούνται κατάλληλοι τυπογραφικοί δείκτες, όπως μαύρα και πλάγια γράμματα, υπογραμμίσεις, κουκίδες και αριθμοί ταξινόμησης κ.λπ., για να οργανωθούν και να ιεραρχηθούν οι πληροφορίες. Για τον ίδιο σκοπό, αλλά και για να δώσουν συνοπτικά τη συνολική εικόνα, χρησιμοποιούνται και διαγραμματικοί οργανωτές, όπως χάρτες εννοιών, διαγράμματα ροής, ταξινομητικά δένδρα κ.λπ. Οι έρευνες δείχνουν ότι οι αναγνώστες στηρίζονται αρκετά στα στοιχεία αυτά για να προσλάβουν το περιεχόμενο ενός διδακτικού βιβλίου και να κατανοήσουν τις έννοιές του (Dickson et al, 1995; Κουλουμπαρίτση, 2003; Hanson & Padua, 2011).

- Επειδή ένα κείμενο σχολικού βιβλίου δε διαβάζεται σχεδόν ποτέ γραμμικά (από την αρχή προς το τέλος), η αρχιτεκτονική του (από λεκτικά κείμενα, τίτλους, υπότιτλους, σχήματα, εικόνες κ.λπ.) είναι τέτοια ώστε να αναγνωρίζει με μια ματιά ο μαθητής τι θέλει να πει και πώς θα πλοηγηθεί σε αυτό (Καψάλης & Χαραλάμπους, 2007).
- Στην εισαγωγή κάθε μαθήματος ή κεφαλαίου παρουσιάζονται οι στόχοι του (τι θα μάθουμε;) και επισημαίνεται η αξία και η χρησιμότητα της εξεταζόμενης γνώσης. Στο τέλος κάθε μαθήματος ή κεφαλαίου υπάρχουν περιλήψεις (Swanepoel, 2010; Devetak & Vogrinc, 2013).

Συνεκτικότητα

Η συνεκτικότητα ενός κειμένου αφορά τη νοηματική σύνδεση ανάμεσα στα τμήματα του. Ασύνδετα κείμενα από ετερόκλητα τμήματα δυσκολεύουν την κατανόηση, και ακόμη περισσότερο την πρόσκτηση των ιδεών που εκθέτουν (Λέκκα, 2005). Ένα καλό διδακτικό βιβλίο παρουσιάζει ένα συγκροτημένο και πλήρες (χωρίς νοηματικά κενά) μαθησιακό υλικό, και χρησιμοποιεί λιτές και ακριβείς εκφράσεις για να εκθέσει τις επιστημονικές ιδέες που εξετάζει (Dickson et al, 1995; Devetak & Vogrinc, 2013). Πιο αναλυτικά, σε ένα συνεκτικό διδακτικό βιβλίο Φ.Ε.:

- Προσφέρεται ένα σφιχτά διασυνδεδεμένο σύνολο φαινομένων, επιστημονικών εννοιών, νόμων και αρχών, με κατάλληλες για την ηλικία των μαθητών αναπαραστάσεις, το οποίο εφαρμόζεται σε διάφορες καταστάσεις του πραγματικού κόσμου. Αυτό είναι ένα από τα βασικά στοιχεία για να διαμορφώσει ο μαθητής οργανωμένες νοητικές αναπαραστάσεις των νέων γνώσεων (Roseman et al, 2010).
- Υπάρχει νοηματική συνέχεια ανάμεσα στις διαδοχικές παραγράφους και ανάμεσα στις διαδοχικές περιόδους μιας παραγράφου (Γιαβρής, 2005).
- Οι κύριες ιδέες βρίσκονται σε περίοπτη θέση (στους τίτλους, στους υπότιτλους, στις περιλήψεις κ.λπ.) και οι σημαντικές πληροφορίες διατυπώνονται ρητά και καθαρά (Κουλουμπαρίτση, 2002).

- Η ορολογία και τα σύμβολα είναι τα ίδια σε όλο το βιβλίο, και συμφωνούν με τα διδακτικά βιβλία των προηγούμενων και των επόμενων τάξεων.

Ενδιαφέρον

Ένα ελκυστικό σχολικό βιβλίο προκαλεί με διάφορους τρόπους την προσοχή του μαθητή και τον ενεργοποιεί. Για το σκοπό αυτό:

- Χρησιμοποιεί ελκυστικές φυσικές καταστάσεις, εφαρμογές και πειράματα. Ελκυστικές καταστάσεις και εφαρμογές είναι αυτές που σχετίζονται με την καθημερινή ζωή του μαθητή, τη λειτουργία διαφόρων τεχνημάτων του σύγχρονου πολιτισμού, μεγάλα συναρπαστικά ζητήματα όπως η κοσμολογία κλπ. Ελκυστικά πειράματα είναι αυτά που έχουν απρόβλεπτη, μη αναμενόμενη, εξέλιξη, ή έντονα αποτελέσματα.
- Περιέχει άφθονο, καλοσχεδιασμένο, και συναφές με το κείμενο, εικονιστικό υλικό.
- Παραπέμπει τους μαθητές σε διαδικτυακό εκπαιδευτικό υλικό (βίντεο, προσομοιώσεις κλπ.) που όχι μόνο προσελκύει το ενδιαφέρον τους αλλά διευκολύνει και την κατανόηση του περιεχομένου.

Δυνατότητα κατανόησης

Για τους περισσότερους γνωσιακούς ψυχολόγους, η κατανόηση ενός κειμένου σχετίζεται με την κατασκευή από τον αναγνώστη ενός νοητικού σχήματος (ή νοητικού μοντέλου), το οποίο οργανώνει τα νοήματα του κειμένου μαζί με τις σχετικές πρότερες γνώσεις του αναγνώστη σε ένα ενιαίο συνεκτικό σύνολο (Zwaan & Rapp, 2006; Sinatra & Broughton, 2011). Τα στοιχεία που προσδιορίζουν τη δυνατότητα κατανόησης ενός σχολικού βιβλίου είναι η συμβατότητα του περιεχομένου που εκθέτει με τη γνωσιακή ανάπτυξη των μαθητών, η οικειότητά του με τις αναπαραστάσεις και τις εμπειρίες τους, η αναγνωσιμότητα του, και η καταλληλότητα του εικονιστικού υλικού. Επίσης, εξαρτάται από τη δομή και τη συνεκτικότητά του καθώς και το ενδιαφέρον που προκαλεί, τα οποία εξετάστηκαν προηγουμένως (Chambiss & Calfee, 1998; Κουλουμπαρίτση, 2003).

- Συμβατότητα με τη γνωσιακή ανάπτυξη των μαθητών και οικειότητα με τις αναπαραστάσεις και τις εμπειρίες τους*

Ένα κατανοητό σχολικό βιβλίο:

- Είναι συμβατό με «το [μέσο] επίπεδο γνωσιακής ανάπτυξης των μαθητών, το επίπεδο κατανόησής τους, και την εμπειρία που έχουν (από προηγούμενες τάξεις) με τις παρουσιαζόμενες έννοιες» (Devetac & Vogrinc 2013, σελ. 9). Αυτό είναι και το σημαντικότερο στοιχείο τόσο για τη δυνατότητα κατανόησης όσο και για τη διδακτική λειτουργικότητα ενός σχολικού βιβλίου. Π.χ. είναι γνωστή η αδυναμία της πλειοψηφίας των μαθητών του Γυμνασίου να διαχειρισθούν αφηρημένες θεωρητικές

έννοιες και γενικά διατυπωμένες θεωρητικές σχέσεις μεταξύ εννοιών-μεγεθών. Ένα κατανοητό βιβλίου του Γυμνασίου, επομένως, χρησιμοποιεί με πολύ φειδώ τέτοιες έννοιες και σχέσεις, και εστιάζεται σε συγκεκριμένες καταστάσεις και στην πειραματική διαχείρισή τους.

- Στην ανάπτυξη των δραστηριοτήτων και της επιχειρηματολογίας του, λαμβάνει υπόψη τις εναλλακτικές ιδέες και τις πιθανές δυσκολίες των μαθητών στην οικοδόμηση των νέων εννοιών.
- Χρησιμοποιεί μεταφορές και αναλογίες για να γίνονται οικείες οι αφηρημένες έννοιες, καθώς και σχήματα και συγκεκριμένα παραδείγματα για να γίνονται χειροπιαστές και κατανοητές (Chambiss & Calfee, 1998).
- Δεν εισάγει περισσότερους νέους όρους από όσους είναι απολύτως αναγκαίοι, και αυτοί επεξηγούνται συστηματικά.
- Τα μαθηματικά που χρησιμοποιεί είναι αντίστοιχα με το επίπεδο κατανόησης του μέσου μαθητή.
- Ερμηνεύει συστηματικά τα μαθηματικά αυτά. Οι μαθηματικοί τύποι περιγράφονται και λεκτικά και εκθέτονται (ή ζητούνται) οι σχέσεις μεταξύ των φυσικών μεγεθών που υποδηλώνουν. Η έρευνα έχει δείξει ότι μεγάλο ποσοστό μαθητών δυσκολεύεται με το νόημα των εξισώσεων και των μαθηματικών συμβόλων, και ιδιαίτερα με τη μετάφραση από τις λεκτικές περιγραφές στις εξισώσεις και αντίστροφα (Bagno et al, 2008).
- Ερμηνεύει συστηματικά και τα άλλα χρησιμοποιούμενα συμβολικά συστήματα όπως π.χ. τις γραμμένες με χημικά σύμβολα χημικές εξισώσεις.

ii. Αναγνωσιμότητα

Η αναγνωσιμότητα του κειμένου αναφέρεται στην κατανόηση του κειμένου που οφείλεται αποκλειστικά στα γλωσσικά στοιχεία του. Ένας τρόπος μέτρησης της, που έχει χρησιμοποιηθεί και σε ελληνικά κείμενα, είναι η «Ολοκλήρωση Ελλιπών Κειμένων». Σε ένα κείμενο, ανάλογα με τη δυσκολία του, σβήνεται κάθε 5^η, 6^η ή 7^η λέξη και δίδεται σε μαθητές να συμπληρώσουν τα κενά. Το κατανοητό κείμενο δίνει υψηλό ποσοστό ορθής συμπλήρωσης (Κουλουμπαρίτση, 2003).

Οι μετρήσεις αναγνωσιμότητας καθορίζονται μόνο από το λεκτικό υλικό που βρίσκεται πάνω στο χαρτί και αγνοούν άλλους παράγοντες όπως π.χ. τους μαθηματικούς τύπους ή τα σχήματα (Κουλουμπαρίτση, 2002). Παρόλα αυτά, παρέχουν ένα ποσοτικό στοιχείο για την καταλληλότητα ενός βιβλίου που δεν μπορεί να ληφθεί με άλλους τρόπους. Επομένως, ένα ευκολοδιάβαστο σχολικό βιβλίο:

- Έχει αναγνωσιμότητα αντίστοιχη με τις δυνατότητες των μαθητών στους οποίους απευθύνεται.

- Χρησιμοποιεί, όσο είναι δυνατόν, απλές προτάσεις και λεξιλόγιο, χωρίς όμως να κάνει εκπτώσεις στο περιεχόμενο και χωρίς να διασπά τη συνέχεια του κειμένου και τη ροή του νοήματος.

iii. Καταλληλότητα του εικονιστικού υλικού

Ένα καλοσχεδιασμένο και νοηματικά συναφές με το κείμενο εικονιστικό υλικό υποστηρίζει σημαντικά την κατανόηση ενός δύσκολου κειμένου, ιδιαίτερα σε αναγνώστες που δεν έχουν συστηματική γνώση του περιεχομένου που πραγματεύεται. Επίσης μπορεί να βοηθήσει στην οργάνωση νέων και παλιών γνώσεων σε ενιαίες δομές (π.χ. με χάρτες εννοιών), και στην ερμηνεία φαινομένων, καταστάσεων και διαδικασιών (π.χ. με σχήματα ή διαγράμματα), (Schnotz, 2002; Slough & McTigue, 2013).

Σε ένα καλοσχεδιασμένο σχολικό βιβλίο, το εικονιστικό υλικό:

- Συνδέεται νοηματικά με το κείμενο, το συμπληρώνει και το επεξηγεί. Υπάρχουν λεζάντες που βοηθούν τη σύνδεσή με το κείμενο. Δεν υπάρχουν εικόνες και σχήματα με νέα στοιχεία και γνώσεις πέραν του κειμένου, ούτε άσχετες διακοσμητικές εικόνες (Schnotz, 2002).
- Έχει καλή σχεδιαστική ποιότητα και είναι εστιασμένο στο εξεταζόμενο περιεχόμενο. Πλούσιες εικόνες και σχήματα, με πολλά άσχετα στοιχεία, αποπροσανατολίζουν τον αναγνώστη. Αντίθετα, τα σχετικά αφηρημένα, λιτά, και εικονιστικά απλούστερα, σχήματα, σκίτσα, σχεδιαγράμματα κ.λπ. διευκολύνουν σημαντικά την κατανόηση του κειμένου (Χαλκιά & Θεοδωρίδης, 2002; Καψάλης & Χαραλάμπους 2007).

Διδακτική λειτουργικότητα

Ένα λειτουργικό σχολικό βιβλίο διευκολύνει τον καθηγητή να διδάξει το μάθημα με σύγχρονο μαθητοκεντρικό τρόπο, και το μαθητή να συμμετέχει ενεργά και να μαθαίνει από αυτό. Επίσης, καθώς λειτουργεί κυρίως ως βοήθημα της διδασκαλίας στην τάξη (Καψάλης & Χαραλάμπους 2007), δε χρειάζεται να τα εξηγεί όλα με λεπτομέρειες και μπορεί να είναι συνοπτικό και εύχρηστο.

i. Λειτουργικότητα στη διδασκαλία του περιεχομένου

Ένα σύγχρονο λειτουργικό και εύχρηστο σχολικό βιβλίο:

- Είναι οργανωμένο σε σχετικά αυτόνομα, ωριαία, μαθήματα, ακόμα και όταν τα μαθήματα αυτά εντάσσονται σε μια ευρύτερη διδακτική ακολουθία.
- Αναδεικνύει την ανεπάρκεια των παλιών εννοιών και την αναγκαιότητα συγκρότησης νέων εννοιών μέσα από συγκεκριμένες προβληματικές καταστάσεις τις οποίες οι μαθητές καλούνται να αντιμετωπίσουν.
- Εισάγει τις νέες έννοιες μέσα από δραστηριότητες των μαθητών και όχι από καθέδρας. Αν και οι θεωρητικές έννοιες δε μπορούν να συγκροτηθούν μόνο από τα εμπειρικά στοιχεία, στηρίζει, όσο είναι δυνατόν, τις έννοιες αυτές πάνω σε καθημερινές εμπειρίες των μαθητών και σε πειραματικές δραστηριότητες.

- Χρησιμοποιεί πολλαπλές αναπαραστάσεις (λεκτικές, μαθηματικές, εικονιστικές, γραφήματα, παραπομπές σε προσομοιώσεις ή βίντεο κ.λπ.) για να διευκολύνει την κατανόηση των νόμων, των αρχών και των διάφορων θεωρητικών μοντέλων (π.χ. την κινητική θεωρία των αερίων).
- Εφαρμόζει τη βασική θεωρία σε διάφορες καταστάσεις από την καθημερινή ζωή ή την τεχνολογία.
- Αποφεύγει, όσο του επιτρέπει το πρόγραμμα σπουδών, επιστημονικούς ισχυρισμούς (νόμους ή τύπους) για τους οποίους δεν είναι τεχνικά δυνατόν να δοθεί αιτιολόγηση (π.χ. ο τύπος $\Sigma F = m \cdot v^2 / r$ στη δυναμική της κυκλικής κίνησης).

ii. Λειτουργικότητα των ερωτήσεων, των προβλημάτων και των πρακτικών δραστηριοτήτων

Με δραστηριότητες που είτε γίνονται με χαρτί και μολύβι είτε είναι πειραματικές και κατασκευαστικές, ο μαθητής εφαρμόζει τις νέες γνώσεις σε νέες καταστάσεις, ελέγχει την κατανόησή του γι' αυτές, και συγχρόνως τις σταθεροποιεί. Σε ένα λειτουργικό σχολικό βιβλίο:

- Στο τέλος κάθε μαθήματος ή κάθε κεφαλαίου προτείνονται απλές ερωτήσεις διαφόρων τύπων (άμεσης απάντησης, πολλαπλής επιλογής, σωστού-λάθους, αντιστοίχισης, σταυρόλεξα κ.λπ.) καθώς και απλά προβλήματα, τα οποία καλύπτουν όλη τη διδαχθείσα ύλη και όλες τις προς διδασκαλία δεξιότητες. Μεγάλο μέρος από αυτά αναφέρονται σε καταστάσεις από την καθημερινή ζωή, την τεχνολογία κ.λπ., οι οποίες είναι οικείες στο μαθητή και προκαλούν το ενδιαφέρον του.
- Ακόμα και οι απαιτητικές δραστηριότητες «προχωρούν» το μαθητή ένα ή δύο μόνο βήματα μπροστά και όχι περισσότερο, ώστε να μην τον αποθαρρύνουν. Βρίσκονται στη «ζώνη επικείμενης ανάπτυξης» του μέσου μαθητή. Στις πιο δύσκολες δραστηριότητες, οι μαθητές υποστηρίζονται και καθοδηγούνται με υποδείξεις, σπάσιμο των ερωτήσεων σε περισσότερες απλούστερες ερωτήσεις, σχήματα που κάνουν ορατές και ευκρινείς τις φυσικές καταστάσεις στις οποίες οι δραστηριότητες αυτές αναφέρονται κ.λπ. (Swanepoel, 2010).
- Στο τέλος κάθε μαθήματος προτείνονται ερωτήσεις αναστοχασμού ή μεταγνωστικές ερωτήσεις (π.χ. πώς βρήκαμε αυτό το νόμο;).
- Για μια πιο δημιουργική προσέγγιση των εννοιών, προτείνονται μικρά πρότζεκτ, πειράματα με απλά μέσα που γίνονται από τους μαθητές στο σπίτι, κατασκευές με απλά μέσα που προσομοιώνουν λειτουργίες (π.χ. την αναρρόφηση του αέρα από τους πνεύμονες) ή επιστημονικά όργανα (π.χ. ένα υδροστατικό μανόμετρο) κ.λπ.

iii. Λειτουργικότητα των πειραμάτων

Σε ένα λειτουργικό σχολικό βιβλίο:

- Τα προτεινόμενα πειράματα μπορούν, κατ' αρχάς, να γίνουν στην πράξη και να δώσουν τα αποτελέσματα που αναμένονται. Επίσης, μπορούν να γίνουν με τα μέσα του σχολικού εργαστηρίου.
- Τα αποτελέσματα των πειραμάτων οδηγούν εύκολα, χωρίς μεγάλη μαθηματική και θεωρητική επεξεργασία, στα συμπεράσματα. Η εννοιολογική επεξεργασία των πειραμάτων διευκολύνεται από ερωτήσεις πάνω στα αποτελέσματα, που καθοδηγούν τους μαθητές σε ερμηνείες και συζήτηση.
- Προτείνονται αρκετά και απλά (χωρίς συστηματικές μετρήσεις) ανακαλυπτικά ή διερευνητικά πειράματα, ώστε να γνωρίσουν οι μαθητές τα φαινόμενα και να τα διερευνήσουν.

Ενδεικτική εφαρμογή

Προκειμένου να εκτιμηθεί η αποτελεσματικότητα των ιδεών αυτών στην πράξη, αξιολογήθηκε με τη βοήθειά τους (αλλά χωρίς μέτρηση της αναγνωσιμότητας) ένα κεφάλαιο από δύο σχολικά βιβλία φυσικών επιστημών του Γυμνασίου. Το κεφάλαιο 1 από το βιβλίο «Αντωνίου Ν. κ.α.: Φυσική Γ' Γυμνασίου», βιβλίο που οι εκπαιδευτικοί θεωρούν υπερβολικά φορτωμένο, δύσκολο για το μαθητή και δύσκολα διαχειρίσιμο από το διδάσκοντα, και το κεφάλαιο 3 από το βιβλίο «Αβραμιώτης Σ. κ.α.: Χημεία Β' Γυμνασίου», βιβλίο που θεωρείται σχετικά προσβάσιμο από του μαθητή και σχετικά διαχειρίσιμο από το διδάσκοντα. Η αξιολόγηση επιβεβαίωσε σε γενικές γραμμές τις εμπειρικές εκτιμήσεις των εκπαιδευτικών.

Βιβλιογραφία

- Bagno E., Berger H. & Eylon B. (2008). Meeting the Challenge of Students Understanding of Formulae in High-school Physics: A Learning Tool. *Physics Education*, 43(1), 75-82.
- Γιαβρής Α. (2005). Παράγραφος: η Δομή και η Λειτουργία της. Κέδρος, Αθήνα.
- Chambliss M. & Calfee R. (1998). *Textbooks for Learning: Nurturing Children's Minds*. Blackwell, London.
- Devetak I. & Vogrinc J. (2013). The Criteria of Evaluating the Quality of the Science Textbooks. In M.S. Khine (ed), *Critical Analysis of Science Textbooks: Evaluating Instructional Effectiveness*, 3-15. Springer, Dordrecht.
- Dickson S., Simmons D. & Kameenui E. (1995). *Text Organization and its Relation to Reading Comprehension: A Synthesis of the Research*. Eugene, OR: National Center to Improve the Tools of Educators. Διαθέσιμο στο <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED386864.pdf>.
- Hanson S. & Padua J. (2011). *Text Features*. Pacific Resources of Education and Learning. Διαθέσιμο στο www.prel.org.
- Καψάλης Α. & Χαραλάμπους Δ. (2007). *Σχολικά Εγχειρίδια: Θεσμική Εξέλιξη και Σύγχρονη Προβληματική*. Εκδόσεις Μεταίχμιο, Αθήνα.
- Κολιόπουλος Δ. (2006). *Θέματα Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών: η Συγκρότηση της Σχολικής Γνώσης*. Εκδόσεις Μεταίχμιο, Αθήνα.

Κουλουμπαρίτση Α. (2002). Προδιαγραφές για Κατανοητά Διδακτικά Κείμενα στην Υποχρεωτική Εκπαίδευση: με Στόχο το «Διαβάζω για να Μάθω». *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 124:26-40.

Κουλουμπαρίτση Α. (2003). *Η Κατανόηση στο Αναλυτικό Πρόγραμμα, στα Σχολικά Βιβλία και στη Διδακτική Πράξη*. Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.

Λέκκα Β. (2005). *Η Γλώσσα των Επιστημονικών Κειμένων*. Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.

Roseman J. E., Stern L. & Koppal M. (2010). A Method for Analysing the Coherence of High School Biology Textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 47:1, 47-70.

Schnotz W. (2002). Towards an Integrated View of Learning from Text and Visual Displays. *Educational Psychology Review*, 14:1, 101-120.

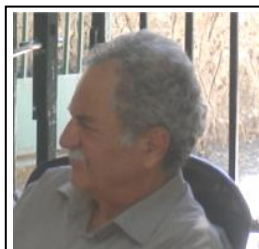
Sinatra G. & Broughton S. (2011). Bridging Reading Comprehension and Conceptual Change in Science Education: The Promise of Refutation Text. *Reading Research Quarterly*, 46:4, 374-393.

Slough S. & McTigue E. (2013). Development of the Graphical Analysis Protocol (GAP) for Eliciting the Graphical Demands of Science Textbooks. In M.S. Khine (ed), *Critical Analysis of Science Textbooks: Evaluating Instructional Effectiveness*, 17-30. Springer, Dordrecht.

Swanepoel S. (2010). *The Assessment of the Quality of Science Education Textbooks: Conceptual Framework and Instrument for Analysis*. Dissertation thesis. University of South Africa.

Χαλκιά Κ. & Θεοδωρίδης Μ. (2002). Η Χρήση της Εικόνας στα Εγχειρίδια των Φυσικών Επιστημών: ένα Σύστημα Ταξινόμησης και Αξιολόγησης των Εικόνων. *Θέματα στην Εκπαίδευση*, 3:1, 79-95.

Zwaan R. & Rapp D. (2006). Discourse Comprehension. In M. Traxler & M. Gernsbacher, *Handbook of Psycholinguistics*. Academic Press, Amsterdam.



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

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή

Συμβολή μιας σειράς πειραματικών δραστηριοτήτων στις δεξιότητες των μαθητών να αξιολογούν τα αποδεικτικά στοιχεία γραπτών επιχειρημάτων

Μιχαήλ Σκουμιάς

Οι πειραματικές δραστηριότητες κατέχουν κεντρική θέση στην εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες. Μέσω των πειραματικών δραστηριοτήτων επιδιώκεται η επίτευξη πολυάριθμων μαθησιακών στόχων. Σύμφωνα με τους Millar και Abrahams (2009), οι κύριοι στόχοι των πειραματικών δραστηριοτήτων μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες. Πιο συγκεκριμένα, οι πειραματικές δραστηριότητες στοχεύουν: (α) να βοηθήσουν τους μαθητές να βελτιώσουν τις γνώσεις τους για το φυσικό κόσμο και την κατανόησή τους για ορισμένες βασικές ιδέες, θεωρίες και μοντέλα που χρησιμοποιούν οι Φυσικές Επιστήμες, (β) να βοηθήσουν τους μαθητές να μάθουν τη χρήση οργάνων και υλικών και να είναι ικανοί να ακολουθούν μια πειραματική διαδικασία και (γ) να αναπτύξουν την κατανόηση των μαθητών για την επιστημονική προσέγγιση στην έρευνα (π.χ. πώς να σχεδιάζουν μια έρευνα, να αξιολογούν δεδομένα, να εξαγάγουν συμπεράσματα από δεδομένα, να επιχειρηματολογούν).

Ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι οι πειραματικές δραστηριότητες μπορούν να συνεισφέρουν στην οικοδόμηση γνώσεων (Gunstone, 1991; Höglström et al., 2010), καθώς επίσης και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων που σχετίζονται με την επιστημονική μέθοδο (Hofstein et al., 2005; Dkeidek et al., 2012) και το χειρισμό οργάνων και υλικών (Tobin, 1990). Επιπρόσθετα, μπορούν να συμβάλουν στην καλλιέργεια θετικών στάσεων απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες (Hofstein et al., 2004; Luketic & Dolan, 2013). Ωστόσο, έχουν εγερθεί ερωτήματα που σχετίζονται με την αποτελεσματικότητά τους και την εκπαιδευτική τους αξία. Ο Osborne (1998) ισχυρίστηκε ότι οι πειραματικές δραστηριότητες παίζουν ένα δευτερεύοντα ρόλο στη μάθηση των Φυσικών Επιστημών και έχουν χαμηλή εκπαιδευτική αξία. Έχει υποστηριχθεί ότι οι πειραματικές δραστηριότητες, με τον τρόπο που πραγματοποιούνται, δεν είναι καλά οργανωμένες, προκαλούν σύγχυση στους μαθητές και

συνεισφέρουν ελάχιστα στη μάθηση (Hodson, 1991). Οι Berry et al. (1999) παρατήρησαν ότι οι μαθητές περισσότερο επικεντρώνονται στην ολοκλήρωση της δραστηριότητας παρά στη μάθηση από την εκτέλεσή της. Επίσης, έχει επισημανθεί ότι οι πειραματικές δραστηριότητες δεν είναι αποτελεσματικές στο να βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν τις έννοιες και τις θεωρίες και ότι είναι βαρετές για πολλούς μαθητές που δεν τις βρίσκουν απαραίτητες (Woolnough, 1995).

Με στόχο τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των πειραματικών δραστηριοτήτων, μια κατεύθυνση της έρευνας τα τελευταία χρόνια έχει εστιάσει στην επιχειρηματολογία των μαθητών (Hofstein & Kind, 2012; Katchevich et al., 2014; Sampson et al., 2011). Η παραγωγή και η αξιολόγηση επιχειρημάτων από τους μαθητές αποτελεί ουσιώδη στόχο της εκπαίδευσής τους στις Φυσικές Επιστήμες (Driver et al., 2000; National Research Council [NRC], 2012). Η εκπαίδευση στη παραγωγή και την αξιολόγηση επιχειρημάτων είναι αναγκαία όχι μόνο για αυτούς που σκοπεύουν να ασχοληθούν ενεργά με ένα επιστημονικό πεδίο αλλά και για όλους τους πολίτες. Οι πολίτες είναι αναγκαίο να έχουν αναπτύξει τη δεξιότητα να αξιολογούν επιχειρήματα που τους παρουσιάζονται γραπτά ή προφορικά και να παράγουν τεκμηριωμένα επιχειρήματα όταν καταθέτουν μια άποψή τους (Krajcik & McNeill, 2009). Επιπρόσθετα, οι διαδικασίες παραγωγής και αξιολόγησης επιχειρημάτων μπορούν να συνεισφέρουν στην καλύτερη κατανόηση του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών από τους μαθητές (Zohar & Nemet, 2002) και στην αλλαγή της εικόνας που έχουν διαμορφώσει για τις Φυσικές Επιστήμες (Bell & Linn, 2000).

Το μοντέλο επιχειρημάτων του Toulmin (1958), έχει ευρύτατα χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση επιστημονικών επιχειρημάτων. Ωστόσο, έχει επισημανθεί ότι εμφανίζονται δυσκολίες στη χρήση του για την ανάλυση του γραπτού ή του προφορικού λόγου των μαθητών (McNeill et al., 2006). Για την αντιμετώπιση αυτών των δυσκολιών προτάθηκε μια απλουστευμένη εκδοχή του. Σύμφωνα με αυτήν, ένα επιχείρημα περιλαμβάνει τέσσερα συστατικά στοιχεία: ισχυρισμό (claim), αποδεικτικά στοιχεία (evidence), συλλογισμό (reasoning) και αντίκρουση (rebuttal) (McNeill & Krajcik, 2012). Πιο συγκεκριμένα, ο ισχυρισμός είναι ένα συμπέρασμα που απαντά σε μια ερώτηση. Τα αποδεικτικά στοιχεία είναι τα δεδομένα εκείνα που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό. Ο συλλογισμός συνδέει τον ισχυρισμό με τα αποδεικτικά στοιχεία και φανερώνει το λόγο για τον οποίο τα δεδομένα θεωρούνται ως αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό χρησιμοποιώντας επιστημονικές αρχές. Η αντίκρουση αιτιολογεί πώς ή γιατί ένας εναλλακτικός ισχυρισμός είναι λανθασμένος.

Μολονότι η παραγωγή και η αξιολόγηση επιστημονικών επιχειρημάτων διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες, συχνά δεν εντάσσεται στη συνήθη σχολική πρακτική (Newton et al., 1999). Επιπρόσθετα, ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι οι μαθητές παρουσιάζουν δυσκολίες στη παραγωγή επιχειρημάτων. Πιο συγκεκριμένα, όταν οι μαθητές καλούνται να παράγουν ένα επιχείρημα απαντώντας σε ένα ερώτημα που τους τίθεται, συνήθως έχουν δυσκολίες στο να προτείνουν επαρκή και κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία και συλλογισμούς

για να τεκμηριώσουν τους ισχυρισμούς τους (Sandoval, 2003; McNeill & Krajcik, 2007; Songer & Gotwals, 2012).

Η έρευνα για την επιχειρηματολογία των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες έχει επικεντρωθεί κυρίως στη μελέτη της ποιότητας των επιχειρημάτων (Sandoval, 2003; Bell & Linn, 2000; McNeill, 2011; Songer & Gotwals, 2012) και της ποιότητας της διαλογικής επιχειρηματολογίας που αυτοί παράγουν (Katchevich et al., 2014). Είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που μελετά τις δεξιότητες των μαθητών να αξιολογούν επιχειρήματα (Knight et al., 2013; Knight et al., 2014). Όμως, η έρευνα αυτή εστιάζεται σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ενώ απουσιάζουν αντίστοιχες έρευνες με μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Επιπρόσθετα, απουσιάζουν έρευνες που να διερευνούν τη συμβολή των πειραματικών δραστηριοτήτων στην εξέλιξη των δεξιοτήτων των μαθητών να αξιολογούν γραπτά επιστημονικά επιχειρήματα που μελετούν.

Η εργασία αυτή επικεντρώνεται στην αξιολόγηση των αποδεικτικών στοιχείων των επιχειρημάτων. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της συμβολής μιας σειράς πειραματικών δραστηριοτήτων για την εξάτμιση και τη συμπύκνωση των υγρών στις δεξιότητες των μαθητών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου να αξιολογούν την ποιότητα των αποδεικτικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων που μελετούν. Ειδικότερα, η εργασία αυτή διερευνά τη συμβολή αυτών των πειραματικών δραστηριοτήτων στις δεξιότητες των μαθητών: (α) να εντοπίζουν τα αποδεικτικά στοιχεία σε γραπτά επιχειρήματα, (β) να αναγνωρίζουν αποδεικτικά στοιχεία που είναι αναγκαίο να περιλαμβάνονται σε επιχειρήματα, (γ) να κρίνουν αποδεικτικά στοιχεία και (δ) να συγκρίνουν και να αξιολογούν γραπτά επιχειρήματα με βάση τα αποδεικτικά στοιχεία που περιλαμβάνουν.

Μεθοδολογία

Ερευνητική διαδικασία και δείγμα

Η έρευνα διεξήχθη σε τρεις φάσεις. Στη πρώτη φάση, συγκροτήθηκε το ερωτηματολόγιο που εξέταζε τις δεξιότητες αξιολόγησης των αποδεικτικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων που μελετούν οι μαθητές και το εκπαιδευτικό υλικό με σειρά πειραματικών δραστηριοτήτων για την εννοιολογική περιοχή της εξάτμισης και της συμπύκνωσης. Στη δεύτερη φάση, πραγματοποιήθηκε η εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε στους μαθητές των σχολείων (διδασκτική παρέμβαση) και η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων από τους μαθητές πριν και μετά τη διδασκτική παρέμβαση (προ-τεστ και μετά-τεστ). Στη τρίτη φάση, αφού ολοκληρώθηκε η συλλογή των δεδομένων, πραγματοποιήθηκε η ανάλυσή τους και η εξαγωγή των συμπερασμάτων.

Αρχικά, το ερωτηματολόγιο που συγκροτήθηκε δόθηκε σε πέντε μαθητές (πιλοτική έρευνα). Πραγματοποιήθηκε μια σύντομη συλλογική συζήτηση με τους μαθητές για να εξαχθούν σχόλια και παρατηρήσεις. Επίσης, δόθηκε σε δύο ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, ώστε να ελεγχθεί η εσωτερική του εγκυρότητα και να διορθωθούν τυχόν ελλείψεις ή ασάφειες. Στη συνέχεια,

διαμορφώθηκε το ερωτηματολόγιο της κύριας έρευνας, με βάση τις παρατηρήσεις και τις ελλείψεις που επισημάνθηκαν στην εφαρμογή του στην πιλοτική έρευνα, προκειμένου αυτό να ανταποκρίνεται στους στόχους της έρευνας και να είναι κατανοητό από τους μαθητές.

Στην παρούσα έρευνα το δείγμα της αποτέλεσαν συνολικά 64 μαθητές (33 αγόρια, 31 κορίτσια) που φοιτούσαν στην Ε' τάξη τριών δημοτικών σχολείων της Ρόδου.

Το ερωτηματολόγιο

Το ερωτηματολόγιο συγκροτήθηκε με βάση το πλαίσιο αξιολόγησης των αποδεικτικών στοιχείων που έχει προταθεί από τους Knight et al. (2014). Ειδικότερα, το ερωτηματολόγιο περιλάμβανε ένα εισαγωγικό κείμενο, τρεις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και μια ανοικτή ερώτηση (βλ. Παράρτημα). Στο αρχικό κείμενο υπήρχε ένα ερευνητικό ερώτημα, ένας πίνακας δεδομένων και ένα επιστημονικό επιχείρημα. Η πρώτη ερώτηση ζητούσε από τους μαθητές να εντοπίσουν τα αποδεικτικά στοιχεία που περιέχονται στο επιχείρημα. Η δεύτερη ερώτηση ζητούσε από τους μαθητές να αναγνωρίσουν, ανάμεσα σε διάφορες προτάσεις, το αποδεικτικό στοιχείο που είναι αναγκαίο να περιλαμβάνεται στο επιχείρημα. Η τρίτη ερώτηση ζητούσε από τους μαθητές να κρίνουν αν ένα αποδεικτικό στοιχείο που τους δίνεται είναι ισχυρό ή ασθενές. Η τέταρτη ερώτηση ζητούσε από τους μαθητές να συγκρίνουν δύο επιχειρήματα που έχουν ίδιο ισχυρισμό αλλά διαφορετικά αποδεικτικά στοιχεία.

Οι πειραματικές δραστηριότητες

Οι σύγχρονες προσεγγίσεις για τη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες εδράζονται στην εποικοδομητικές απόψεις για τη μάθηση και θεωρούν ότι ο μαθητής δεν λαμβάνει παθητικά τη γνώση αλλά αντίθετα οικοδομεί ενεργητικά τη γνώση μέσα από γνωστικές, κοινωνικές και πολιτισμικές διαδικασίες (NRC, 2012). Βασική θέση των εποικοδομητικών απόψεων για τη μάθηση είναι ότι οι μαθητές έχουν διαμορφωμένες αντιλήψεις για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών (Driver & Oldham, 1986). Η διανοητική και πρακτική εργασία που σχετίζεται με την επεξεργασία και την αναθεώρηση των αντιλήψεων εδράζεται στην εμπλοκή των μαθητών με επιστημονικές πρακτικές (NRC, 2012). Για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες έχουν προταθεί οι ακόλουθες οκτώ επιστημονικές πρακτικές (NGSS Lead States, 2013): (α) υποβολή ερωτημάτων, (β) ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, (γ) σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας, (δ) ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, (ε) χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, (στ) συγκρότηση εξηγήσεων, (ζ) εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία και (η) απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.

Οι παραπάνω απόψεις απετέλεσαν το υπόβαθρο για τη σχεδίαση μιας σειράς πειραματικών δραστηριοτήτων για την εξάτμιση και τη συμπύκνωση. Ειδικότερα, σε ό,τι αφορά τη δομή των πειραματικών δραστηριοτήτων που συγκροτήθηκαν, αυτές περιλαμβάνουν τα ακόλουθα στάδια.

(α) *Προβληματισμός*: Με σκοπό να αναδυθούν οι αντιλήψεις των μαθητών τίθεται ένα πρόβλημα στους μαθητές.

(β) *Προβλέψεις*: Οι μαθητές, μολονότι είναι οργανωμένοι σε ομάδες, εργάζονται ατομικά και απαντούν γραπτά στις ερωτήσεις του προβλήματος.

(γ) *Συνειδητοποίηση διαφωνιών και διαμόρφωση ερωτήματος προς έρευνα*: Πραγματοποιείται συζήτηση ανάμεσα στους μαθητές κάθε ομάδας, με στόχο τη συνειδητοποίηση των μεταξύ τους διαφωνιών. Ακολουθεί αντιπαράθεση των μαθητών στην προσπάθειά τους να υποστηρίξουν τις απόψεις τους. Οι αντιπρόσωποι των ομάδων ανακοινώνουν τα αποτελέσματα των συζητήσεων των ομάδων στο σύνολο των μαθητών της τάξης. Πραγματοποιείται συζήτηση των μαθητών σε επίπεδο τάξης με τον συντονισμό του εκπαιδευτικού με στόχο τη διατύπωση από πλευράς μαθητών του ερωτήματος για έρευνα.

(δ) *Σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας*: Οι μαθητές, με τη βοήθεια κατάλληλων ερωτήσεων που υπάρχουν στο φύλλο εργασίας τους, σχεδιάζουν και πραγματοποιούν έρευνα με σκοπό να απαντήσουν στο ερευνητικό ερώτημα που έθεσαν. Αφού διατυπώσουν υποθέσεις, αναγνωρίζουν τις μεταβλητές που υπεισέρχονται στην έρευνα, πραγματοποιούν έλεγχο των μεταβλητών (αναγνωρίζοντας την ανεξάρτητη και την εξαρτημένη μεταβλητή, καθώς επίσης και τις μεταβλητές ελέγχου), περιγράφουν τα βήματα της πειραματικής διαδικασίας που θα ακολουθήσουν, συγκεντρώνουν όργανα και υλικά, υλοποιούν το πείραμα και συλλέγουν και καταγράφουν τα δεδομένα.

(ε) *Συγκρότηση «αρχικού» επιχειρήματος*: Οι μαθητές, με τη βοήθεια κατάλληλων ερωτήσεων που υπάρχουν στο φύλλο εργασίας τους, καλούνται ατομικά να καταγράψουν ένα ισχυρισμό, τα αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό και ένα συλλογισμό που συνδέει τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό.

(στ) *Αντιπαράθεση επιχειρημάτων*: Πραγματοποιείται συζήτηση ανάμεσα στους μαθητές κάθε ομάδας με στόχο την αντιπαραβολή των επιχειρημάτων τους. Ακολουθεί αντιπαράθεση των μαθητών στην προσπάθειά τους να υποστηρίξουν τα επιμέρους συστατικά στοιχεία των επιχειρημάτων τους.

(ζ) *Αξιολόγηση και αναθεώρηση επιχειρήματος*: Οι μαθητές, με τη βοήθεια μιας κλίμακας διαβαθμισμένων κριτηρίων για την αξιολόγηση των επιχειρημάτων (Σκουμιάς & Χατζηνικήτα, 2013), αξιολογούν είτε το δικό τους επιχείρημα είτε τα επιχειρήματα των συμμαθητών τους. Πραγματοποιείται συζήτηση των μαθητών σε επίπεδο τάξης με τον συντονισμό του εκπαιδευτικού πάνω στις διαφωνίες που έχουν ανακύψει.

(η) Συγκρότηση «τελικού» επιχειρήματος: Οι μαθητές καλούνται με βάση τα όσα έχουν προηγηθεί στο προηγούμενο στάδιο να καταγράψουν εκ νέου ένα ισχυρισμό, τα αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό και ένα συλλογισμό που συνδέει τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό.

(θ) Αναστοχασμός: Οι μαθητές μελετούν εκ νέου το «αρχικό» επιχείρημα και το συγκρίνουν με το «τελικό» επιχείρημα. Συζητούν τις ομοιότητες και τις διαφοροποιήσεις με τους συμμαθητές της ομάδας τους.

Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

Τα δεδομένα της έρευνας απετέλεσαν οι γραπτές απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ως μονάδα ανάλυσης ορίστηκε η απάντηση που συνέταξε κάθε μαθητής σε κάθε ερώτηση που του τέθηκε. Για την αξιολόγηση των απαντήσεων των μαθητών στην ανοικτού τύπου ερώτηση (τέταρτη ερώτηση) χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων που έχει αναπτυχθεί από τους Knight et al., 2014) (βλ. Πίνακας 1).

Η ανάλυση των δεδομένων επέτρεψε την αποτύπωση, σε επίπεδο απόλυτων τιμών και εκατοστιαίων κατανομών, των επιπέδων των δεξιοτήτων τους να εντοπίζουν τα αποδεικτικά στοιχεία σε επιχειρήματα, να αναγνωρίζουν αποδεικτικά στοιχεία που είναι αναγκαίο να περιλαμβάνονται σε επιχειρήματα, να κρίνουν αποδεικτικά στοιχεία, καθώς επίσης και να συγκρίνουν και να αξιολογούν επιχειρήματα με βάση τα αποδεικτικά τους στοιχεία, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Επίπεδα	Περιγραφή
Επίπεδο 3	Ο μαθητής επιλέγει ορθά και κρίνει την ποιότητα των αποδεικτικών στοιχείων που χρησιμοποιούνται και στα δύο επιχειρήματα
Επίπεδο 2	Ο μαθητής επιλέγει ορθά και κρίνει την ποιότητα των αποδεικτικών στοιχείων που χρησιμοποιούνται μόνο στο ένα επιχείρημα
Επίπεδο 1	Ο μαθητής επιλέγει ορθά χωρίς αιτιολόγηση ή επιλέγει ορθά και αναφέρει ότι το ένα επιχείρημα περιλαμβάνει ισχυρότερα αποδεικτικά στοιχεία, όμως η αιτιολόγηση είναι λανθασμένη
Επίπεδο 0	Ο μαθητής δεν επιλέγει ή επιλέγει λανθασμένα

Πίνακας 1. Η κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων για τη σύγκριση δύο επιχειρημάτων που έχουν τον ίδιο ισχυρισμό αλλά διαφορετικά αποδεικτικά στοιχεία

Για τη μελέτη του ζητήματος της εξέλιξης των απαντήσεων των μαθητών, οι απαντήσεις των μαθητών χωρίστηκαν σε δυο κατηγορίες: (α) κατάλληλες απαντήσεις (απαντήσεις προς την κατεύθυνση της σχολικής εκδοχής της επιστημονικής γνώσης) και (β) εναλλακτικές απαντήσεις (απαντήσεις διαφορετικές της σχολικής εκδοχής της επιστημονικής γνώσης) και χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό τεστ χ^2 για τη σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών στο αρχικό και το τελικό ερωτηματολόγιο. Ο καθορισμός και η ερμηνεία των συσχετίσεων βασίστηκε στις τιμές του χ^2 και των τυποποιημένων υπολοίπων.

Αποτελέσματα

Εντοπισμός αποδεικτικού στοιχείου

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στην πρώτη ερώτηση του ερωτηματολογίου προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στις απαντήσεις που προτείνουν οι μαθητές (βλ. Πίνακα 2). Πιο συγκεκριμένα, πριν τη διδακτική παρέμβαση η πλειοψηφία των μαθητών προτείνει εναλλακτικές απαντήσεις, δηλαδή δεν εντοπίζει ορθά το αποδεικτικό στοιχείο (70,31%), ενώ μετά τη διδακτική παρέμβαση η πλειοψηφία των μαθητών προτείνει την κατάλληλη απάντηση, δηλαδή εντοπίζει ορθά το αποδεικτικό στοιχείο που περιλαμβάνεται στο επιχείρημα (79,69%). Μάλιστα, διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($\chi^2=30,3$, $df=1$, $p<0.0001$). Ειδικότερα, πριν τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές τείνουν να επιλέγουν εναλλακτικές απαντήσεις, ενώ μετά τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές τείνουν να επιλέγουν την κατάλληλη απάντηση.

Κατηγορίες απαντήσεων	Προ-τεστ			Μετά-τεστ		
	f	f%	R	f	f%	R
Κατάλληλη	19	29,69	-2,62	51	79,69	+2,62
Εναλλακτική	45	70,31	+2,88	13	20,31	-2,88

Πίνακας 2. Οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν στον εντοπισμό του αποδεικτικού στοιχείου σε ένα επιχείρημα πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες (f, f%) και τυποποιημένα υπόλοιπα (R)

Αναγνώριση αποδεικτικού στοιχείου

Με βάση τις απαντήσεις των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στη δεύτερη ερώτηση του ερωτηματολογίου προκύπτει ότι (βλ. Πίνακα 3) ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές δεν αναγνωρίζουν το αποδεικτικό στοιχείο που μπορεί να περιλαμβάνεται σε ένα επιχείρημα προκειμένου αυτό να είναι ισχυρότερο (67,19%), μετά τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές αναγνωρίζουν το αποδεικτικό στοιχείο (76,56%). Επίσης, διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($\chi^2=22,98$, $df=1$, $p<0.0001$). Πιο συγκεκριμένα, πριν τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές τείνουν να επιλέγουν εναλλακτικές απαντήσεις, ενώ μετά τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές τείνουν να επιλέγουν την κατάλληλη απάντηση.

Κατηγορίες απαντήσεων	Προ-τεστ			Μετά-τεστ		
	f	f%	R	f	f%	R
Κατάλληλη	21	32,81	-2,28	49	76,56	+2,28
Εναλλακτική	43	67,19	+2,51	15	23,44	-2,51

Πίνακας 3. Οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν στην αναγνώριση του αποδεικτικού στοιχείου που μπορεί να περιλαμβάνεται σε ένα επιχείρημα πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες (f, f%) και τυποποιημένα υπόλοιπα (R)

Κρίση αποδεικτικού στοιχείου

Από την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση στη τρίτη ερώτηση του ερωτηματολογίου διαπιστώνεται ότι (βλ. Πίνακα 4) ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές δεν κρίνουν ορθά αν ένα αποδεικτικό στοιχείο είναι ισχυρό ή ασθενές (68,75%), μετά τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές κρίνουν ορθά αν ένα αποδεικτικό στοιχείο είναι ισχυρό ή ασθενές (71,88%). Επίσης, διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($\chi^2=19,55$, $df=1$, $p<0.0001$). Ειδικότερα, πριν τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές τείνουν να επιλέγουν εναλλακτικές απαντήσεις και μετά τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές τείνουν να επιλέγουν την κατάλληλη απάντηση.

Κατηγορίες απαντήσεων	Προ-τεστ			Μετά-τεστ		
	f	f%	R	f	f%	R
Κατάλληλη	20	31,25	-2,18	46	71,88	+2,18
Εναλλακτική	44	68,75	+2,25	18	28,12	-2,25

Πίνακας 4. Οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν στη κρίση ενός αποδεικτικού στοιχείου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες (f, f%) και τυποποιημένα υπόλοιπα (R)

Σύγκριση και αξιολόγηση δύο επιχειρημάτων με βάση τα αποδεικτικά στοιχεία

Με βάση τις απαντήσεις των μαθητών στη τέταρτη ερώτηση του ερωτηματολογίου προκύπτει ότι (βλ. Πίνακα 5) πριν τη διδακτική παρέμβαση οι απαντήσεις σχεδόν των μισών μαθητών εντάσσονται στο επίπεδο 0. Είναι σημαντικό το ποσοστό των μαθητών που οι απαντήσεις τους εντάσσονται στο επίπεδο 1 (39,06%). Είναι ελάχιστοι οι μαθητές που οι απαντήσεις εντάσσονται στο επίπεδο 2 (7,81%). Μετά τη διδακτική παρέμβαση είναι αρκετά μειωμένο το ποσοστό των μαθητών που οι απαντήσεις τους ανήκουν στο επίπεδο 0 (20,31%) και έχουν αυξηθεί τα ποσοστά των απαντήσεων που εντάσσονται στα επίπεδα 2 και 3 (31,25% και 12,5% αντίστοιχα).

Επίπεδα απαντήσεων	Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%
Επίπεδο 3	1	1,56	8	12,50
Επίπεδο 2	5	7,81	20	31,25
Επίπεδο 1	25	39,06	23	35,94
Επίπεδο 0	33	51,57	13	20,31

Πίνακας 5. Οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν στη σύγκριση και την αξιολόγηση επιχειρημάτων με βάση τα αποδεικτικά τους στοιχεία πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες (f, f%) και τυποποιημένα υπόλοιπα (R)

Επίπεδα απαντήσεων	Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	R	f	R
Επίπεδα 2 & 3	6	-2,55	28	+2,55
Επίπεδο 1	25	+0,1	23	-0,1
Επίπεδο 0	33	+2,09	13	-2,09

Πίνακας 6. Οι συχνότητες (f) των επιπέδων των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στη σύγκριση και την αξιολόγηση επιχειρημάτων με βάση τα αποδεικτικά στοιχεία πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση και τα αντίστοιχα τυποποιημένα υπόλοιπα (R)

Επίσης, διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($\chi^2=4,75$, $df=1$, $p<0.0293$). Η συσχέτιση αυτή οφείλεται στις ακόλουθες τάσεις (βλ. Πίνακα 6): (α) πριν τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές τείνουν να επιλέγουν απαντήσεις επιπέδου 0 και όχι επιπέδων 2 και 3 και (β) μετά τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές τείνουν να επιλέγουν απαντήσεις επιπέδων 2 και 3 και όχι απαντήσεις επιπέδου 0.

Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε ότι πριν την εφαρμογή της σειράς των πειραματικών δραστηριοτήτων οι περισσότεροι μαθητές πρότειναν εναλλακτικές απαντήσεις στις ερωτήσεις που τους τέθηκαν. Συνεπώς, οι δεξιότητες των μαθητών να εντοπίζουν τα αποδεικτικά στοιχεία σε επιχειρήματα, να αναγνωρίζουν αποδεικτικά στοιχεία που είναι αναγκαίο να περιλαμβάνονται σε επιχειρήματα, να κρίνουν αποδεικτικά στοιχεία και να συγκρίνουν επιχειρήματα με βάση την ποιότητα των αποδεικτικών στοιχείων τους, δεν ήταν αναπτυγμένες. Η παραπάνω διαπίστωση μπορεί να αποδοθεί στο ότι στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών σπάνια παρέχονται ευκαιρίες στους μαθητές να αξιολογούν επιχειρήματα και σπάνια υποστηρίζονται στην προσπάθειά τους να συγκροτούν επιχειρήματα (Newton et al., 1999).

Όμως, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση η πλειονότητα των μαθητών πρότεινε εναλλακτικές απαντήσεις στις ερωτήσεις που τους τέθηκαν, μετά τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές πρότειναν κατάλληλες απαντήσεις. Μάλιστα, διαπιστώθηκε μια στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Τα

ευρήματα της παρούσας εργασίας καταδεικνύουν ότι η ανάπτυξη των δεξιοτήτων που αφορούν στην αξιολόγηση των αποδεικτικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων στους μαθητές της Ε' τάξης του δημοτικού σχολείου, μέσω της εφαρμογής μιας σειράς πειραματικών δραστηριοτήτων για την εξάτμιση και τη συμπύκνωση των υγρών, αναδείχθηκε εφικτή. Τα ευρήματα της εργασίας αυτής είναι δυνατόν να αποδοθούν σε λόγους που σχετίζονται με τη διδακτική στρατηγική που ακολουθήθηκε και στις πειραματικές δραστηριότητες που χρησιμοποιήθηκαν.

Μολονότι η ανάπτυξη δεξιοτήτων που αφορούν στην αξιολόγηση της ποιότητας των αποδεικτικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων που μελετούν οι μαθητές, μέσω των πειραματικών δραστηριοτήτων, αναδείχθηκε εφικτή, ωστόσο υπάρχουν μαθητές που δεν ανέπτυξαν αυτές τις δεξιότητες. Συνεπώς, η ανάπτυξη τέτοιων δεξιοτήτων δεν είναι απρόσκοπτη. Καταδεικνύεται επομένως η ανάγκη δημιουργίας ενός πλαισίου, που να υποστηρίζει εκπαιδευτικούς και μαθητές τόσο στη διαδικασία υποστήριξης ενός ισχυρισμού με αποδεικτικά στοιχεία και συλλογισμούς όσο και αξιολόγησης των επιχειρημάτων. Προς αυτή την κατεύθυνση κατατείνουν σχετικά πρόσφατες ερευνητικές προσπάθειες (Katchevich et al., 2014; Krajcik & McNeill, 2009; Kyza et al., 2011; Sampson et al., 2011; Songer & Gotwals, 2012). Η παρούσα εργασία με τα ευρήματά της συνεισφέρει προς αυτή την κατεύθυνση.

Στην έρευνα αυτή συμμετείχαν μαθητές τριών δημοτικών σχολείων και συνεπώς τα ευρήματά της υπόκεινται στους περιορισμούς του δείγματος. Επιπλέον, η έρευνα πραγματοποιήθηκε μόνο με τη χρήση ερωτηματολογίων. Η χρήση συνέντευξης ή ο συνδυασμός ερωτηματολογίου και συνέντευξης αλλά και η μελέτη του λόγου των μαθητών σε όλη τη διάρκεια των διδασκαλιών, θα επέτρεπαν τη διερεύνηση, σε μεγαλύτερο βάθος, της διαδικασίας ανάπτυξης των δεξιοτήτων των μαθητών που αφορούν στην αξιολόγηση των αποδεικτικών στοιχείων των επιχειρημάτων. Επιπρόσθετα, η μελέτη του λόγου των μαθητών σε όλη τη διάρκεια των διδασκαλιών θα επέτρεπε να εντοπιστούν οι πειραματικές δραστηριότητες που συμβάλουν σημαντικά στην ανάπτυξη αυτών των δεξιοτήτων.

Η παρούσα εργασία εστιάστηκε αποκλειστικά στη διερεύνηση της εξέλιξης των δεξιοτήτων των μαθητών να αξιολογούν γραπτά επιχειρήματα που μελετούν με βάση τα αποδεικτικά τους στοιχεία. Δεν έχει μελετηθεί η εξέλιξη των δεξιοτήτων τους να αξιολογούν γραπτά επιχειρήματα με βάση την ποιότητα των συλλογισμών και των αντικρούσεων που αυτά περιλαμβάνουν. Επίσης, δεν έχει διερευνηθεί η εξέλιξη των δεξιοτήτων τους να αξιολογούν επιχειρήματα στον προφορικό λόγο και δεν έχει διερευνηθεί αν υπάρχουν διαφοροποιήσεις ανάμεσα στις δεξιότητές τους να αξιολογούν προφορικά επιχειρήματα και στις δεξιότητές τους να αξιολογούν γραπτά επιχειρήματα. Επιπρόσθετα, δεν έχει διερευνηθεί η συσχέτιση ανάμεσα στην ανάπτυξη δεξιοτήτων που αφορούν στην αξιολόγηση επιχειρημάτων και στην οικοδόμηση γνώσεων. Η έρευνα αυτή θα συμβάλει στη σχεδίαση νέου εκπαιδευτικού υλικού που να επιδιώκει την ανάπτυξη των δεξιοτήτων τους να αξιολογούν επαρκώς γραπτά ή προφορικά επιχειρήματα και στην οικοδόμηση γνώσεων.

Αναφορές

- Bell, P., & Linn, M. (2000). Scientific arguments as learning artifacts: Designing for learning from the Web with KIE. *International Journal of Science Education*, 22, 797-817.
- Berry, A., Mulhall, P., Gunstone, R.F., & Loughran, J.J., (1999). Helping Students Learn from Laboratory Work. *Australian Science Teachers Journal*, 45(1), 27-31.
- Dkeidek, I., Mamlok-Naaman, R., & Hofstein, A. (2012). Assessment of the laboratory learning environment in an inquiry-oriented chemistry laboratory in Arab and Jewish high schools in Israel. *Learning Environments Research*, 15, 141-169.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84, 287-312.
- Driver, R. & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Gustone, R.F., (1991). Reconstructing theory from practical experience. In B.E. Woolnough (ed.), *Practical Science* (pp. 67-77). Milton Keynes: Open University Press.
- Hodson, D. (1991). Practical work in science: Time for a reappraisal. *Studies in Science Education*, 19, 175-184.
- Hofstein, A., & Kind, P. (2012) Learning in and from science laboratories. In B. Fraser, K. Tobin & K. McRobbie (Eds.), *Second Handbook of Research in Science Teaching* (pp. 189-208). Dordrecht NL: Springer.
- Holfstein, A., & Lunetta, V.N. (2004). The laboratory in science education: Foundation for the 21st century. *Science Education*, 88, 28-54.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis M., & Naaman-Mamlok., R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 791-806.
- Högström, P., Ottander, C., & Benckert, S. (2010). Labwork and learning in secondary school chemistry: The importance of teacher and student interaction. *Research in Science Education*, 40, 505-523.
- Katchevich, D., Mamlok-Naaman, R., & Hofstein, A. (2014). The characteristics of openended inquiry-type chemistry experiments that enable argumentative discourse. *Sisyphus-Journal of Education*, 2(2), 74-99.
- Knight, A. M., McNeill, K. L., Corrigan, S., & Barber, J. (2013, April). Student assessments for reading and writing scientific arguments. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.
- Knight, A. M., Alves, C. B., Cannady, M. A., McNeill, K. L., & Pearson, P. D. (2014, April). Assessing middle school students' abilities to critique scientific evidence. Paper presented at the annual meeting of NARST, Pittsburg, PA.
- Krajcik, J., & McNeill, K. (2009). Designing instructional materials to support students' in writing scientific explanations: using evidence and reasoning across the Middle School years. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Hyatt Regency Orange County, Garden Grove, CA.

Kyza, E., Constantinou, C. P., & Spanoudis, G., (2011). Sixth graders' co-construction of explanations of a disturbance in an ecosystem: exploring relationships between grouping, reflective scaffolding and evidence-based explanations. *International Journal of Science Education*, 33(18), 2489-2525.

Luketic, C. D., & Dolan, E. L. (2013). Factors influencing student perceptions of high-school science laboratory environments. *Learning Environments Research*, 16, 37-47.

McNeill, K. L. (2011). Elementary students' views of explanation, argumentation and evidence and abilities to construct arguments over the school year. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(7), 793-823.

McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2007). Middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations. In Lovett, M & Shah, P (Eds.), *Thinking with data* (pp. 233-265). New York, NY: Taylor & Francis Group, LLC.

McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2012). *Supporting grade 5-8 students in constructing explanations in science: The claim, evidence and reasoning framework for talk and writing*. New York, NY: Pearson Allyn & Bacon.

McNeill, K. L., Lizotte, D. J, Krajcik, J., & Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153-191.

Millar, R., & Abrahams, I. (2009). Practical work: Making it more effective. *School Science Review*, 91(334), 59-64.

National Research Council (NRC). (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.

Newton, P., Driver, R., & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21, 553-576.

NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.

Osborne, J. (1998). Science education without a laboratory? In J.J. Wellington (Ed.), *Practical work in school science. Which way now?* (pp. 156-173). London: Routledge.

Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. (2011). Argument-Driven Inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study. *Science Education*, 95(2), 217-257.

Sandoval, W. (2003). Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. *The Journal of the Learning Sciences*, 12, 5-51.

Songer, N. B. & Gotwals, A. W. (2012). Guiding explanation construction by children at the entry points of learning progressions. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(2), 141-165.

Σκουμιός, Μ. & Χατζηνικήτα, Β. (2013) Η ποιότητα των εξηγήσεων των μαθητών του δημοτικού στις Φυσικές Επιστήμες. Στο: Πιερράτος, Θ., Αρτέμη, Σ., Πολάτογλου, Χ. & Κουμαράς, Π. (επιμ.), Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου: «Ποια Φυσική έχει νόημα να διδάσκονται τα παιδιά μας σήμερα;» (σ. 323-330). Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης και Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, saph2013.web.auth.gr.

Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge, England: Cambridge University Press.

Woolnough B. (1995). School effectiveness for different types of potential scientists and engineers. *Research in Science and Technological Education*, 13, 53-66.

Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 35–62.

Παράρτημα

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Σε πέντε δοχεία διαφορετικών χρωμάτων και μεγεθών υπάρχει νερό ίδιας θερμοκρασίας. Ο κύριος Κώστας ζητά από τους μαθητές του να γράψουν και να υποστηρίξουν την άποψή τους για την ακόλουθη ερώτηση:

Τι επηρεάζει το πόσο γρήγορα εξατμίζεται το νερό (ταχύτητα εξατμίσης του νερού) που είναι σε ένα δοχείο;

Η Μαρία χρησιμοποίησε τα στοιχεία που υπάρχουν στον ακόλουθο πίνακα για να γράψει και να υποστηρίξει την άποψή της.

Χρώμα δοχείου που έχει το νερό	Επιφάνεια νερού (σε τ. εκ.)	Ποσότητα νερού (σε γρ.)	Ταχύτητα εξατμίσης νερού
Πράσινο	50	700	Πολύ μεγάλη
Κίτρινο	40	500	Μεγάλη
Καφέ	30	1800	Μεσαία
Πορτοκαλί	20	200	Μικρή
Άσπρο	10	1200	Πολύ μικρή

Το κείμενο της Μαρίας:

Όταν η επιφάνεια του νερού είναι μεγάλη τότε η ταχύτητα εξατμίσης του νερού είναι μεγάλη (πρόταση 1). Στο πράσινο δοχείο το νερό έχει επιφάνεια 50 τ. εκ. και η ταχύτητα εξατμίσης είναι πολύ μεγάλη, ενώ στο πορτοκαλί δοχείο το νερό έχει επιφάνεια 20 τ. εκ. και η ταχύτητα εξατμίσης είναι μικρή (πρόταση 2). Η επιφάνεια του νερού στο πράσινο δοχείο είναι μεγαλύτερη από την επιφάνεια του νερού στο πορτοκαλί δοχείο και αυτό κάνει την ταχύτητα εξατμίσης του νερού στο πράσινο δοχείο να είναι πολύ μεγάλη (πρόταση 3).

Ερώτηση 1

Σε ποια πρόταση θεωρείς ότι η Μαρία έχει στοιχεία που υποστηρίζουν την άποψή της;

- ☐ Μόνο στην πρόταση 1
- ☐ Μόνο στην πρόταση 2
- ☐ Στις προτάσεις 1 και 2
- ☐ Σε καμιά πρόταση.

Ερώτηση 2

Η Μαρία σκέφτεται να προσθέσει ακόμα ένα στοιχείο για να υποστηρίξει επιπλέον την άποψή της. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις αποτελεί στοιχείο που υποστηρίζει την άποψή της;

- ☐ Όταν εξατμίζεται νερό σε ένα δοχείο με μαύρο χρώμα η ταχύτητα εξάτμισής του είναι πολύ μεγάλη
- ☐ Η επιφάνεια του νερού που έχει ένα κόκκινο ποτήρι είναι 30 τ. εκ. και η ταχύτητα εξάτμισής του είναι πολύ μεγάλη.
- ☐ Η επιφάνεια του νερού που είναι σε ένα μπλε ποτήρι είναι 40 τ. εκ. και η ταχύτητα εξάτμισής του είναι μεγάλη.
- ☐ Η επιφάνεια του νερού που είναι σε ένα γαλάζιο ποτήρι είναι η μεγαλύτερη και είναι 50 τ. εκ.

Ερώτηση 3

Η Μαρία λέει ότι όταν η επιφάνεια του νερού είναι μεγάλη τότε ο ρυθμός εξάτμισης του νερού είναι μεγάλος. Η Μαρία θέλει να προσθέσει το παρακάτω στοιχείο για να ενισχύσει την άποψή της:

Η επιφάνεια του νερού σε ένα βυσσινή ποτήρι είναι 15 τ. εκ. και η ταχύτητα εξάτμισης του νερού είναι μεγάλη.

Αυτό το στοιχείο είναι:

- ☐ αδύναμο, επειδή δεν έχει σχέση με την άποψη της Μαρίας
- ☐ αδύναμο, επειδή υποστηρίζει την αντίθετη άποψη από αυτήν που λέει η Μαρία
- ☐ ισχυρό, επειδή υποστηρίζει μια διαφορετική άποψη από αυτήν που προτείνει η Μαρία
- ☐ ισχυρό, επειδή υποστηρίζει την άποψη της Μαρίας.

Ερώτηση 4

Ο Κυριάκος είναι επίσης μαθητής στη τάξη του κυρίου Κώστα. Ο κύριος Κώστας ζήτησε από τη Μαρία και τον Κυριάκο να συγκρίνουν τα κείμενά τους.

Το κείμενο της Μαρίας

Όταν η επιφάνεια του νερού είναι μεγάλη τότε η ταχύτητα εξάτμισης του νερού είναι μεγάλη. Στο πράσινο δοχείο το νερό έχει επιφάνεια 50 τ. εκ. και η ταχύτητα εξάτμισης είναι πολύ μεγάλη, ενώ στο πορτοκαλί δοχείο το νερό έχει επιφάνεια 20 τ. εκ. και η ταχύτητα εξάτμισης είναι μικρή. Η επιφάνεια του νερού στο πράσινο δοχείο είναι μεγαλύτερη από την επιφάνεια του νερού στο πορτοκαλί δοχείο και αυτό κάνει την ταχύτητα εξάτμισης του νερού στο πράσινο δοχείο να είναι πολύ μεγάλη.

Το κείμενο του Κυριάκου

Όταν η επιφάνεια του νερού είναι μεγάλη τότε η ταχύτητα εξάτμισης του νερού είναι μεγάλη. Ο Γάλλος χημικός Λαβουαζιέ (που θεωρείται ο πατέρας της σύγχρονης Χημείας) σε ένα βιβλίο του έγραψε ότι η ταχύτητα εξάτμισης του νερού στη θάλασσα είναι μεγάλη. Αυτό είναι ένα καλό παράδειγμα που δείχνει ότι η ταχύτητα εξάτμισης του νερού στο πράσινο δοχείο να είναι πολύ μεγάλη.

Ποιος από τους δύο, η Μαρία ή ο Κυριάκος υποστηρίζει καλύτερα την άποψη που προτείνει;
Γιατί;



Ο Μιχάλης Σκουμιάς είναι Επίκουρος Καθηγητής του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Αιγαίου, στο πεδίο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Τα ερευνητικά του ενδιαφέροντα εστιάζονται στη διερεύνηση των αντιλήψεων και των εμποδίων των μαθητών για έννοιες των Φυσικών Επιστημών, στην ανάπτυξη και την αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού και στην επιμόρφωση εκπαιδευτικών.

Η διαπλοκή της πειραματικής διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών με τη διδασκαλία της γλώσσας ως μέρος μιας διαδικασίας ένταξης παιδιών Ρομά στο σχολείο

Γιώργος Χατζηπαύλου

Ο σκοπός μου είναι να διερευνήσω, μέσα από την πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με απλά υλικά, τα στοιχεία εκείνα που συμβάλλουν στη δημιουργία ορισμένων απαραίτητων συνθηκών για την ένταξη των παιδιών Ρομά στο σχολείο. Για να εντοπίσω τα στοιχεία θα πρέπει να απαντήσω σε δυο ερωτήματα. Πώς το μαθησιακό πλαίσιο που δημιουργεί στην τάξη η συγκεκριμένη προσέγγιση ευνοεί τη «σχολική επιτυχία» των παιδιών; Και πώς «η σχολική επιτυχία» στο μάθημα των Φυσικών με τη σειρά της συμβάλλει στη διαμόρφωση του ενδιαφέροντος των παιδιών για το σχολείο;

Οι λόγοι του αποκλεισμού των παιδιών Ρομά από το σχολείο είναι ευρύτεροι και δεν εντοπίζονται αποκλειστικά στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Είναι λόγοι οικονομικοί, κοινωνικοί, πολιτικοί, εκπαιδευτικοί (Τσιάκαλος, 2002; Χατζηνικολάου, 2005). Από την άλλη μεριά, ωστόσο, υποστηρίζω την άποψη πως η πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών διαθέτει ορισμένα χαρακτηριστικά τα οποία, εφόσον αξιοποιηθούν από το δάσκαλο, μπορούν να δημιουργήσουν συνθήκες σχολικής επιτυχίας.

Η πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και η διδασκαλία της γλώσσας

Παρουσιάζει ενδιαφέρον ο τρόπος με τον οποίο διαπλέκεται η πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με τη γλώσσα. Σε ένα παραδοσιακό μάθημα γλώσσας ακολουθείται περίπου η εξής διαδικασία: Ανάγνωση κειμένου, επεξεργασία (νοηματική, περιεχομένου, δομής), παραγωγή προφορικού και γραπτού λόγου, ασκήσεις γραμματικής, λεξιλογίου, ορθογραφίας και διαθεματικές δραστηριότητες (Ιορδανίδου, κ.ά, χχ, σ.17; Ιορδανίδου, Κανελοπούλου, κ.α, χχ, σς. 19-20). Σ' αυτή την παραδοσιακή διαδικασία συμμετέχουν τα παιδιά Ρομά που έχουν εμπειρίες και γλωσσολογικούς πόρους διαφορετικούς από αυτούς που θεωρεί δεδομένους το σχολικό πλαίσιο. Συνεπώς, το σχολείο

πρέπει να τα βοηθήσει ώστε να αναπτύξουν τρόπους χρήσης της γλώσσας που θεωρούνται σημαντικοί στο σχολείο. Από την άλλη μεριά, στην πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών τα παιδιά με ενδιαφέρον περιγράφουν, αφηγούνται, επιχειρηματολογούν και δίνουν οδηγίες. Υποστηρίζω από την αρχή ότι η πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών μπορεί να συμβάλει στο μετασχηματισμό του παραδοσιακού μαθήματος της γλώσσας σε ένα μάθημα κατά το οποίο η γλώσσα διδάσκεται και ως περιεχόμενο και ως μέσο επικοινωνίας. Επομένως, αξιοποιούμε ενιαία τη γλώσσα ως περιεχόμενο και ως μέσο διδασκαλίας καθώς το ίδιο το σχολείο συνιστά μια γλωσσική διαδικασία (Schleppegrell, 2004). Την παραδοχή ότι οι Φυσικές Επιστήμες μπορούν να μας παρέχουν θεμέλια για την ανάπτυξη της γλώσσας, ειδικότερα για παιδιά από γλωσσικές μειονότητες, συναντάμε στη σύγχρονη βιβλιογραφία της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (Michaels et al, 2007, σ. 3, 74).

Δεν είναι ότι τα παιδιά Ρομά δεν γνωρίζουν να αφηγούνται, να περιγράφουν, να επιχειρηματολογούν ή να δίνουν οδηγίες. Είναι ότι δε γνωρίζουν τα παραπάνω κειμενικά είδη με τον τρόπο που απαιτεί το σχολείο, στη βάση, δηλαδή, του κυρίαρχου ακαδημαϊκού γραμματισμού. Συνεπώς, το σχολείο οφείλει να διδάξει τον τρόπο αυτό και να μην τον θεωρεί αυτονόητο. Πρέπει, ωστόσο, να το κάνει σε ένα πλαίσιο που να έχει νόημα για τα παιδιά. Αν το πλαίσιο ή/και η συγκεκριμένη γλωσσική δραστηριότητα δεν έχει κάποια σημασία για τα παιδιά, τότε αυτά αποσύρονται ή συμμετέχουν παθητικά. Το σχολείο, όμως, όπως λειτουργεί, όταν διδάσκει τον τρόπο και δεν τον ζητάει ως αυτονόητα γνωστό από τα παιδιά (για παράδειγμα, «Συμπληρώστε την άσκηση με το οριστικό άρθρο ένας/μία/ένα ή το αόριστο άρθρο ο/η/το», ή «Μπορείς να περιγράψεις με λίγα λόγια τι συμβαίνει στο στομάχι κατά τη διάρκεια της πέψης;») το κάνει με έναν τρόπο φορμαλιστικό και χωρίς κανένα νόημα. Συνέπεια αυτού του χαρακτηριστικού είναι να συμμετέχουν τα παιδιά μηχανιστικά στις διαδικασίες της μάθησης.

Ωστόσο, ακριβώς το αντίθετο πρέπει να κάνει το σχολείο, ειδικά ένα σχολείο στο οποίο φοιτούν μαθητές που δεν ανήκουν στο κυρίαρχο κοινωνικοπολιτισμικό πλαίσιο και που δε διαθέτουν εκείνα τα γνωστικά σχήματα τα οποία θεωρούνται αυτονόητα από το σχολείο και επιτρέπουν σε παιδιά από άλλα περιβάλλοντα να συμμετέχουν με ευκολία έστω και μηχανιστικά. Τα σχολεία, επομένως, χρειάζονται ένα πλαίσιο γλωσσικών προσεγγίσεων το οποίο να παρέχει στους μαθητές εμπειρίες γεμάτες με νόημα, με καινούρια θέματα ουσίας και το οποίο να καλλιεργεί την εστίαση στα γλωσσολογικά χαρακτηριστικά των κειμένων που διαβάζουν και γράφουν οι μαθητές για τις καινούριες τους εμπειρίες (Schleppegrell, 2004, σσ. 152-153).

Μία μελέτη περίπτωσης

Θα μοιραστώ μαζί σας την πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην τάξη μας στον Δενδροπόταμο και τη διαδικασία με την οποία δημιουργούμε συνθήκες ενσωμάτωσης του λόγου των παιδιών στη διδασκαλία εν γένει. Καλλιεργώντας το διάλογο δεν ακολουθούμε τον παραδοσιακό

τρόπο «παράδοσης» του μαθήματος στα παιδιά. Παρουσιάζω ένα πρόβλημα και αναρωτιέμαι αρχικά για τη δυνατότητα και στη συνέχεια για τους πιθανούς τρόπους επίλυσής του. Έτσι, περιορίζεται ο λόγος μου καθώς οι μαθητές επιδιώκουν με ενδιαφέρον να λύσουν το πρόβλημα διατυπώνοντας υποθέσεις και αναπτύσσοντας επιχειρήματα προκειμένου να τεκμηριώσουν και να υπερασπιστούν την άποψη τους. Μέσα από την αντιπαράθεση τους αυτή καλλιεργείται ο προφορικός τους λόγος. Στη συνέχεια ελέγχουν μόνοι τους τις αρχικές τους υποθέσεις με βάση την εκτέλεση του πειράματος. Κατά τη διάρκεια του ελέγχου οι μαθητές αναδιηγούνται το πείραμα και ελέγχουν επιτόπου τις αρχικές τους υποθέσεις.

Το παράδειγμα που ακολουθεί είναι χαρακτηριστικό για τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούμε στην τάξη μας. Αφορά τα Φυσικά της Ε' τάξης και συγκεκριμένα το Φ.Ε. 1: Όγκος (Αποστολάκης κ.α, 2014, σσ. 20-22).

Αφού, λοιπόν, έχουμε καταλήξει πως ο όγκος είναι ο χώρος που «πιάνει» ένα σώμα αναρωτιέμαι πώς μπορούμε να τον μετρήσουμε. Για τα επόμενα λεπτά τα παιδιά διερευνούν πιθανούς τρόπους μέτρησης του όγκου.

Δάσκαλος: Πώς μπορούμε να μετρήσουμε τον όγκο της πατάτας;

A: Με ένα μέτρο.

Περιμένω την συγκεκριμένη απάντηση της μαθήτριάς γιατί τα παιδιά είναι εξοικειωμένα με το μέτρο (τη μετροταινία) ως όργανο μέτρησης. Η μαθήτριά σηκώνεται από τη θέση της, παίρνει τη μετροταινία και μετράει.

A: Είναι δέκα εκατοστά.

Δάσκαλος: Τι μέτρησες, από εδώ μέχρι εδώ;

Τα παιδιά δίνουν διάφορες απαντήσεις: πόσα μέτρα είναι, πόσο μεγάλη είναι, πόσο χοντρή είναι, πόσο χώρο πιάνει, τον όγκο.

Μέχρι στιγμής τα παιδιά αντλούνε τις απαντήσεις τους από ό,τι σκέφτονται άμεσα και από ό,τι άκουσαν λίγο πριν. Αυτά δεν αρκούν για να οδηγηθούν εκεί που πρέπει. Παρεμβαίνω:

Δάσκαλος: Δεν μετρήσε παιδιά τον όγκο, μετρήσε την απόσταση από εδώ μέχρι εδώ.

A: Θα την μετρήσω αλλιώς!

Μετράει στο «πλάτος» την πατάτα.

A: Έξι εκατοστά.

Δάσκαλος: Μέτρησες όγκο A,;

Δυο παιδιά: Ναι!

Π: Όχι, ρε!

Δάσκαλος: Τι μετρήσε Π,;

Π: Πόσο είναι.

A: Πάλι;

Π: Αφού απόσταση είναι!

Η Α. ξαναδοκιμάζει τρίτη φορά να μετρήσει τον όγκο. Αντιλαμβάνεται πως πρέπει να αλλάξει το όργανο μέτρησης.

Α: Ξέρω πώς θα τη μετρήσω; Με το χέρι μου!

Καλύπτει την πατάτα με τη χούφτα της. Στη συνέχεια τη βγάζει ανοίγοντας την παλάμη της όσο γίνεται πιο λίγο. Στο τέλος δείχνοντας τον «άδειο» χώρο υποστηρίζει πως «τόση είναι η πατάτα». Τα παιδιά απαντάνε ότι «δεν μέτρησες με αριθμούς!».

Η συζήτηση συνεχίζεται προκειμένου να βρούμε μια λύση αποδεκτή από την ολομέλεια. Τα παιδιά εξακολουθούν να αντλούν από όσα ήδη γνωρίζουν.

Δάσκαλος: Πώς λοιπόν, μπορούμε να μετρήσουμε τον όγκο μιας πατάτας;

Π: Με μια ζυγαριά!

Δάσκαλος: Η ζυγαριά τι μετράει;

Μ: Το βάρος!

Θ: Αν μετρήσεις και το ύψος [εννοεί την απόσταση] και το βάρος θα μας φτιάξουν έναν όγκο!

Σ' αυτό το σημείο παρεμβαίνω για να υποστηρίξω τη σκέψη τους. Εισάγω ένα άγνωστο στα παιδιά εργαλείο μέτρησης το *ογκομετρικό δοχείο*. Ο στόχος μου εδώ δεν είναι να δώσω έτοιμη την απάντηση αλλά να βοηθήσω προτείνοντας την κατεύθυνση προς την οποία πρέπει να κινηθούν για να λύσουν το πρόβλημα της μέτρησης του όγκου ενός σώματος. Έτσι, περιορίζομαι στο εργαλείο και δεν προχωράω στη διαδικασία μέτρησης αφήνοντας χώρο, συνεπώς και χρόνο, στα παιδιά να σκεφτούν.

Δάσκαλος: Υπάρχει παιδιά άλλος τρόπος να μετρήσουμε τον όγκο. Μπορούμε...

Η Α. βλέπει στα υλικά της ημέρας το μπουκάλι με το νερό και διακόπτει

Α: Με το νερό!

Δάσκαλος: Να χρησιμοποιήσουμε το ογκομετρικό δοχείο. Το δοχείο [το δείχνω] που μετράει όγκους. Πόσος είναι ένας όγκος.

Στις αντιδράσεις των παιδιών καταγράφεται πως αυτό δεν θα μπορούσαν να το ξέρουν. Δηλώνουν με διάφορους τρόπους την έκπληξη τους.

Δάσκαλος: Α., λες με το νερό. Πώς μπορώ να το μετρήσω με το νερό;

Α: Θα βάλετε νερό. Θα βάλετε και την πατάτα μέσα και θα δούμε... Ή και καθόλου νερό να μην βάλετε.

Δάσκαλος: Χωρίς νερό. Δηλαδή άμα βάλω τη πατάτα μέσα θα μετρήσω τον όγκο της;

Τοποθετώ την πατάτα στο ογκομετρικό δοχείο.

Παιδιά: Όχι!

Δάσκαλος: Άρα, πώς θα μετρήσω τον όγκο;

Παιδιά: Με νερό!

Δάσκαλος: Δηλαδή, Α., τι να κάνω;

Α: Να βάλετε μέσα νερό.

Βάζω νερό στο ογκομετρικό δοχείο.

Δάσκαλος: Πόσο νερό;

Μ: Λίγο!

Π: Μισό.

Ν: Μισό νερό, κύριε.

Δάσκαλος: Πες μου να σταματήσω.

Α: Στοπ, κύριε.

Δάσκαλος: Να βάλω μέσα την πατάτα.

Α: Ναι.

Δάσκαλος: Μπορώ να μετρήσω;

Ακολουθεί μικρή συζήτηση στην οποία η Ν. συνεισφέρει μια προϋπόθεση σωστής μέτρησης, να είναι το σώμα σκεπασμένο πλήρως με νερό.

Ν: Πρέπει να την καλύψει το νερό.

Ρίχνω το νερό μέχρι να «καλύψει» οριακά την πατάτα.

Δάσκαλος: Τώρα μπορώ να μετρήσω τον όγκο της πατάτας;

Παιδιά: Ναι!

Δάσκαλος: Ωραία, πόσος είναι;

Τα παιδιά επιχειρούν να διαβάσουν τον αριθμό στο δοχείο. Η Ζ. τους διακόπτει συνεισφέροντας μια ακόμη επιστημολογική προϋπόθεση.

Ζ: Κύριε, θα βάλεις πρώτα μέσα νερό, θα μετρήσεις πόσο είναι, θα γράψεις στον πίνακα και μετά θα βάλεις την πατάτα και θα δεις πού θα πάει.

Φυσικές Επιστήμες και παραγωγή κειμένων

Με διαδικασίες όπως η παραπάνω τα παιδιά επιχειρείται να ανακαλύψουν τη νέα γνώση. Ωστόσο, η πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών παρέχει επιπλέον το αναγκαίο πεδίο για να καλλιεργηθούν ποικίλα κειμενικά είδη (αφηγηματικά, περιγραφικά, επιχειρηματολογικά, κατευθυντικά). Αντλώντας από την επικοινωνιακή προσέγγιση της διδασκαλίας της γλώσσας, αρχικά

καλλιεργείται ο προφορικός λόγος των μαθητών σε πραγματικές συνθήκες επικοινωνιακής περίστασης. Τα παιδιά παράγουν κείμενα κυρίως προφορικά, αλλά συχνά και γραπτά, με σκοπό να αφηγηθούν μια δραστηριότητα, να αναπτύξουν τα επιχειρήματά τους, να αιτιολογήσουν τις υποθέσεις τους, να περιγράψουν μια διαδικασία.

Ακολουθεί ένα χαρακτηριστικό απόσπασμα διαλόγου. Τρία παιδιά συνοικοδομούν με φυσικό τρόπο και αβίαστα την περιγραφή του πειράματος προκειμένου να πληροφορήσουν έναν συμμαθητή τους που έλειπε για το πώς έγινε το πείραμα. Στο απόσπασμα διαλόγου που παρατίθεται είναι χαρακτηριστικός ο ζήλος των παιδιών να μιλήσουν. Τα τρία παιδιά μιλάνε αυθόρμητα το ένα μετά το άλλο χωρίς την παραμικρή επισήμανση του δασκάλου. Επίσης, τα παιδιά δεν απευθύνονται στο δάσκαλο τους παρά άμεσα στο συμμαθητή τους. Στην προκειμένη περίπτωση, λοιπόν, επικοινωνούν μεταξύ τους αδιαμεσολάβητα. Το στοιχείο αυτό δείχνει ότι στο συγκεκριμένο γλωσσικό στιγμιότυπο ισχύουν σχέσεις ισοτιμίας ανάμεσα στο δάσκαλο της τάξης και στα παιδιά.

Μ: Κοίτα, βάλαμε μέσα στη φούσκα, πώς το λένε, σόδα φαγητού και μετά σε ένα άδειο μπουκάλι βάλαμε ξύδι μισό

Σ: Μισό μπουκάλι.

Μ: Ναι. Μετά το έβαλε έτσι [δείχνει με τα χέρια του].

Θ: Το κλείσαμε έτσι. Το καπάκι το 'χαμε βγάλει. Η σόδα έπεφτε. Όταν πέφτει η σόδα ενώνεται με το ξύδι και βγάζει αφρό. Κι ύστερα αυτό σηκώνόταν προς τα πάνω [(εννοεί τη βάση του μπαλονιού)] κι αυτό φούσκωνε [εννοεί όλο το μπαλόνι]. Κατάλαβες;

Ζ: Κύριε, να το κάνουμε πάλι;

Δάσκαλος: Αν είναι, την άλλη ώρα που έχουμε φυσική. Θέλετε να το ξανακάνουμε δηλαδή;

Όλοι μαζί: Ναι!

Ένα παιδί: Γιατί είναι ωραίο!

Μετά την παραγωγή προφορικών κειμένων οι μαθητές διδάσκονται και καλλιεργούν γραπτά τα κειμενικά είδη. Έτσι περιγράφουν ένα πείραμα στο βιβλίο των πειραμάτων. Με τον τρόπο αυτό αβίαστα υλοποιούν γραπτά το κειμενικό είδος της περιγραφής. Στην ίδια λογική γράφουν ένα καθοδηγητικό κείμενο με τις οδηγίες εκτέλεσης του πειράματος προκειμένου να ενημερώσουν άλλα παιδιά του σχολείου. Αρχικά τα παιδιά παράγουν ομαδικά στον πίνακα τα κείμενα. Στη συνέχεια αυτό γίνεται στο πλαίσιο των ομάδων. Σταδιακά τα παράγουν ατομικά.

Η διαδικασία αυτή συμβάλλει στο μετασχηματισμό του πλαισίου διδασκαλίας της γλώσσας. Η γλώσσα διαπλέκεται με το πλαίσιο της πειραματικής διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Αυτό έχει τα εξής οφέλη: 1. Τα παιδιά παράγουν κάθε φορά ένα κείμενο που έχει νόημα γι' αυτά. 2. Κατά τη διάρκεια συνοικοδόμησης του κειμένου τους μαθαίνουν σε πραγματικό χρόνο τη μεταγλώσσα του κειμένου αυτού. Μαθαίνουν δηλαδή εκείνα τα συστατικά στοιχεία της γραμματικής του που είναι

απαραίτητα για να συνοικοδομήσουν το κείμενό τους. Για παράδειγμα, παράγουν κείμενο (προφορικό ή γραπτό) για το τι κάνανε στο πείραμα (χρόνος αόριστος). Το μετατρέπουν σε ενεστώτα χρόνο για να γίνει «η αφήγηση πιο ζωντανή» (Ιορδανίδου, Αναστασοπούλου, κ.ά, χχ, σ. 11) στην παραπάνω περίπτωση για να βοηθήσουν ένα συμμαθητή τους να το κάνει μόνος του.

Παρόμοια διαδικασία ακολουθείται για να συνοικοδομήσουν οι μαθητές κι άλλα είδη κειμένων ή για να κάνουν ασκήσεις γραμματικής. Δεν αναιρούμε τη γραμματική. Την εντάσσουμε σε μια λογική ώστε να έχει διπλό νόημα για τα παιδιά: Ως σχολική εργασία, να μην αναρωτιούνται για το ποιος είναι ο λόγος να κάνουν τη συγκεκριμένη εργασία ή να μην την κάνουν υποχρεωτικά επειδή το ζητάει το βιβλίο ή ο δάσκαλος. Το δεύτερο σκέλος του νοήματος αφορά στο να κατανοούν άμεσα τα παιδιά το όφελος της συγκεκριμένης σχολικής εργασίας. Μετατρέπουμε το κείμενο από αόριστο σε ενεστώτα χρόνο «για να βοηθήσουμε τον συμμαθητή μας να εκτελέσει μόνος του το πείραμα» ή να συνοικοδομήσουμε ένα κείμενο με οδηγίες για τον ίδιο λόγο.

Η ίδια διαδικασία συμβαίνει και όταν διδάσκουμε επιμέρους στοιχεία της γραμματικής, όπως καταδεικνύεται στο επόμενο παράδειγμα: «Η διδασκαλία του οριστικού και του αόριστου άρθρου στο πείραμα με το μπαλόνι που φουσκώνει μόνο του, καθώς η μαγειρική σόδα έρχεται σε επαφή με το ξύδι»

Η περιγραφή του πειράματος συνοικοδομείται με τις συνεισφορές των παιδιών στην ολομέλεια της τάξης. Κατόπιν ένας μαθητής γράφει στον πίνακα. Σταδιακά με αυτή τη διαδικασία ολοκληρώνεται το κείμενο. Στη συζήτηση, λοιπόν, που γίνεται προκύπτουν οι πραγματικές ανάγκες για την εμπλοκή των παιδιών με την γραμματική του κειμένου. Ξεκινώντας να αφηγηθούν το πείραμα από την αρχή προέκυψε η διαφωνία αν θα γράψουν «Πήραμε **ένα** μπαλόνι» ή «Πήραμε **το** μπαλόνι» ή «Πήραμε **το** μπαλόνι το κόκκινο». Μέσα από την γλωσσική επεξεργασία αυτής της διαφωνίας τα παιδιά διδάσκονται ότι «*το οριστικό άρθρο το χρησιμοποιούμε για να μιλήσουμε για κάτι συγκεκριμένο, που είναι γνωστό, ενώ το αόριστο το χρησιμοποιούμε όταν δεν είναι ακόμα γνωστό.*» (Ιορδανίδου κ.ά, 2012, σ. 62).

Φέρνοντας τα παιδιά Ρομά στο σχολείο

Το παράδειγμα αυτό είναι ένα από τα πολλά στη λογική που ανέπτυξα παραπάνω. Με τα πειράματα μπορούμε να διδάξουμε είδη λόγου: Αναφορικό λόγο (κείμενα αφηγηματικά, περιγραφικά) κατευθυντικό λόγο (κείμενα επιχειρημάτων, καθοδηγητικά). Επίσης, μπορούμε να διδάξουμε γραμματική. Από τη στιγμή που τα παιδιά φτάνουν σε ένα σημείο να αναρωτιούνται στη ρύμη του λόγου τους, στο πλαίσιο μιας συζήτησης με φυσικό τρόπο, τότε με εξίσου φυσικό τρόπο διδάσκονται. Αυτό σημαίνει ότι διδάσκονται χωρίς καταναγκασμούς. Συνεπώς, δεν είναι ότι απλώς παρακολουθούν τη διδασκαλία και δεν κάνουν φασαρία, είναι ότι συμμετέχουν ενεργά στη συνοικοδόμηση της. Υποστηρίζω δηλαδή πως για να έρχονται τα παιδιά Ρομά στο σχολείο και να είναι με τον τρόπο που απαιτεί το σχολείο «καλοί μαθητές» πρέπει να μετατραπεί η σχολική τάξη σε ένα

ελκυστικό μαθησιακό περιβάλλον στο οποίο να ακούγεται η φωνή τους. Αυτό γίνεται όταν φέρνουν πόρους από την κοινότητά τους στην τάξη, αλλά και όταν εμπλέκονται σε δραστηριότητες σχολικού γραμματισμού. Σε επίπεδο χρήσης της γλώσσας στο σχολείο, αυτό συμβαίνει όταν η γλώσσα χρησιμοποιείται για να συνοδεύσει δράσεις ή να παρουσιάσει δράσεις με τρόπο συναφή με την εμπειρία των παιδιών (Κωστούλη, 2011).

Στο επόμενο παράδειγμα συμπυκνώνεται παραστατικά στο λόγο του μαθητή το πλαίσιο λειτουργίας της σχολικής τάξης όπως αυτό περιγράφεται στην προηγούμενη παράγραφο. Το πείραμα ελκύει τα παιδιά ώστε να έρχονται με όρεξη στο σχολείο. Ακόμα, λειτουργεί στη συνείδηση τους ως διαδικασία ένταξης στο σχολείο καθώς ο Χ. το αξιοποιεί για να πείσει έναν συμμαθητή του με πολλές απουσίες να έρθει στο σχολείο.

Μπαίνει το πρωί ο Χ. στην τάξη. Στα πρώτα δευτερόλεπτα από την είσοδο του στην αίθουσα αναφέρει στον δάσκαλο πως ενημέρωσε τον Γ. που έλειπε την προηγούμενη ημέρα για το πείραμα που κάναμε στην τάξη. Μάλιστα, ο Χ. από μόνος του προτάσσει τον λόγο για τον οποίο τον ενημέρωσε.

Χ: (Στον δάσκαλο): Ξέρεις γιατί του είπα για το πείραμα; Γιατί δεν ερχόταν σχολείο!

Δάσκαλος: Γιατί Χ.; Τι σκέφτηκες και του το είπες;

Χ: (χαμογελώντας). Να 'ρθεί σχολείο κι αυτός!

Δάσκαλος: Μπράβο, Χ., καλή σκέψη!

Με τις διαδικασίες που παρουσίασα παραπάνω θέτουμε υπό αμφισβήτηση:

α) τις θεωρίες της πολιτισμικής αναντιστοιχίας (cultural mismatch) του τρόπου ζωής των Ρομά σε σχέση με το σχολείο. Κατά τη θεωρία αυτή, για τους Ρομά θεωρείται σχεδόν φυσιολογικό να μην θέλουν το σχολείο επειδή ο τρόπος με τον οποίο ζουν και ανατρέφουν τα παιδιά τους δεν ταιριάζει με το σχολικό πλαίσιο.

β) τις θεωρίες του γλωσσικού ελλείμματος (linguistic deficit theories) που αποδίδεται στα παιδιά Ρομά εξαιτίας της καταγωγής τους ή του κοινωνικοπολιτισμικού περιβάλλοντος στο οποίο μεγαλώνουν.

Επίσης, απομακρυνόμαστε από το μεταβιβαστικό μοντέλο οργάνωσης της γνώσης και προσεγγίζουμε αυτό που ο Freire αποκαλεί *γνωσιολογικό κύκλο της μάθησης*. Ο κύκλος αυτός αποτελείται από δύο στιγμές οι οποίες βρίσκονται σε διαλεκτική σχέση μεταξύ τους. Η πρώτη στιγμή του γνωσιολογικού κύκλου είναι αυτή της παραγωγής της νέας γνώσης και έχει να κάνει με το καινούριο. Η δεύτερη στιγμή αφορά εκείνη κατά την οποία η παραγόμενη γνώση γίνεται αντιληπτή ή κατανοητή. Αφορά δηλαδή τη στιγμή κατά την οποία μαθαίνει κάποιος την υπάρχουσα γνώση. Συνήθως η γνώση παράγεται κάπου αλλού, μακριά από τους μαθητές, τη μεταφέρει ο δάσκαλος στην τάξη και ζητάει από τα παιδιά να την απομνημονεύσουν. Διχοτομεί με τον τρόπο αυτό τον

γνωσιολογικό κύκλο της μάθησης και περιορίζει τη διεργασία της μάθησης της γνώσης σε μια απλή διαδικασία μεταφοράς της. Έτσι, ο δάσκαλος γίνεται ειδικός στη μεταφορά γνώσης. Με τη διχοτόμηση, ωστόσο, της διαδικασίας στερούνται ο δάσκαλος και ο μαθητής μερικές αναγκαίες διεργασίες για την παραγωγή και την πρόσληψη της γνώσης, όπως είναι η δράση, ο κριτικός στοχασμός, η περιέργεια, η έρευνα, η αβεβαιότητα (Freire & Shor, 2011).

Εν κατακλείδι

Στα παιδιά αρέσει η πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και λειτουργεί ως κίνητρο για να έρθουν στο σχολείο. Ζητάνε να κάνουν μόνα τους τα πειράματα. Ζητάνε, ακόμη, να τα δείχνουν στους δικούς τους. Επειδή τα υλικά των πειραμάτων είναι καθημερινά υλικά, μπορούν να τα εντοπίσουν και να κάνουν το πείραμα χωρίς βοήθεια. Μιλάνε δηλαδή στο σπίτι τους για ό,τι έκαναν στο σχολείο αναπλαισιώνοντας έτσι την σχολική τους εμπειρία. Αυτό συνεπάγεται μια μορφή σύνδεσης σχολείου-σπιτιού. Τέλος, ζητάνε να κάνουμε πειράματα κάθε μέρα και απογοητεύονται όταν τους υπενθυμίζω πως σήμερα δεν έχουμε Φυσικά. Είναι χαρακτηριστική η απάντηση ενός μαθητή μας («Εγώ για τα πειράματα έρχομαι σχολείο»). Όταν λείπει κάποιος συμμαθητής τους μια μέρα, την επόμενη τον οικτίζουν για το ότι «έχασε» το πείραμα στη Φυσική και του το αφηγούνται. Η αφήγηση μπορεί να είναι είτε προφορική είτε γραπτή. Και στις δυο περιπτώσεις πάλι δημιουργούνται συνθήκες αναπλαισίωσης της γνώσης.

Οι μαθητές Ρομά μαθαίνουν να χρησιμοποιούν την ελληνική ως δεύτερη γλώσσα καθώς χρειάζεται να προβαίνουν σε δυο εξίσου απαιτητικές νοητικές διεργασίες, να μεταφράζουν στη γλώσσα τους το λόγο της διδασκαλίας, να τον χρησιμοποιούν στα ελληνικά ολοκληρωμένα στο επίπεδο του κειμένου (προφορικού ή γραπτού) – όχι της πρότασης - και συγχρόνως να επεξεργάζονται τα φαινόμενα και τις έννοιες που διδάσκονται.

Καθώς τα παιδιά διεπιδρούν γλωσσικά εξίσου μεταξύ τους και με το δάσκαλο, συμβάλλουν στη συνοικοδόμηση της διδασκαλίας. Με τον τρόπο αυτό δεν παραιτούνται από το μάθημα γιατί πρόκειται για ένα δικό τους μάθημα, και όχι για μάθημα του βιβλίου ή του δασκάλου τους.

Ο λόγος της πειραματικής διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών με απλά υλικά αναδεικνύει γλωσσικά χαρακτηριστικά τα οποία μπορώ να τα διδάξω στα παιδιά μέσα από πραγματικές καταστάσεις και ανάγκες. Εδώ, δεν ήταν ο σκοπός μου να τα παρουσιάσω διεξοδικά αλλά να προτείνω έναν εναλλακτικό τρόπο προσέγγισης τους. Εναλλακτικό με την έννοια ότι καλύπτει συγκεκριμένες ανάγκες και όχι τη βούληση μιας συγγραφικής ομάδας όπως αυτή ανταποκρίνεται στο ΑΠΣ (Χαραλαμπίδης και Χατζησαββίδης, 1997).

Η παραγωγή λόγου, όπως περιγράφηκε, μέσα από την πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σε συνδυασμό με το άμεσο ενδιαφέρον των παιδιών Ρομά με αυτές τις διαδικασίες συμβάλλει στη δημιουργία των αναγκαίων προϋποθέσεων για την ένταξη των παιδιών στο σχολείο. Με την παρουσίαση της συγκεκριμένης προσέγγισης δεν εννοώ πως είναι από μόνη της αρκετή για το

γραμματισμό των παιδιών Ρομά. Εννοώ, ωστόσο, πως μπορεί να συνδιαμορφώσει με άλλες συνιστώσες γραμματισμού μια συνισταμένη για την ένταξη και φοίτηση με όρους «σχολικής επιτυχίας» των παιδιών Ρομά στο σχολείο.

Βιβλιογραφία

- Αποστολάκης, Ε., Παναγοπούλου, Ε., Σάββας, Α., Τσαγλιώτης, Ν., Μακρή, Β., Πανταζής, Γ., Πετρέα, Κ., Σωτηρίου, Σ., Τόλιας, Β., Τσαγκογέωργα, Α., Καλκάνης, Γ. (2014). *Φυσικά Ε' Δημοτικού. Ερευνώ και ανακαλύπτω. Τετράδιο Εργασιών*. Αθήνα: Εκπαιδευτήρια «ελληνογερμανική αγωγή» http://www.pi-schools.gr/books/dimotiko/fisiki_e/erg_1_49.pdf
- Ιορδανίδου, Α., Αναστασοπούλου, Α., Γαλανόπουλος, Ι., Δρυς, Ι., Κόττα, Α., Χαλκιάς, Π. (2012). *Γλώσσα Ε' Δημοτικού. Της γλώσσας ρόδι και ροδάνι. α' τεύχος*. Αθήνα: Πατάκης http://www.pi-schools.gr/books/dimotiko/glossa_e/e_mat_1.pdf
- Ιορδανίδου, Α., Αναστασοπούλου, Α., Γαλανόπουλος, Ι., Δρυς, Ι., Κόττα, Α., Χαλκιάς, Π. (χχ). *Γλώσσα Ε' Δημοτικού. Της γλώσσας ρόδι και ροδάνι. Βιβλίο Δασκάλου Μεθοδολογικές οδηγίες*. Αθήνα: Πατάκης http://www.pi-schools.gr/books/dimotiko/glossa_e/e_dask.pdf
- Ιορδανίδου, Α., Κανελλοπούλου, Ν., Κοσμά, Κ., Κουταβά, Β., Οικονόμου, Π., Παπαϊωάννου, Κ., (χχ). *Γλώσσα ΣΤ' Δημοτικού Λέξεις... φράσεις... κείμενα. Βιβλίο Δασκάλου. Μεθοδολογικές οδηγίες*. http://www.pi-schools.gr/books/dimotiko/glossa_st/st_dask.pdf
- Κωστούλη, Τ. (2011) *Η γλώσσα [ανάγνωση και γραφή] ως τοπικά εδρασμένη κοινωνική πρακτική: Δεδομένα από τη διδασκαλία της ελληνικής γλώσσας σε παιδιά Ρομά*. Πρακτικά Διεθνούς Συνεδρίου Παιδαγωγική, Πολιτισμός, Πολιτικές: Ο διάλογος της εκπαίδευσης. <http://www.eled.auth.gr/documents/conference-noesis/13c.pdf>
- Michaels S., Shouse A., Schweingruber A., 2007. *Ready, Set, Science*. <http://www.nap.edu/catalog/11882.html>
- Schleppegrell M. (2004). *The Language of schooling. A Functional linguistics Pespective*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Freire, P. & Shor, I. (2011). *Απελευθερωτική παιδαγωγική. Διάλογοι για τη μετασχηματιστική εκπαίδευση*. Αθήνα: Μετάχμιο.
- Τσιάκας, Γ. (2002). *Η υπόσχεση της παιδαγωγικής*. Θεσσαλονίκη: Παρατηρητής.
- Χαραλαμπίδης, Α. & Χατζησαββίδης, Σ. (1997). *Η διδασκαλία της λειτουργικής χρήσης της γλώσσας: Θεωρία και πρακτική εφαρμογή. Μια εναλλακτική πρόταση για τη διδασκαλία της νέα ελληνικής στην υποχρεωτική εκπαίδευση*. Θεσσαλονίκη: Κώδικας.
- Χατζηνικολάου, Α. (2005) *Αλφαριθμητισμός παιδιών Ρομά μέσα από τη διδασκαλία των ανθρωπίνων δικαιωμάτων: Δυνατότητες και περιορισμοί*. Διδακτορική διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.



Ο Γιώργος Χατζηπαύλου είναι δάσκαλος κάτοχος μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης από το ΠΤΔΕ του ΑΠΘ στην κατεύθυνση Εκπαίδευση και Κοινωνικός Αποκλεισμός. Από το 2003 υπηρετεί στο Δενδροπόταμο Θεσσαλονίκης.

Αξιολόγηση του μαθήματος της Φυσικής Α΄ Γυμνασίου: απόψεις μαθητών

Κλεοπάτρα Νικολοπούλου

Το μάθημα της Φυσικής της Α΄ Γυμνασίου εισήχθη στο πρόγραμμα σπουδών του Γυμνασίου τη σχολική χρονιά 2013-14. Η συγγραφική ομάδα του βιβλίου «Η Φυσική με Πειράματα – Α΄ γυμνασίου» αναφέρει ότι σκοπός του μαθήματος είναι «η ομαλή μετάβαση των μαθητών από την περιγραφική προσέγγιση των φυσικών εννοιών και των φυσικών φαινομένων στο δημοτικό σχολείο στην αυστηρότερη και, κυρίως, ποσοτική προσέγγισή τους ως φυσικά μεγέθη και φυσικές διαδικασίες, αντίστοιχα, στο γυμνάσιο» (Καλκάνης κ.ά., 2013). Στο βιβλίο περιλαμβάνονται 12 φύλλα εργασίας (Φ.Ε.) ή θεματικές ενότητες με καθορισμό των ειδικών στόχων για το κάθε φύλλο εργασίας, του προτεινόμενου τρόπου διεξαγωγής του μαθήματος (εργαστηριακός χαρακτήρας, σε ομάδες κ.λπ.), καθώς και του πλαισίου αξιολόγησης των μαθητών.

Το μάθημα της Φυσικής διδάχθηκε στα Γυμνάσια για δεύτερη χρονιά κατά το σχολικό έτος 2014-15. Λόγω της πρόσφατης εισαγωγής του μαθήματος στα σχολεία υπάρχουν ελάχιστες έρευνες αποτίμησης /αξιολόγησης του μαθήματος Φυσικής της Α΄ τάξης (π.χ. Τσελέντης κ.ά., 2014). Οι απόψεις των μαθητών για το μάθημα είναι πολύ σημαντικές, επειδή μπορεί να δώσουν ανατροφοδότηση στους διδάσκοντες για τη βελτίωση της διδασκαλίας του μαθήματος. Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν να αξιολογηθεί το μάθημα της Φυσικής γενικά από τους μαθητές της Α΄ Γυμνασίου (στο τέλος της σχολικής χρονιάς 2014-15) και ειδικότερα να προσδιοριστεί το πόσο τους άρεσε ή τους δυσκόλεψε κάθε ένα από τα 7 πρώτα φύλλα εργασίας του σχολικού βιβλίου που διδάχθηκαν. Σημειώνεται ότι στην εργασία χρησιμοποιείται η συνήθης σύνταξη των νέων ελληνικών, κατά την οποία το αρσενικό γένος περικλείει καταχρηστικά και τα δύο φύλα.

Μεθοδολογία

Στόχοι της εργασίας

- 1) Να διερευνηθούν οι απόψεις των μαθητών γενικά για το μάθημα της Φυσικής

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

- 2) Να προσδιοριστεί το πόσο άρεσε στους μαθητές κάθε ένα από τα 7 πρώτα φύλλα εργασίας του σχολικού βιβλίου
- 3) Να προσδιοριστεί το πόσο δυσκόλεψε τους μαθητές κάθε ένα από τα 7 πρώτα φύλλα εργασίας του βιβλίου

Δείγμα και διαδικασία

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 95 μαθητές και μαθήτριες της Α΄ Γυμνασίου στο Ζάννειο Πειραματικό Γυμνάσιο του Πειραιά. Το μάθημα της Φυσικής διδάχθηκε κατά το σχολικό έτος 2014-15 σε τέσσερα τμήματα και η αξιολόγηση από τους μαθητές έγινε στο τέλος αυτής της χρονιάς (μήνα Μάιο), μετά την ολοκλήρωση των μαθημάτων. Τη χρονιά αυτή οι μαθητές είχαν διδαχθεί τα πρώτα 7 φύλλα εργασίας του σχολικού βιβλίου της Φυσικής. Το μάθημα είναι μονόωρο, διδάχθηκε στο εργαστήριο των Φυσικών Επιστημών του σχολείου, με χωρισμένο κάθε τμήμα της Α΄ τάξης σε δύο υποτμήματα (δηλαδή, μέγιστος αριθμός παιδιών=14). Ο βασικός λόγος ήταν η διευκόλυνση του εργαστηριακού χαρακτήρα του μαθήματος. Σε όλη τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς, οι μαθητές εργάστηκαν σε μικρές ομάδες των 3-4 παιδιών με στόχο τη βιωματική και ενεργό εμπλοκή τους στο μάθημα της Φυσικής (όπως προτείνεται από του συγγραφείς του εν λόγω σχολικού βιβλίου).

Εργαλείο συλλογής δεδομένων

Το εργαλείο συλλογής δεδομένων ήταν ένα ερωτηματολόγιο που διερευνούσε τις αντιλήψεις των μαθητών της Α΄ Γυμνασίου για το μάθημα της Φυσικής (Τσελέντης κ.ά., 2014) και το οποίο τροποποιήθηκε μερικώς για την παρούσα έρευνα. Το ερωτηματολόγιο περιείχε ερωτήσεις κλειστού τύπου για την αξιολόγηση του μαθήματος της Φυσικής γενικά, καθώς και του πόσο άρεσε ή δυσκόλεψε τους μαθητές κάθε ένα από τα 7 φύλλα εργασίας του βιβλίου (που διδάχθηκαν τη χρονιά 2014-15). Οι μαθητές ζητήθηκε να απαντήσουν σε 4βαθμη κλίμακα τύπου Likert: 1=λίγο, 2=μέτρια, 3=πολύ, 4=πάρα πολύ. Επίσης υπήρχαν 2 ερωτήσεις ανοιχτού τύπου, στις οποίες οι μαθητές καλούνταν να σημειώσουν πιο ήταν το πιο ευχάριστο και το πιο βαρετό-ανιαρό στοιχείο στη διάρκεια του μαθήματος της Φυσικής.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Διερεύνηση των γενικών απόψεων των μαθητών για το μάθημα της Φυσικής

Αναφορικά με τον πρώτο στόχο της έρευνας (να διερευνηθούν οι γενικές απόψεις των μαθητών για το μάθημα της Φυσικής), ο Πίνακας 1 δείχνει τις συχνότητες (%) απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις Α1-Α5.

Οι απόψεις των μαθητών για το μάθημα της Φυσικής γενικά, ήταν θετικές. Τα ποσοστά των μαθητών που απάντησαν ότι ήταν «πολύ» και «πάρα πολύ» ευχαριστημένοι στο ερώτημα Α1 (πόσο ευχαριστημένοι είστε από το μάθημα της Φυσικής συνολικά) ήταν 81,8% των αγοριών και 72,5% των κοριτσιών, ενώ στο ερώτημα Α2 (πόσο ευχαριστημένοι είστε από την ποικιλία των εργαστηριακών

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

δραστηριοτήτων και ερεθισμάτων που σας παρείχε το μάθημα) ήταν 61,9% των αγοριών και 77,5% των κοριτσιών (βλ. Πίνακα 1). Παράλληλα, η πλειονότητα των μαθητών απάντησε ότι δεν συνάντησε ιδιαίτερες δυσκολίες στο μάθημα: στο ερώτημα A4 (σε δυσκόλεψε το μάθημα;) 58,2% των αγοριών και το 52,5% των κοριτσιών απάντησε ότι δυσκολεύτηκε λίγο ή καθόλου. Αναλυτικά, τυχόν δυσκολίες για κάθε συγκεκριμένο φύλλο εργασίας παρουσιάζονται σε επόμενη ενότητα.

		λίγο	μέτρια	πολύ	πάρα πολύ
A1. Πόσο ευχαριστημένοι είστε από το μάθημα της Φυσικής συνολικά;	αγόρια	3,6%	14,5%	54,5%	27,3%
	κορίτσια	5,0%	22,5%	57,5%	15,0%
A2. Πόσο ευχαριστημένοι είστε από την ποικιλία των εργαστηριακών δραστηριοτήτων και ερεθισμάτων που σας παρείχε το μάθημα;	αγόρια	7,3%	30,9%	36,4%	25,5%
	κορίτσια	10,0%	12,5%	45,0%	32,5%
A3. Πόσο ευχαριστημένοι είστε από τη σαφήνεια και οργάνωση των δραστηριοτήτων του σχολικού βιβλίου της Φυσικής;	αγόρια	18,2%	34,5%	29,1%	18,2%
	κορίτσια	10,0%	55,0%	22,5%	12,5%
A4. Πόσο σε δυσκόλεψε το μάθημα;	αγόρια	58,2%	27,3%	10,9%	3,6%
	κορίτσια	52,5%	35,0%	12,5%	0,0%
A5. Πιστεύεις πως στη διάρκεια της σχολικής χρονιάς, τις ώρες του συγκεκριμένου μαθήματος επικρατούσε κλίμα καλής διάθεσης/ ηρεμίας;	αγόρια	30,9%	32,7%	23,6%	12,7%
	κορίτσια	15,0%	45,0%	15,0%	25,0%

Πίνακας 1. Οι συχνότητες (%) απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις A1–A5

Ο Πίνακας 2 δείχνει τις μέσες τιμές και τη στατιστική σημαντικότητα της διαφοράς κατά φύλο.

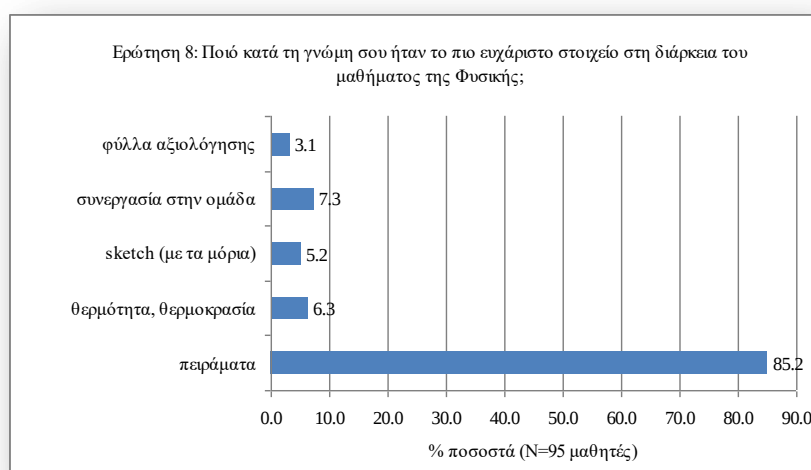
Στην ανοικτού τύπου ερώτηση «Ποιο κατά τη γνώμη σου ήταν το πιο ευχάριστο στοιχείο στη διάρκεια του μαθήματος της Φυσικής;» η πλειονότητα των μαθητών (85%) απάντησε ότι ήταν τα πειράματα (Γράφημα 1). Αναδεικνύεται ότι ο εργαστηριακός χαρακτήρας του μαθήματος είναι αυτός που κατεξοχήν αρέσει στους μαθητές, καθώς εμπλέκονται ενεργά στη διεξαγωγή των πειραμάτων, τη συλλογή των δεδομένων και η μάθηση επιχειρείται να καταστεί βιωματική. Αυτός είναι ένας από τους στόχους των συγγραφέων του βιβλίου της Φυσικής. Τα άλλα ευχάριστα στοιχεία που ανέφεραν οι μαθητές, αλλά σε πολύ μικρότερα ποσοστά, ήταν η συνεργασία στην ομάδα (7,3%), η θεματική ενότητα «θερμότητα-θερμοκρασία» (6,3%), το θεατρικό sketch που έκαναν για την αναπαράσταση

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

της κίνησης των μορίων (5,2%) και τα φύλλα αξιολόγησης που τους δίνονταν από τη διδάσκουσα (3,1%).

	Αγόρια	Κορίτσια	Σύνολο	Mann-Whitney U
A1. Πόσο ευχαριστημένοι είστε από το μάθημα της Φυσικής συνολικά	3,05	2,83	2,96	0,123
A2. Πόσο ευχαριστημένοι είστε από την ποικιλία των εργαστηριακών δραστηριοτήτων και ερεθισμάτων που σας παρείχε το μάθημα;	2,80	3,00	2,88	0,226
A3. Πόσο ευχαριστημένοι είστε από τη σαφήνεια και οργάνωση των δραστηριοτήτων του σχολικού βιβλίου της Φυσικής;	2,47	2,38	2,43	0,588
A4. Πόσο σε δυσκόλεψε το μάθημα;	1,60	1,60	1,60	0,742
A5. Πιστεύεις πως στη διάρκεια της σχολικής χρονιάς, τις ώρες του συγκεκριμένου μαθήματος επικρατούσε κλίμα καλής διάθεσης/ηρεμίας;	2,18	2,50	2,32	0,150

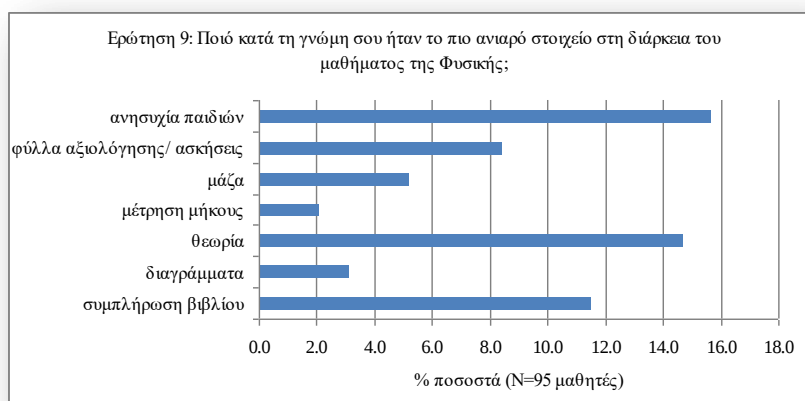
Πίνακας 2. Μέσες τιμές και στατιστική σημαντικότητα της διαφοράς κατά φύλο



Γράφημα 1. Ποσοστά μαθητών αναφορικά με το πιο ευχάριστο στοιχείο στη διάρκεια του μαθήματος της Φυσικής

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Στην ανοικτού τύπου ερώτηση «Ποιο κατά τη γνώμη σου ήταν το πιο ανιαρό/ βαρετό στοιχείο στη διάρκεια του μαθήματος της Φυσικής;» αναφέρθηκαν κυρίως η ανησυχία των παιδιών (15,7%), η θεωρία (14,7%), η συμπλήρωση του βιβλίου (11,5%), τα φύλλα αξιολόγησης/ασκήσεις (8,4%) (Γράφημα 2). Αναφορικά με την ανησυχία των παιδιών, ο εργαστηριακός χαρακτήρας του μαθήματος και η εργασία σε ομάδες κάνει πιο άτυπο το μαθησιακό περιβάλλον (συγκριτικά με το μάθημα στην τάξη), οπότε υπάρχει συχνά φασαρία στο εργαστήριο, γεγονός που ανησυχεί κάποια παιδιά. Αυτό φαίνεται και στις απαντήσεις του ερωτήματος Α5 (πιστεύεις πως στη διάρκεια της σχολικής χρονιάς, τις ώρες του συγκεκριμένου μαθήματος επικρατούσε κλίμα καλής διάθεσης/ηρεμίας;) όπου το 32,7% των αγοριών και το 45% των κοριτσιών απάντησε στην κατηγορία «μέτρια» (Πίνακας 1). Η θεωρία και η συμπλήρωση του βιβλίου φάνηκαν ανιαρά στο ένα δέκατο του δείγματος, πιθανόν γιατί δεν έχουν αρκετή εξοικείωση με αυτά, ίσως γιατί προτιμούν κατεξοχήν το πείραμα.



Γράφημα 2. Ποσοστά μαθητών αναφορικά με το πιο ανιαρό στοιχείο στη διάρκεια του μαθήματος της Φυσικής

Βαθμός αρεσκείας για τα 7 πρώτα φύλλα εργασίας του βιβλίου

Αναφορικά με το δεύτερο στόχο της έρευνας (να προσδιοριστεί το πόσο άρεσε στους μαθητές κάθε ένα από τα 7 πρώτα φύλλα εργασίας που διδάχθηκαν), ο Πίνακας 3 δείχνει τη μέση τιμή για κάθε φύλλο εργασίας του βιβλίου που διδάχθηκε (Φ1 – Φ7). Δεν υπήρξαν στατιστικές σημαντικές διαφορές κατά φύλο. Ο Πίνακας 4 δείχνει τα ποσοστά των αγοριών και των κοριτσιών και το βαθμό αρεσκείας τους για κάθε συγκεκριμένο φύλλο εργασίας που διδάχθηκε.

Τα περισσότερα αρεστά στους μαθητές φύλλα εργασίας ήταν το Φ4 (Μετρήσεις θερμοκρασίας – Η Βαθμονόμηση) και το Φ5 (Από τη θερμότητα στη θερμοκρασία- Θερμική Ισορροπία). Συγκεκριμένα, τα ποσοστά των μαθητών που απάντησαν ότι άρεσαν «πολύ» και «πάρα πολύ» το Φύλλο Φ4 ήταν 65,5% των αγοριών και 60% των κοριτσιών, ενώ στο φύλλο Φ5 ήταν 61,8% των αγοριών και 70% των κοριτσιών (βλ. Πίνακα 4). Αμέσως μετά, αρεστά στους μαθητές δηλώθηκαν να είναι τα φύλλα Φ6 (Οι αλλαγές κατάστασης του νερού – Ο Κύκλος του νερού) και Φ7 (Η διαστολή και συστολή του νερού – μια φυσική «ανωμαλία»), με ποσοστά αρεσκείας πάνω από 58%, στις κατηγορίες «πολύ» και «πάρα

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

πολύ». Τα φύλλα που άρεσαν περισσότερο στους μαθητές ήταν αυτά που διδάχθηκαν το 2ο τρίμηνο της σχολικής χρονιάς, όταν τα παιδιά της Α΄ Γυμνασίου είχαν αποκτήσει εξοικείωση με το μάθημα, με τον ομαδικό τρόπο εργασίας, αλλά και με το νέο σχολικό τους περιβάλλον. Αυτοί οι παράγοντες μπορεί να συνέβαλαν στο να δηλωθούν ως περισσότερο αρεστά από τους μαθητές. Παράλληλα, το πρώτο φύλλο εργασίας (Φ1. Μετρήσεις μήκους – Η μέση τιμή) που διδάχθηκε μήνα Οκτώβριο ήταν το λιγότερο αρεστό στους μαθητές, ίσως και λόγω των μαθηματικών που εμπεριείχε. Στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο φύλων δεν προέκυψαν.

	Αγόρια	Κορίτσια	Σύνολο	Asymp. Sig. (2-tailed)
Φ1. Μετρήσεις μήκους – Η μέση τιμή	2,42	2,20	2,33	0,282
Φ2. Μετρήσεις Χρόνου – Η ακρίβεια	2,53	2,43	2,48	0,448
Φ3. Μετρήσεις μάζας – Τα διαγράμματα	2,69	2,43	2,58	0,247
Φ4. Μετρήσεις θερμοκρασίας – Η Βαθμονόμηση	2,89	2,70	2,81	0,265
Φ5. Από τη θερμότητα στη θερμοκρασία- Θερμική Ισορροπία	2,80	2,90	2,84	0,819
Φ6. Οι αλλαγές κατάστασης του νερού – Ο Κύκλος του νερού	2,80	2,75	2,78	0,793
Φ7. Η διαστολή και συστολή του νερού – μια φυσική «ανωμαλία»	2,78	2,88	2,82	0,686

Πίνακας 3. Μέση τιμή για κάθε φύλλο εργασίας (Φ1 – Φ7)

	Αγόρια				Κορίτσια			
	λίγο	μέτρια	πολύ	πάρα πολύ	λίγο	μέτρια	πολύ	πάρα πολύ
Φ1. Μετρήσεις μήκους – Η μέση τιμή	21,8%	29,1%	34,5%	14,5%	17,5%	45,0%	37,5%	0,0%
Φ2. Μετρήσεις Χρόνου – Η ακρίβεια	14,5%	30,9%	41,8%	12,7%	10,0%	50,0%	27,5%	12,5%
Φ3. Μετρήσεις μάζας – Τα διαγράμματα	23,6%	18,2%	23,6%	34,5%	27,5%	22,5%	30,0%	20,0%
Φ4. Μετρήσεις θερμοκρασίας – Η Βαθμονόμηση	14,5%	20,0%	27,3%	38,2%	10,0%	30,0%	40,0%	20,0%
Φ5. Από τη θερμότητα στη θερμοκρασία- Θερμική Ισορροπία	21,8%	16,4%	21,8%	40,0%	15,0%	15,0%	35,0%	35,0%
Φ6. Οι αλλαγές κατάστασης του νερού – Ο Κύκλος του νερού	12,7%	29,1%	23,6%	34,5%	12,5%	27,5%	32,5%	27,5%
Φ7. Η διαστολή και συστολή του νερού – μια φυσική «ανωμαλία»	18,2%	20,0%	27,3%	34,5%	12,5%	27,5%	20,0%	40,0%

Πίνακας 4. Τα ποσοστά των αγοριών και των κοριτσιών και ο βαθμός αρεσκείας τους για κάθε συγκεκριμένο φύλλο εργασίας του βιβλίου (Φ1 – Φ7)

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Βαθμός δυσκολίας για τα 7 πρώτα διδαχθέντα φύλλα εργασίας του βιβλίου

Αναφορικά με τον τρίτο στόχο της έρευνας (να προσδιοριστεί το πόσο δυσκόλεψε τους μαθητές κάθε ένα από τα 7 πρώτα φύλλα εργασίας που διδάχθηκαν) ο Πίνακας 5 δείχνει τη μέση τιμή για κάθε φύλλο εργασίας (Φ1 – Φ7). Ο Πίνακας 6 δείχνει τα ποσοστά των αγοριών και των κοριτσιών και το βαθμό δυσκολίας τους για κάθε συγκεκριμένο φύλλο εργασίας. Γενικά, δεν φαίνεται να δυσκολεύτηκαν ιδιαίτερα (όπως παρουσιάστηκε και στο ερώτημα Α5 του Πίνακα 1). Λιγότερο από το 14% των παιδιών δήλωσε ότι δυσκολεύτηκε «πολύ» και «πάρα πολύ» σε κάποιο συγκεκριμένο φύλλο εργασίας του βιβλίου. Το ποσοστό αυτό συμφωνεί με έρευνα που έγινε το προηγούμενο έτος στο ίδιο σχολείο (Τσελέντης κ.ά., 2014) και βρήκε ότι ένα 10% των μαθητών δυσκολεύτηκε πολύ με το μάθημα.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 5, η μόνη στατιστικά σημαντική διαφορά κατά φύλο αφορούσε το φύλλο εργασίας Φ3 (Μετρήσεις μάζας – Τα διαγράμματα), το οποίο φαίνεται ότι δυσκόλεψε τα κορίτσια (0,016 με $p < 0,05$): 30% των κοριτσιών δήλωσαν ότι δυσκολεύτηκαν «πολύ» και «πάρα πολύ», συγκριτικά με το 16,4% των αγοριών. Ίσως τα διαγράμματα που διδάσκονται σύντομα για πρώτη φορά στη Φυσική στο Φ3 (και χωρίς να έχει προηγηθεί η διδασκαλία τους από τον μαθηματικό) δυσκόλεψαν τα παιδιά. Ο χρόνος διδασκαλίας που αφιερώθηκε για την κατασκευή του διαγράμματος μάζας-βάρους ήταν ελάχιστος, καθώς το μάθημα είναι μονόωρο και τα χρονικά περιθώρια για τα διαγωνίσματα είναι ασφυκτικά. Αργότερα στο 2ο τρίμηνο, κατά το οποίο υπήρξε περισσότερος χρόνος για τη διδασκαλία των διαγραμμάτων, τα παιδιά δεν συνάντησαν ιδιαίτερες δυσκολίες στην κατασκευή τους (είναι απαραίτητη σε επόμενα φύλλα εργασίας, στα Φ5 και Φ6). Προτείνεται η διδασκαλία των διαγραμμάτων στα μαθηματικά, πριν από την εμπλοκή των μαθητών της Α' Γυμνασίου με αυτά στο μάθημα της Φυσικής.

	Αγόρια	Κορίτσια	Σύνολο	Asymp. Sig. (2 tailed)
Φ1. Μετρήσεις μήκους – Η μέση τιμή	1,55	1,65	1,59	,384
Φ2. Μετρήσεις Χρόνου – Η ακρίβεια	1,65	1,63	1,64	,863
Φ3. Μετρήσεις μάζας – Τα διαγράμματα	1,65	2,10	1,84	,016 *
Φ4. Μετρήσεις θερμοκρασίας – Η Βαθμονόμηση	1,49	1,58	1,53	,318
Φ5. Από τη θερμότητα στη θερμοκρασία- Θερμική Ισορροπία	1,62	1,63	1,62	,859
Φ6. Οι αλλαγές κατάστασης του νερού – Ο Κύκλος του νερού	1,49	1,58	1,53	,393
Φ7. Η διαστολή και συστολή του νερού – μια φυσική «ανωμαλία»	1,65	1,70	1,67	,558

Πίνακας 5. Μέση τιμή για κάθε φύλλο εργασίας (Φ1 – Φ7)

	Αγόρι				Κορίτσι			
	λίγο	μέτρια	πολύ	πάρα πολύ	λίγο	μέτρια	πολύ	πάρα πολύ
Φ1. Μετρήσεις μήκους – Η μέση τιμή	58,2%	32,7%	5,5%	3,6%	50,0%	35,0%	15,0%	0,0%
Φ2. Μετρήσεις Χρόνου – Η ακρίβεια	56,4%	29,1%	7,3%	7,3%	52,5%	35,0%	10,0%	2,5%
Φ3. Μετρήσεις μάζας – Τα διαγράμματα	58,2%	25,5%	9,1%	7,3%	32,5%	37,5%	17,5%	12,5%
Φ4. Μετρήσεις θερμοκρασίας – Η Βαθμονόμηση	67,3%	21,8%	5,5%	5,5%	55,0%	35,0%	7,5%	2,5%
Φ5. Από τη θερμότητα στη θερμοκρασία- Θερμική Ισορροπία	58,2%	27,3%	9,1%	5,5%	55,0%	32,5%	7,5%	5,0%
Φ6. Οι αλλαγές κατάστασης του νερού – Ο Κύκλος του νερού	65,5%	23,6%	7,3%	3,6%	55,0%	35,0%	7,5%	2,5%
Φ7. Η διαστολή και συστολή του νερού – μια φυσική «ανωμαλία»	56,4%	27,3%	10,9%	5,5%	47,5%	37,5%	12,5%	2,5%

Πίνακας 6. Τα ποσοστά των αγοριών και των κοριτσιών και ο βαθμός δυσκολίας για κάθε συγκεκριμένο φύλλο εργασίας του βιβλίου (Φ1 – Φ7)

Συμπεράσματα

Λόγω περιορισμού της έκτασης της εργασίας, τα κύρια αποτελέσματα παρουσιάζονται συνοπτικά. Αρχικά βρέθηκε ότι οι απόψεις των μαθητών ήταν γενικά θετικές, καθώς πάνω από το 60% των μαθητών δήλωσαν ευχαριστημένοι από το μάθημα και την ποικιλία των εργαστηριακών δραστηριοτήτων. Τα πειράματα δηλώθηκαν ως το πιο ευχάριστο στοιχείο του μαθήματος από το 85% των παιδιών, γεγονός που συνάδει με τον εργαστηριακό χαρακτήρα του μαθήματος και έναν από τους στόχους της Φυσικής της Α΄. Τα φύλλα που κατεξοχήν άρεσαν στους μαθητές ήταν οι «Μετρήσεις θερμοκρασίας – Η Βαθμονόμηση» και «Από τη θερμότητα στη θερμοκρασία- Θερμική Ισορροπία». Τα φύλλα αυτά διδάχθηκαν στο 2ο τρίμηνο όταν οι μαθητές είχαν αποκτήσει εξοικείωση με το μάθημα και με τον ομαδικό τρόπο εργασίας, οπότε αυτοί οι παράγοντες πιθανόν να συνέβαλαν στο να δηλωθούν ως περισσότερο αρεστά. Οι μαθητές δεν δήλωσαν ιδιαίτερες δυσκολίες, εξαιρουμένου του 3ου φύλλου εργασίας (Μετρήσεις μάζας – Τα διαγράμματα) το οποίο δυσκόλεψε τα κορίτσια. Αναφορικά με τα διαγράμματα, προτείνεται η διδασκαλία τους στα μαθηματικά της Α΄ Γυμνασίου, πριν από την εμπλοκή των μαθητών με την κατασκευή διαγραμμάτων στη Φυσική.

Οι περιορισμοί της συγκεκριμένης έρευνας αφορούν στο μέγεθος του δείγματος και στην προέλευσή του από ένα μόνο σχολείο, το οποίο ήταν πειραματικό (με τις όποιες ιδιαιτερότητες του μαθητικού πληθυσμού). Μελλοντική μελέτη στοχεύει να διερευνήσει τις απόψεις των μαθητών της Α΄

Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Γυμνασίου στο ίδιο σχολείο, ώστε να αναδυθούν τυχόν ομοιότητες και διαφορές σε διαφορετικές ακαδημαϊκές χρονιές.

Βιβλιογραφία

Τσελέντης, Σ., Χατζηγεωργίου, Μ., & Πολίτης, Ι. (2014). Διερευνώντας τις αντιλήψεις των μαθητών της Α' γυμνασίου για το μάθημα της Φυσικής. 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο με διεθνή συμμετοχή «Ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού στα μαθηματικά και τις φυσικές επιστήμες», Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ρόδος 17-18 Οκτ. 2014.

Καλκάνης, Γ.-Θ., Γκικοπούλου, Ο., Καπότης, Ε., Γουσόπουλος, Δ., Πατρινόπουλος, Μ., Τσάκωνας, Π., Δημητριάδης, Π., Παπατσιμπί, Α., Μιτζήθρας, Κ., Καπόγιαννης, Α., Σωτηρόπουλος, Δ., Πολίτης, Σ. κ.ά. (2013). *Η Φυσική με Πειράματα – Α' Γυμνασίου*. Αθήνα: Υπουργείο Παιδείας & Θρησκ., ΙΕΠ, ΙΤΥΕ & εκδόσεων «Διόφαντος».



Η Κ. Νικολοπούλου εργάζεται ως Φυσικός στο Ζάννειο Πειραματικό Γυμνάσιο Πειραιά. Έχει κάνει μεταπτυχιακό και διδακτορικό στις Τεχνολογίες Πληροφορίες και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) στην Εκπαίδευση, στο Πανεπιστήμιο του Λονδίνου. Τα ερευνητικά της ενδιαφέροντα περιλαμβάνουν την αξιοποίηση των ΤΠΕ στην εκπαίδευση και την αποτελεσματικότητά τους στη διδασκαλία και τη μάθηση, καθώς και τη διερεύνηση των απόψεων μαθητών και εκπαιδευτικών σε θέματα σχετικά με τις ΤΠΕ.

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.

Η περιπλάνηση της αδράνειας στα μονοπάτια της καθημερινότητας. Ένα διδακτικό σενάριο, με πραγματικά πειράματα, “φιλικό” προς τους χρήστες (καθηγητές και μαθητές)

Ηλίας Καλογήρου και Αναστάσιος Νέζης

Εισαγωγή

Αφορμή γι’ αυτή την εργασία στάθηκε η πρόσκλησή μας από το Γυμνάσιο Βάρδας της Ηλείας προκειμένου να παρουσιάσουμε σε διαθεματικό επίπεδο τη σύνδεση του μαθήματος της Φυσικής με το μάθημα της Γυμναστικής (Γκοτζαρίδης, 2001) αλλά και με τα αθλήματα. Η δομή της εργασίας μας συνίσταται στο σχεδιασμό πολλών πραγματικών πειραμάτων με την αμεσότητα και το κύρος του «ζωντανού» (τα οποία ενέχουν και τη «δόση» του εντυπωσιασμού) και στη συζήτηση πάνω σε αυτά χωρίς μαθηματικούς τύπους. Μπορεί να παρουσιαστεί τόσο σε μαθητές Γυμνασίου (για τους οποίους δεν προβλέπεται η διδασκαλία της περιστροφής στερεού σώματος) όσο και σε μαθητές Λυκείου (οι οποίοι διδάσκονται τη ροπή αδράνειας ξεκινώντας από τον ορισμό $I = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + \dots$, χωρίς καμία αναφορά στην αναγκαιότητα εισαγωγής ενός τέτοιου φυσικού μεγέθους) (Ιωάννου κ.ά., 2007).

Με την εργασία αυτή προσπαθούμε να πετύχουμε τους εξής στόχους: α) την κατανόηση σχεδόν από το σύνολο των μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και κατά συνέπεια πρόκληση ενδιαφέροντος για το αντίστοιχο μάθημα, β) ο σχεδιασμός των πειραμάτων να διευκολύνει τον εκπαιδευτικό να ανιχνεύσει και να ενεργοποιήσει τη κριτική ικανότητα των μαθητών, να εμπνευστεί ερωτήσεις για προβληματισμό ώστε βήμα-βήμα να οδηγήσει τους μαθητές στα επιθυμητά συμπεράσματα, γ) να δίνεται η δυνατότητα αναπαραγωγής των πειραμάτων επειδή τα απαιτούμενα υλικά είναι απλά – καθημερινής χρήσης ή υπάρχουν στα περισσότερα σχολικά εργαστήρια, δ) να καλλιεργηθεί η ενεργός συμμετοχή του μαθητή κατά την εκτέλεση των πειραμάτων ώστε να αποκτηθεί μια βιωματική εμπειρία ε) να αναδειχθεί η διαθεματικότητα ανάμεσα στη Φυσική και τη Γυμναστική και στ) να γίνει σύνδεση της σχολικής γνώσης με τα φαινόμενα της καθημερινότητας.

Η αδράνεια στην ευθύγραμμη κίνηση

Σύμφωνα με το νόμο της αδράνειας, ένα αντικείμενο διατηρεί την κινητική του κατάσταση αν δεν ενεργεί καμία δύναμη σε αυτό. Αν ασκηθεί δύναμη στο αντικείμενο, τότε, σύμφωνα με το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα, η μεταβολή της ταχύτητάς του θα είναι τόσο δυσκολότερη όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα, η οποία είναι ένα ποσοτικό μέτρο της αδράνειας (Feynman, 2009, σ. 129), και όσο μικρότερος είναι ο χρόνος άσκησης της δύναμης:

$$\Delta v = \frac{F \Delta t}{m}$$

Έτσι όταν πλένουμε τα χέρια μας και τα τινάζουμε, θέτουμε τις σταγόνες του νερού, μαζί με τα χέρια μας, σε κίνηση. Αν μετά το τίναγμα σταματήσουμε απότομα τα χέρια, οι σταγόνες συνεχίζουν να κινούνται «λόγω αδράνειας»: δεν ασκείται σε αυτές δύναμη ικανή να μεταβάλλει την κινητική τους κατάσταση (να τις σταματήσει) κι έτσι απομακρύνονται από τα χέρια μας.

Αν χτυπήσουμε με σφυρί μια σφαίρα τεσσάρων κιλών -του σφαιροβόλου- που στηρίζεται πάνω σε ένα χάρτινο ή πλαστικό κυπελλάκι του καφέ (Εικόνα 1), θα δούμε ότι το κυπελλάκι δεν υποχωρεί. Η δύναμη που θα ασκηθεί στο κυπελλάκι από τη σφαίρα (πέρα από το βάρος της) θα είναι ίση με τη μεταβολή της ορμής της σφαίρας κατά την κρούση της με το κυπελλάκι προς το χρόνο που διαρκεί η κρούση της σφαίρας στο κυπελλάκι. Η αρχική ορμή της σφαίρας είναι ελάχιστη διότι για την ασκούμενη από το σφυρί στη σφαίρα δύναμη ισχύει η σχέση $F = m \cdot a$ και επειδή η μάζα της (η αδράνειά της) είναι μεγάλη, η επιτάχυνση της σφαίρας είναι ασήμαντη. Άρα ασήμαντη θα είναι και η ταχύτητά της (αρχικά ηρεμούσε) επομένως και η ορμή της, (κατά συνέπεια και η μεταβολή της ορμής της κατά την κρούση της με το κυπελλάκι) άρα και η δύναμη που θα ασκηθεί τελικά στο κυπελλάκι.



Εικόνα 1. Η μεγάλη αδράνεια της ακίνητης βαριάς σφαίρας προφυλάσσει το χάρτινο κυπελλάκι παρ' όλο το χτύπημα του σφυριού

Εάν αντίστοιχα κρατήσουμε στη παλάμη μας τη σφαίρα αυτή και κάποιος χτυπήσει το σφυρί πάνω της, θα διαπιστώσουμε ότι είναι ανεπαίσθητη η αίσθηση της επιπλέον δύναμης που ασκείται από τη σφαίρα στο χέρι μας, πέραν του βάρους της. Αν τώρα η ίδια σφαίρα αφεθεί από κάποιο ύψος να πέσει πάνω στο ίδιο κυπελλάκι (Εικόνα 2α), τότε το κυπελλάκι συνθλίβεται (Εικόνα 2β) λόγω της

ασκούμενης σε αυτό δύναμης από τη σφαίρα, η οποία αναπτύσσεται κατά την πρόσκρουση της σφαίρας στο κυπελάκι λόγω της μεταβολής της ορμής της σφαίρας ($F = \frac{\Delta P}{\Delta t}$). Η μεγάλη μάζα (αδράνεια) της σφαίρας οδηγεί σε μεγάλη μεταβολή της ορμής της και άρα στην άσκηση δύναμης που συνθλίβει το κυπελλάκι (Gerardo, 2015).

Σε όλα τα στάδια της παρουσίασης ο εκπαιδευτικός μπορεί να ρωτάει τους μαθητές να προβλέπουν κάθε φορά τι θα συμβεί και για ποιο λόγο (δηλαδή να ωθεί τους μαθητές να κάνουν υποθέσεις). Συγχρόνως μπορεί να καλεί τους μαθητές ώστε να εκτελούν αυτοί τα πειράματα ενθαρρύνοντας την ενεργό συμμετοχή και τη συνεργασία.



Εικόνα 2. (α) Η βαριά σφαίρα αφήνεται να πέσει πάνω στο χάρτινο κυπελλάκι, (β) το κυπελλάκι συνθλίβεται

Τόσο το άθικτο όσο και το συμπιεσμένο κυπελλάκι αποδίδονται στη μεγάλη μάζα (αδράνεια) της σφαίρας: η σφαίρα είτε τίθεται δύσκολα σε κίνηση είτε ακινητοποιείται δύσκολα. Με άλλα λόγια οι δύο όψεις του ίδιου νομίσματος που πάντα θα κυκλοφορεί και ποτέ δεν θα εξαργυρώνεται!

Η αδράνεια στην περιστροφή

Ο νόμος της αδράνειας εμφανίζεται ακόμη και στην περίπτωση όπου έχουμε περιστροφή του αντικειμένου γύρω από κάποιο άξονα π.χ. η περιστροφή του ποδιού κατά τη βάδιση και το τρέξιμο γύρω από άξονα που διέρχεται από την άρθρωση του ισχίου, η περιστροφή του χεριού γύρω από άξονα που διέρχεται από την άρθρωση του ώμου, η περιστροφή της χορεύτριας γύρω από κατακόρυφο άξονα στο καλλιτεχνικό πατινάζ, η περιστροφή του αθλητή των καταδύσεων κατά τη πτώση του, η περιστροφή του αυγού γύρω από τον άξονά του για να βρεθεί αν είναι ωμό ή βρασμένο και πολλά άλλα.

Για να εξηγήσουμε την αδράνεια στη περίπτωση αυτή, χρησιμοποιούμε την πιο κάτω πειραματική διάταξη: από το πάνω μέρος ενός κεκλιμένου επιπέδου αφήνουμε την ίδια στιγμή για να κυλήσουν δύο πανομοιότυπα κυλινδρικά κουτάκια (μάζας 107 g το καθένα στην περίπτωσή μας) από συσκευασία καραμελών (Εικόνα 3). Κατά τη διάρκεια της καθόδου παρατηρούμε ότι τα κουτάκια, περιστρεφόμενα γύρω από οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το κέντρο τους, δεν κατέρχονται με

την ίδια ταχύτητα οπότε το ένα φτάνει γρηγορότερα από το άλλο (Εικόνα 4). Στο σημείο αυτό ο εκπαιδευτικός μπορεί να ανοίξει μια συζήτηση – προβληματισμό για ποιο λόγο τα πανομοιότυπα κουτάκια δεν φτάνουν την ίδια στιγμή στο κάτω μέρος του κεκλιμένου επιπέδου συλλέγοντας τις απαντήσεις. Αν ανοίξουμε τα κουτάκια θα διαπιστώσουμε ότι περιέχουν πλαστελίνη ίσης μάζας (ρωτάμε το γιατί) αλλά τοποθετημένης σε διαφορετικό σχηματισμό σε κάθε κουτάκι. Στο κουτάκι που έφτασε πρώτο η πλαστελίνη είναι τοποθετημένη σε συμπαγή μορφή στο κέντρο, ενώ στο άλλο κουτάκι σχηματίζει δακτύλιο κατανεμημένο στη περιφέρεια (Εικόνα 5).



Εικόνα 3. Δύο πανομοιότυπα κουτάκια



Εικόνα 4. Τα κουτάκια δεν φτάνουν ταυτόχρονα στη βάση του κεκλιμένου επιπέδου



Εικόνα 5. Η κατανομή τη μάζας της πλαστελίνης στα δύο κουτάκια είναι διαφορετική

Βγάζουμε τη πλαστελίνη από κάθε κουτάκι και επαναλαμβάνουμε το πείραμα, ρωτώντας τους μαθητές ποιο κουτάκι θα φτάσει πρώτο. Φυσικά τα κουτάκια φτάνουν την ίδια στιγμή, όταν αφήνονται να κινηθούν ταυτόχρονα (το σχετικό βίντεο είναι αναρτημένο στη διεύθυνση: <https://www.youtube.com/watch?v=i6bb1O6nQss>). Έτσι φτάνουμε στο συμπέρασμα ότι παρατηρείται κάποια βραδύτητα (ή αντίσταση) στην έναρξη και την εξέλιξη της περιστροφής όταν τμήματα του σώματος απέχουν περισσότερο από τον άξονα περιστροφής. Ένα μέτρο αυτής της αντίστασης είναι η ροπή αδράνειας. Ένα σώμα θα έχει μεγάλη ροπή αδράνειας όταν τμήματα του σώματος απέχουν περισσότερο από τον άξονα περιστροφής. Π.χ. η χορεύτρια στο καλλιτεχνικό πατινάζ που περιστρέφεται γύρω από κατακόρυφο άξονα που διέρχεται από το κέντρο βάρους της έχει μεγαλύτερη ροπή αδράνειας όταν εκτείνει τα χέρια της.

Γιατί όταν τρέχουμε λυγίζουμε τα πόδια μας;

Όπως είπαμε, κατά τη βάδιση κάθε πόδι περιστρέφεται γύρω από άξονα που διέρχεται από την άρθρωση του ισχίου. Όταν θέλουμε να τρέξουμε θα πρέπει η περιστροφή του ποδιού μπρος - πίσω να γίνεται γρήγορα ή με άλλα λόγια να υπάρχει μικρή αντίσταση στην εξέλιξη της κίνησης. Αυτό το πετυχαίνουμε μειώνοντας τη ροπή αδράνειας του ποδιού με το λύγισμα. Το τμήμα του ποδιού από το γόνατο και κάτω πλησιάζει τον άξονα περιστροφής κι έτσι η περιστροφή γίνεται γρηγορότερα. Στο πλαίσιο του εντυπωσιασμού του ακροατηρίου μας, έχουμε κατασκευάσει ομοίωμα των ποδιών του ανθρώπου παίρνοντας τα κάτω άκρα από το μοντέλο του ανθρώπινου σκελετού (Εικόνα 6). Μέσω ενός σπάγκου το ένα πόδι είναι μόνιμα λυγισμένο. Αν απομακρύνουμε κατά την ίδια γωνία τα δύο πόδια, παρατηρούμε ότι το λυγισμένο περιστρέφεται γρηγορότερα.



Εικόνα 6. Το λυγισμένο πόδι περιστρέφεται γρηγορότερα απ' ό,τι το τεντωμένο

Στο πλαίσιο της υπάρχουσας υποδομής στα σχολικά εργαστήρια προτείνουμε ένα μηχανικό ανάλογο για το λυγισμένο και το τεντωμένο πόδι με μεταλλικές ράβδους διαμέτρου 10 mm και διαφόρων μηκών (Εικόνα 7). Δύο ράβδοι μήκους 30 cm η κάθε μία που συνδέονται μέσω απλού

συνδέσμου υπό ορθή γωνία αναπαριστούν το λυγισμένο πόδι. Δύο άλλες ράβδοι των 30 cm που συνδέονται με απλό σύνδεσμο ώστε να σχηματίζουν ευθεία αναπαριστούν το τεντωμένο πόδι. Τα δύο ζευγάρια των ράβδων μπορούν να περιστρέφονται γύρω από οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το ένα άκρο τους. Αν τα δύο ζευγάρια απομακρυνθούν κατά την ίδια γωνία από τη θέση ισορροπίας και αφεθούν ελεύθερα, τότε το ζευγάρι της ορθής γωνίας ταλαντώνεται γρηγορότερα λόγω μικρότερης ροπής αδράνειας ως προς τον κοινό άξονα περιστροφής. Η διεύθυνση του βίντεο στο διαδίκτυο για τη παρακολούθηση της κίνησης του μηχανικού αναλόγου είναι η εξής: <https://youtu.be/msHT8qm6QUw>.



Εικόνα 7. Μηχανικό ανάλογο λυγισμένου και τεντωμένου ποδιού με μεταλλικές ράβδους

Μπορούμε τώρα να θέσουμε ερωτήσεις όπως γιατί ο αθλητής του βάδην δεν μπορεί να αναπτύξει μεγάλη ταχύτητα ή γιατί οι αιωρήσεις των ψηλών ποδιών της καμηλοπάρδαλης είναι πιο αργές από τις αντίστοιχες ενός πεκινουά.

Γιατί όταν τρέχουμε λυγίζουμε τα χέρια μας;

Κατά τη βάδιση όταν το αριστερό πόδι προβάλλει τότε το αριστερό χέρι πηγαίνει προς τα πίσω. Συγχρόνως όταν το δεξί πόδι πηγαίνει προς τα πίσω, το δεξί χέρι προβάλλει. Με αυτό τον τρόπο το σώμα μας διατηρεί την ισορροπία του. Η ισορροπία αυτή πρέπει να διατηρείται και στη περίπτωση του τρεξίματος. Για να παρακολουθούν τα χέρια τις γρήγορες περιστροφές των ποδιών πρέπει να λυγίσουν ώστε να μειωθεί η ροπή αδράνειας τους ως προς τον άξονα περιστροφής που διέρχεται από την άρθρωση των ώμων. Επομένως και τα χέρια κινούνται μπρος πίσω με τον ίδιο ρυθμό με αυτό των ποδιών (Εικόνα 8, όπου ο «Δρομέας» του Βαρώτσου δεν θα αισθανόταν άνετα κατά το τρέξιμο καθώς τεντώνει τα χέρια προς τα πίσω) (in.gr, 2015).



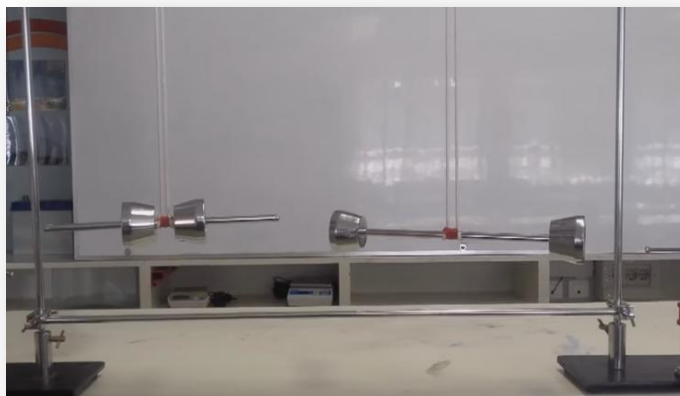
Εικόνα 8. Όταν τρέχουμε λυγίζουμε και τα χέρια, εκτός από τα πόδια (Πηγή φωτογραφίας Associated Press)

Σχοινοβάτης

Προκειμένου να εξηγήσουμε το ρόλο της μακριάς και βαριάς ράβδου που κρατά ο σχοινοβάτης εκτελούμε το ακόλουθο πείραμα. Σε μια οριζόντια ράβδο που μπορεί να περιστρέφεται γύρω από οριζόντιο άξονα κάθετο στο μέσον της (Εικόνα 9), έχουμε στερεώσει δύο απλούς συνδέσμους αριστερά και δύο δεξιά σε ίσες αποστάσεις από το μέσον της. Η μικρή οριζόντια ράβδος μπορεί να περιστρέφεται ελεύθερα μέσα στον αφαλό της χυτοσιδερένιας βάσης. Αν δοκιμάσουμε να περιστρέψουμε τη ράβδο γύρω από τον άξονά της γυρίζοντας το άκρο της μικρής ράβδου που υποδεικνύεται από το βέλος, θα αισθανθούμε μεγάλη δυσκολία. Αν όμως οι βαρείς σύνδεσμοι πλησιάσουν προς το μέσον της ράβδου, τότε η δυσκολία περιστροφής μειώνεται. Το ίδιο πείραμα μπορεί να εκτελεστεί και με τη διάταξη της Εικόνας 10. Το βίντεο του πειράματος είναι διαθέσιμο στη διεύθυνση: <https://youtu.be/p-R95zE2R2M>



Εικόνα 9. Όσο οι απλοί σύνδεσμοι απομακρύνονται από το μέσο της ράβδου, η δυσκολία περιστροφής αυξάνεται



Εικόνα 10. Όταν οι κωνικές βάσεις τύπου Α, απέχουν πιο πολύ από το μέσον της οριζόντιας ράβδου, η περιστροφή της ράβδου γύρω από κατακόρυφο άξονα που διέρχεται από το μέσον της είναι πιο αργή

Προφανώς στη περίπτωση της μεγαλύτερης απόστασης των βαριδίων από τον άξονα περιστροφής η ροπή αδράνειας της ράβδου έχει μεγαλώσει και επομένως εμφανίζεται μεγαλύτερη αντίσταση κατά τη περιστροφή της. Έτσι η ράβδος του σχοινοβάτη είναι μεγάλου μήκους και βαριά ώστε να έχει μεγάλη ροπή αδράνειας και να αποφεύγεται η ανατροπή (Εικόνα 11). Όμοια για την αποφυγή της ανατροπής φέρνει τα χέρια της στην έκταση η αθλήτρια πάνω στη δοκό ισορροπίας.



Εικόνα 11. Η μεγάλη στιγμή που ο Φιλίπ Πετίτ περπατά ανάμεσα στους Δίδυμους Πύργους (Πηγή φωτογραφίας: Associated Press) (kathimerini.gr, 2015)

Μια αναπαράσταση του σχοινοβάτη πάνω σε ποδήλατο είναι η πειραματική διάταξη της Εικόνας 12 όπου η τροχαλία αναπαριστά το ποδήλατο και η οριζόντια ράβδος με τις αναρτημένες κόλουμες βάσεις στα άκρα αναπαριστά τη ράβδο του ποδηλάτη. Προφανώς το κέντρο βάρους της κατασκευής βρίσκεται κάτω από το σημείο στήριξης. Υπάρχει η δυνατότητα στο σχολικό εργαστήριο να στηθεί η διάταξη. Για τη παρακολούθηση του αντίστοιχου βίντεο, η διεύθυνση είναι: <https://youtu.be/QJ00IBNOU4g>



Εικόνα 12. Αναπαράσταση του σχοινοβάτη με ποδήλατο

Συμπεράσματα

Στην εργασία μας αυτή ακολουθήσαμε ένα διδακτικό σενάριο σύμφωνα με το οποίο παρουσιάζουμε αρχικά τη πειραματική συσκευή και μετά γίνεται συζήτηση και αναπτύσσεται προβληματισμός με σκοπό να καταλήξουμε στο συμπέρασμα. Έτσι από την αδράνεια στην ευθύγραμμη κίνηση περνάμε στην αδράνεια στην περιστροφική κίνηση για να καταλήξουμε να εξηγούμε πολλά φαινόμενα της καθημερινότητας. Έχουμε σχεδιάσει πειράματα με απλά υλικά ή όργανα που υπάρχουν σχεδόν σε όλα τα σχολικά εργαστήρια, κάνοντας τη πρότασή μας «φιλική» προς τους χρήστες, λόγω της εύκολης αναπαραγωγής. Καλλιεργούμε τη κριτική ικανότητα των μαθητών και την ενεργό συμμετοχή τους. Η διάρκεια της παρουσίασης ανέρχεται σε μία ώρα περίπου και δεν απαιτείται οργανωμένο εργαστήριο. Τρέφουμε την ελπίδα ότι σε ένα μελλοντικό αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών, τα φυσικά μεγέθη δεν θα ορίζονται με «ουρανοκατέβато» τρόπο, όπου αυτό είναι δυνατό, αλλά αφού πρώτα αναδειχτεί η αναγκαιότητα εισαγωγής τους. Παράδειγμα ενός τέτοιου προσανατολισμού αποτελεί η εργασία μας. Η ανάλυση που έγινε στο κείμενο για τα διάφορα φαινόμενα είναι απλή ώστε να γίνει κατανοητή από τους μαθητές αλλά και από εκπαιδευτικούς άλλης ειδικότητας στο πλαίσιο διαθεματικής συνεργασίας.

Η εργασία αυτή παρουσιάστηκε σε Γυμνάσια της Ηλείας, σε 20 καθηγητές Φυσικής Αγωγής που παρακολούθησαν θερινό σχολείο στην Αρχαία Ολυμπία τον Αύγουστο 2015 και σε 120 καθηγητές Φυσικής Αγωγής της ΔΔΕ Ανατολικής Αττικής στις 25/9/2015 κατά τη διάρκεια του επιμορφωτικού προγράμματος διδασκαλίας των διδακτικών αντικειμένων του αναλυτικού προγράμματος Φυσικής Αγωγής, με την εποπτεία της Σχολικής Συμβούλου Φυσικής Αγωγής Ανατολικής Αττικής Δρος Νέλλης Αρβανίτη.

Βιβλιογραφία

Feynman, R. (2007). *Οι διαλέξεις Φυσικής του Feynman*. Τόμος Α. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.

Gerardo G., (2015). The Physics of Warfare. *The Physics Teacher*, 53, 151-154.

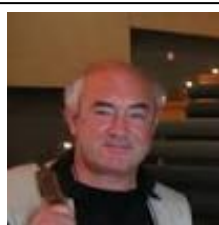
in.gr (2015). <http://news.in.gr/science-technology/article/?aid=1231335482>. Ημερομηνία προσπέλασης 31/1/2016.

kathimerini.gr (28/9/2015) <http://www.kathimerini.gr/832682/article/epikairothta/kosmos/o-sxoinovaths-twn-didymwn-pyrgwn>. Ημερομηνία προσπέλασης 31/1/2016

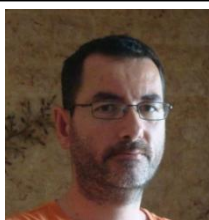
Γκοτζαρίδης, Χ. (2001). *Κάνω γυμναστική και μαθαίνω φυσική*. Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Ζήτη.

Ιωάννου, Α., Ντάνος, Γ., Πήττας, Α., Ράπτης, Σ. (2007). *Φυσική Θετικής και Τεχνολογικής Κατεύθυνσης Γ' Τάξη Γενικού Λυκείου*. Αθήνα, ΟΕΔΒ.

Όλες οι φωτογραφίες, εκτός των Εικόνων 8 και 11, είναι των συγγραφέων.



Ο Ηλίας Καλογήρου είναι Φυσικός . Από το 1996 μέχρι σήμερα είναι υπεύθυνος του ΕΚΦΕ Ηλείας. Στο παρελθόν ήταν επιμορφωτής του ΠΕΚ. Είναι συγγραφέας άρθρων σε περιοδικά (με κριτές και μη), εφημερίδες κλπ. Ήταν μέλος συγγραφικής ομάδας για το πολλαπλό βιβλίο Φυσικής του Ενιαίου Λυκείου . Έχει βραβευτεί τρεις φορές σε πανευρωπαϊκούς διαγωνισμούς πειραμάτων. Στα ενδιαφέροντα του είναι η δημιουργία διδακτικών σεναρίων που συνδέουν τη σχολική γνώση με τα φαινόμενα της καθημερινότητας.



Ο Τάσος Νέζης ζει και εργάζεται ως εκπαιδευτικός της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης στη Σαλαμίνα. Τα ενδιαφέροντά του κινούνται γύρω από την εισαγωγή του πειράματος μικρής διάρκειας στην καθημερινή σχολική πραγματικότητα. Τα τελευταία χρόνια ασχολείται με προπονήσεις μαθητικών ομάδων για τους διαγωνισμούς EUSO. διατηρεί τον ιστότοπο nezistasos.wix.com/nezistasos.

Επίδραση της βαρύτητας στο απλό εκκρεμές. Δύο λάθη ένα σωστό!

Νίκος Σκουλίδης

Η αρχική ιδέα στην οποία στηρίχθηκε η παρούσα εργασία πρωτοπαρουσιάστηκε στους 7^{ους} Πανελλήνιους Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών, 12 και 13 Οκτωβρίου 2012, στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών και στο αμφιθέατρο του Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω και προκρίθηκε για την κεντρική εκδήλωση του Science on Stage στις πόλεις SŁUBICE (Πολωνία) – FRANKFURT (Oder) (Γερμανία), στις 23-28 Απριλίου 2013, όπου και παρουσιάστηκε.

Το εκκρεμές είναι μια πολύ απλή κατασκευή που εύκολα αξιοποιείται σε πείραμα του οποίου τα αποτελέσματα συμφωνούν σχεδόν απόλυτα με αυτά των υπολογισμών από τους μαθηματικούς τύπους. Όταν το πείραμα πραγματοποιείται μέσα στην τάξη χρησιμοποιώντας εποικοδομητικές μεθόδους έχει πολύ καλά διδακτικά αποτελέσματα. Η γνωστική σύγκρουση που δημιουργείται στους μικρούς πειραματιστές κατά τη διερεύνηση των παραγόντων που νομίζουν ότι θα μπορούσαν να επηρεάσουν την περίοδο του εκκρεμούς, είναι ιδιαίτερα έντονη. Αρκετές φορές αμφισβητούν ακόμη και τα αποτελέσματα των πειραμάτων που οι ίδιοι πραγματοποιούν και ζητούν να τα επαναλάβουν. Οι δύο παράγοντες, που οι μαθητές στην συντριπτική τους πλειονότητα υποθέτουν λανθασμένα ότι επηρεάζουν την περίοδο του εκκρεμούς, είναι η μάζα του εκκρεμούς και το πλάτος της ταλάντωσης. Στην εργασία αυτή θα γίνει μια μικρή μόνο αναφορά στην περίπτωση του πλάτους ενώ θα ασχοληθούμε σχεδόν αποκλειστικά με την περίπτωση της μάζας.

Όμως, απαντούν λάθος τελικά οι μαθητές όταν υποθέτουν ότι η περίοδος εξαρτάται από τη μάζα; Μήπως στην πραγματικότητα εννοούν ότι η περίοδος εξαρτάται από το βάρος και ότι όσο πιο βαρύ είναι το εκκρεμές τόσο πιο γρήγορα θα κινείται;

Αν συμβαίνει αυτό τότε κάνουν δύο πιθανά λάθη. Το πρώτο οφείλεται στη σύγχυση σχετικά με τη μάζα και το βάρος, καθώς συνήθως οι μαθητές εμπλέκουν στις απαντήσεις τους το βάρος, την έννοια που τους είναι περισσότερο οικεία, αντί για να εμπλέξουν τη μάζα, θεωρώντας τις δύο έννοιες ταυτόσημες. Το δεύτερο λάθος είναι, αν όντως εννοούσαν τη μάζα και όχι το βάρος, ότι θα έπρεπε να απαντήσουν πως η περίοδος δεν εξαρτάται από τη μάζα του εκκρεμούς.

Από την αναζήτηση που έχει γίνει, έχουν βρεθεί λίγα πραγματικά πειράματα για ναδειχτεί η εξάρτηση της περιόδου από το βάρος. Συνήθως, είτε το εκκρεμές αναρτάται σε άκαμπτη ράβδος που μπορεί να περιστρέφεται γύρω από άξονα με μεταβαλλόμενη κλίση σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο (Variable Gravity Pendulum, 2007; Variable-g pendulum, 2006), είτε το εκκρεμές κινείται πάνω σε κεκλιμένη αεροτράπεζα (THE VARIABLE “g” PENDULUM, 2010). Και στις δύο αυτές περιπτώσεις, η δύναμη που κινεί το εκκρεμές είναι μια συνιστώσα του βάρους που είναι ανάλογη του τριγωνομετρικού αριθμού της γωνίας που σχηματίζει ο άξονας ή η αεροτράπεζα με το οριζόντιο επίπεδο (συνημίτονου ή ημίτονου αντίστοιχα). Η απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή κάνει δύσκολη την πραγματοποίηση αυτών των πειραμάτων σε μια αίθουσα διδασκαλίας αλλά και στην πλειονότητα των εργαστηρίων Φυσικών Επιστημών των σχολείων μας. Επίσης, και στις δύο περιπτώσεις μπορεί ναδειχτεί μόνο πώς αυξάνεται η περίοδος όταν ελαττώνεται η δύναμη που κινεί το εκκρεμές. Συνεπώς, δεν μπορεί με αυτά να προσομοιωθεί μεγαλύτερη βαρύτητα.

Εκκρεμές και εξάρτηση της περιόδου από τη βαρύτητα και το βάρος

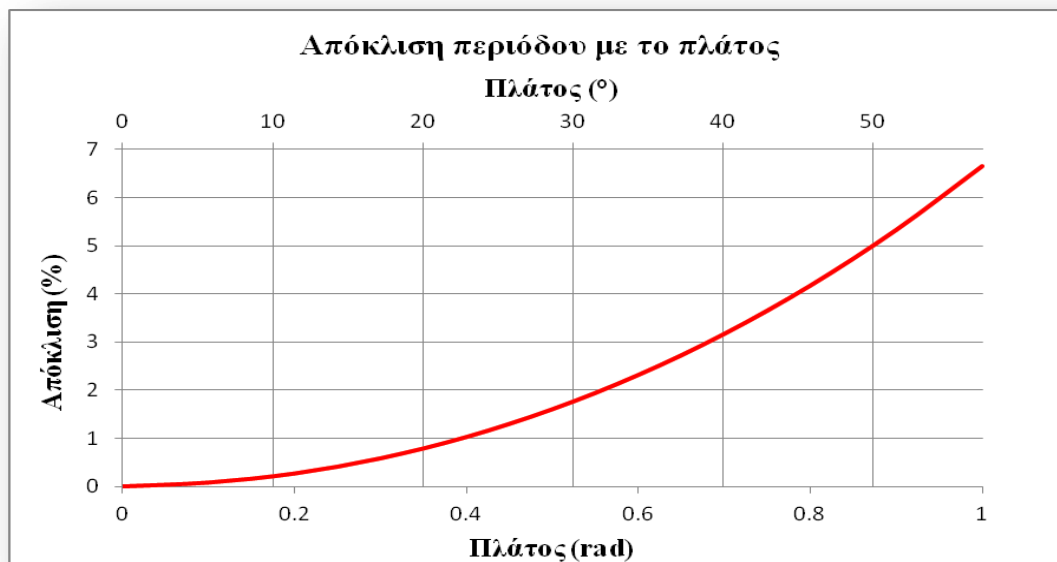
Όπως αναφέρεται στα σχολικά βιβλία (Αντωνίου κ.ά., 2013β, σ. 92), η περίοδος του εκκρεμούς εξαρτάται από το μήκος του και τον τόπο που βρίσκεται. Στην πραγματικότητα εξαρτάται και από το πλάτος της ταλάντωσής του (Pendulum period.svg, 2006). Ο ακριβής μαθηματικός υπολογισμός της γίνεται από ένα ελλειπτικό ολοκλήρωμα πρώτου τύπου που δεν έχει όμως αναλυτική λύση (Pendulum (mathematics), 2006). Αντ’ αυτής έχουν προταθεί διάφορες προσεγγιστικές λύσεις αθροισμάτων απείρων όρων. Όλοι οι όροι πέραν του πρώτου εισάγουν στην ουσία διορθώσεις για να προσεγγισθεί η πραγματική περίοδος για διάφορα πλάτη της ταλάντωσης του εκκρεμούς. Ο πρώτος όρος των αθροισμάτων είναι ο γνωστός τύπος που διδάσκεται στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο και εμπλέκει μόνο το μήκος και την επιτάχυνση της βαρύτητας στον τόπο. Ας σημειωθεί ότι χρησιμοποιώντας μόνο τον πρώτο όρο η απόκλιση που παρατηρούμε στην υπολογιζόμενη περίοδο, από πειραματικά δεδομένα, είναι ασήμαντη καθώς δεν είναι μεγαλύτερη από 1% για πλάτη μέχρι 0,4 rad (περίπου 20°), όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1. Έτσι, η μαθηματική σχέση που χρησιμοποιούμε για τον υπολογισμό της περιόδου T είναι:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1)$$

όπου l είναι το μήκος του εκκρεμούς και g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας (στο εξής θα αναφέρεται απλά σαν «βαρύτητα»). Από αυτή, χρησιμοποιώντας τον 2^ο Νόμο του Newton, αντικαθιστώντας δηλαδή την επιτάχυνση της βαρύτητας από τη σχέση $w = m \cdot g \Leftrightarrow g = \frac{w}{m}$ (w είναι το βάρος και m είναι η μάζα του εκκρεμούς) παίρνουμε:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{l \cdot m}{w}} \quad (2)$$

Από αυτή τη σχέση βλέπουμε ότι η περίοδος εξαρτάται από το βάρος του σώματος όταν η μάζα και το μήκος παραμένουν σταθερά. Το βάρος όμως μεταβάλλεται με τον τόπο ή το ουράνιο σώμα. Άρα η απάντηση - πρόβλεψη των μαθητών είναι σωστή.



Εικόνα 1. Απόκλιση της πραγματικής περιόδου από αυτήν που υπολογίζεται από την απλή μαθηματική σχέση σε συνάρτηση με το πλάτος της ταλάντωσης.

Πώς μπορούμε να δείξουμε πειραματικά την εξάρτηση της περιόδου του εκκρεμούς από το βάρος του;

Το ζητούμενο που προφανώς προκύπτει είναι πώς δείχνουμε την εξάρτηση της περιόδου από το βάρος. Είναι βέβαια μάλλον αδύνατο να αλλάξουμε τόπο, πηγαίνοντας είτε προς κάποια πολική περιοχή ή σε κάποιο (πολύ) ψηλό βουνό. Όμως, ακόμη κι αν είχαμε αυτή τη δυνατότητα, οι αλλαγές που θα παρατηρούσαμε στην περίοδο του εκκρεμούς θα ήταν πολύ μικρές, της τάξης του 1‰, πολύ μικρότερες από τα πιθανά σφάλματα των μετρήσεων. Επίσης, είναι εντελώς αδύνατο να πραγματοποιήσουμε κάποιο πείραμα με εκκρεμές σε άλλο ουράνιο σώμα, όπου η αλλαγή στην περίοδο θα ήταν σημαντική.

Ή μήπως όχι; Μήπως μπορούμε να προσφύγουμε σε κάποια προσομοίωση; Ακούγοντας τη λέξη «προσομοίωση», το μυαλό μας πάει αμέσως στις Νέες Τεχνολογίες (NT). Πράγματι, στον εικονικό κόσμο που μπορούμε να δημιουργήσουμε με τις NT, έχουμε τη δυνατότητα να κάνουμε οποιοδήποτε πείραμα και σε οποιοδήποτε τόπο. Υπάρχουν αρκετές έτοιμες εφαρμογές που θα μπορούσαμε να βρούμε στο διαδίκτυο (Pendulum lab, 2011; Απλό εκκρεμές, 2013). Δεν παύει όμως να είναι ένα εικονικό πείραμα με την αξία του να είναι σημαντική μεν, αλλά η προστιθέμενη γνώση του να είναι συχνά σε αμφισβήτηση. Αν όμως θέλουμε να αποφύγουμε τις NT, είτε λόγω ανάγκης, π.χ. έλλειψη υλικοτεχνικής υποδομής, είτε γιατί θέλουμε να εμπλέξουμε τους μαθητές στη διαδικασία για την

προετοιμασία και εκτέλεση ενός πραγματικού πειράματος, τότε μπορούμε να σκεφτούμε πώς να σχεδιάσουμε μια άλλη προσομοίωση, χωρίς NT.

Πρέπει να επιστρατεύσουμε τη φαντασία των μαθητών μας, ή καλύτερα να τους προτρέψουμε να συνδυάσουν τις απλές γνώσεις που έχουν μέχρι τώρα. Για να προχωρήσουμε πρέπει να απαντήσουμε σε μερικά ερωτήματα.

Πού οφείλεται η κίνηση του εκκρεμούς;

Το πρώτο ερώτημα είναι: Πού οφείλεται η κίνηση του εκκρεμούς; Εδώ μπορεί να γίνει μια μικρή συζήτηση για την αιτία της κίνησης (ή καλύτερα της αλλαγής της ταχύτητας) για να ανακαλέσουν οι μαθητές τις απλές γνώσεις που έχουν και να τις συνδυάσουν με την κίνηση του εκκρεμούς, που περιοδικά αυξάνεται ή μειώνεται η ταχύτητά του.

Η απάντηση που θα πρέπει να καταλήξουν είναι πως η αιτία της κίνησης του εκκρεμούς είναι το βάρος. Σε μαθητές Λυκείου μπορούμε να ζητήσουμε να προχωρήσουν ακόμη περισσότερο και να μιλήσουμε για συνιστώσα του βάρους.

Τι είναι το βάρος;

Το δεύτερο ερώτημα είναι: Τι είναι το βάρος; Η απάντηση συνήθως εύκολα δίνεται από τους περισσότερους μαθητές: *Η κατακόρυφη δύναμη με την οποία έλκει η Γη (ή οποιοδήποτε άλλο ουράνιο σώμα) ένα σώμα.* Μέσα σε αυτή την απλή απάντηση κρύβονται δύο λεπτά σημεία που μπορούμε να εκμεταλλευτούμε. Το πρώτο βρίσκεται στη λέξη «δύναμη». Δεν έχει αυτή η δύναμη να ζηλέψει τίποτα από οποιαδήποτε άλλη δύναμη, όποια και να είναι η προέλευσή της. Αυτό που θα πρέπει να σκεφτούν οι μαθητές είναι μόνο το αποτέλεσμα της. Στην περίπτωση του εκκρεμούς είναι η αλλαγή στην ταχύτητα. Οποιαδήποτε άλλη δύναμη, πέρα από το βάρος θα μπορούσε να φέρει το ίδιο αποτέλεσμα. Το δεύτερο είναι η λέξη «κατακόρυφη». Για να έχουμε την κίνηση του εκκρεμούς όπως ακριβώς την περιμένουμε, θα πρέπει η όποια δύναμη ασκείται στο εκκρεμές να είναι κατακόρυφη.

Άρα, αν στο εκκρεμές ασκηθεί μια οποιαδήποτε άλλη, αλλά πάντα κατακόρυφη δύναμη, αυτή μπορεί να λειτουργήσει όπως και το βάρος και θα προκαλέσει ταλάντωση.

Πρέπει να ασκηθεί μία μόνο δύναμη ώστε το εκκρεμές να ταλαντώνεται;

Το τρίτο ερώτημα είναι: Πρέπει να ασκήσουμε μόνο μια δύναμη; Εδώ επιστρατεύουμε και ανακαλούμε τις γνώσεις των μαθητών για τη συνισταμένη δύναμη. Μπορούμε λοιπόν να οδηγήσουμε τους μαθητές στην απάντηση πως όσες δυνάμεις και να ασκούνται στο εκκρεμές, εμάς θα μας ενδιαφέρει στη μελέτη μας μόνο η συνολική ή συνισταμένη δύναμη. Αρκεί, αυτή να παραμένει κατακόρυφη. Έτσι λοιπόν, αφού εδώ (στη Γη) που βρισκόμαστε δεν μπορούμε να αποφύγουμε τη δύναμη του πραγματικού βάρους, που πάντα θα υπάρχει, μπορούμε να ασκήσουμε μια επιπλέον κατακόρυφη δύναμη στο βαρίδι του εκκρεμούς και να υπολογίσουμε τη συνισταμένη αυτής και του

βάρους. Αυτή η συνισταμένη τώρα θα παίζει το ρόλο ενός διαφοροποιημένου βάρους, το φαινόμενο βάρος του βαριδίου. Με άλλα λόγια θα έχουμε «αλλάξει» τη βαρύτητα.

Εδώ πια έχουμε τη δυνατότητα επιλογής της κατεύθυνσης της δύναμης που ασκούμε στο βαρίδι. Μπορεί να είναι ομόρροπη με το βάρος (προς τα κάτω), οπότε το φαινόμενο βάρος θα γίνει μεγαλύτερο, δηλαδή θα έχουμε βαρύτητα μεγαλύτερη από αυτή της Γης, π.χ. του πλανήτη Δία. Μπορεί να είναι αντίρροπη του βάρους (προς τα πάνω), οπότε το φαινόμενο βάρος θα γίνει μικρότερο, όμοια και η βαρύτητα, σαν να είμαστε δηλαδή για παράδειγμα στον Άρη ή στη Σελήνη.

Πώς μπορώ να ασκήσω επιπλέον δύναμη;

Το τέταρτο ερώτημα είναι: Πώς μπορώ να ασκήσω μια επιπλέον κατακόρυφη δύναμη στο εκκρεμές; Η απάντηση μπορεί να δοθεί από τους μαθητές, γιατί ήδη γνωρίζουν το πώς ασκούνται οι δυνάμεις [Αντωνίου κ.ά., 2013α, σ. 45]. Μπορούμε να τους κατευθύνουμε πρώτα προς τις κατηγορίες δυνάμεων, από απόσταση ή από επαφή και να τους αφήσουμε να βρουν τρόπους για τη σχεδίαση των κατάλληλων διατάξεων. Οι προτάσεις για δυνάμεις από απόσταση, ηλεκτρικές ή μαγνητικές, αν υπάρξουν θα καταλήξουν σε διατάξεις μεγάλες, δύσκολες στην κατασκευή, με μεγάλο κόστος και συχνά επικίνδυνες. Κυρίως όμως αυτές οι διατάξεις ξεφεύγουν από τις γνώσεις και την τεχνογνωσία των μαθητών. Φυσικά, οι βαρυτικές αποκλείονται γιατί ήδη έχουμε το βάρος και είναι αδύνατο να δημιουργήσουμε τεχνητά βαρύτητα και αυτό που ζητούμε είναι μια τουλάχιστον επιπλέον δύναμη. Στη συζήτηση για τις δυνάμεις από επαφή, θα πρέπει να αποκλείσουμε την τριβή ή την άμεση επαφή με το εκκρεμές καθώς η μεν πρώτη θα οδηγούσε στο σταμάτημά του, η δε δεύτερη σε μια εξαναγκασμένη κίνηση – ταλάντωση.

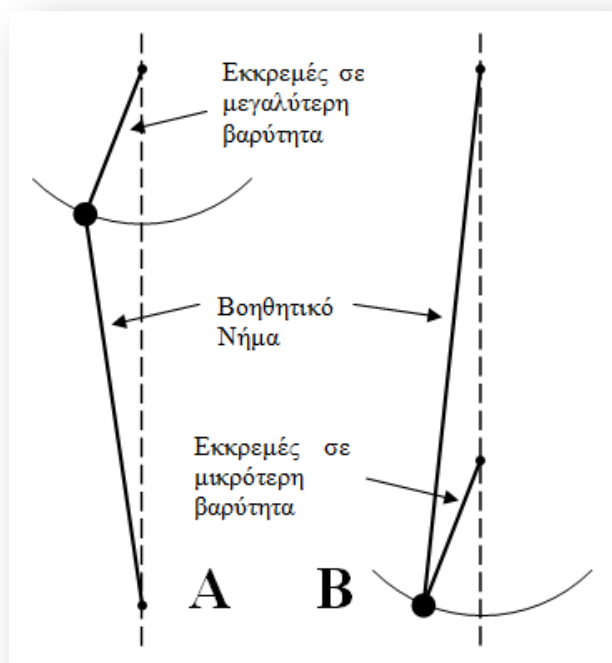
Απομένει λοιπόν η περίπτωση της άσκησης δύναμης μέσω νημάτων. Μπορούμε δηλαδή να ασκήσουμε στο εκκρεμές μια κατακόρυφη, ή για την ακρίβεια σχεδόν κατακόρυφη, δύναμη μέσα από ένα νήμα που θα έχει προσδεθεί σε αυτή. Έτσι, η συνολική δύναμη που θα κινεί το εκκρεμές μας θα είναι η συνισταμένη του βάρους και της δύναμης από το νήμα και που σύμφωνα με τις απαντήσεις στο προηγούμενο ερώτημα, θα μπορούσε αυτή η συνισταμένη να είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από το πραγματικό βάρος του εκκρεμούς, άρα θα βρίσκεται το εκκρεμές μας φαινομενικά σε άλλους τόπους με διαφορετική βαρύτητα.

Σχεδίαση – Θεωρητική υποστήριξη - Υλοποίηση της διάταξης

Σχεδίαση

Παίρνοντας υπόψη την παραπάνω συζήτηση, μπορούμε να σχεδιάσουμε τη διάταξη για την εκτέλεση του πειράματος. Στην Εικόνα 2 φαίνεται σε σχεδιάγραμμα το μοντέλο της προτεινόμενης διάταξης. Σε αυτή την εικόνα φαίνονται τα εκκρεμή και τα βοηθητικά νήματα που το ένα άκρο τους είναι προσδεμένο στο βαρίδι του κάθε εκκρεμούς ενώ το άλλο σε σταθερό σημείο που βρίσκεται στην ίδια κατακόρυφη με το σημείο στήριξης του αντίστοιχου εκκρεμούς.

Όπως φαίνεται το βοηθητικό νήμα δεν θα είναι πάντα κατακόρυφο. Όμως, αν το μήκος του είναι αρκετά μεγάλο και το πλάτος της ταλάντωσης είναι μικρό, μπορούμε να το θεωρήσουμε κατά προσέγγιση κατακόρυφο αφού η απόκλιση από την κατακόρυφη θα είναι αρκετά μικρότερη από το ήδη μικρό πλάτος. Μια δεύτερη παρατήρηση είναι πως κατά την κίνηση του εκκρεμούς θα πρέπει το μήκος του βοηθητικού νήματος να μεταβάλλεται. Θα πρέπει δηλαδή να είναι εκτατό το ίδιο το νήμα ή να παρεμβάλουμε μεταξύ του άκρου που στηρίζεται σταθερά και του σημείου στήριξης ένα ελατήριο. Η τελευταία λύση είναι μάλλον προτιμώμενη καθώς, το ίδιο το ελατήριο μπορεί να παίζει το ρόλο του μετρητή – ελεγκτή της δύναμης. Μπορεί να είναι δηλαδή ένα δυναμόμετρο. Να επισημάνουμε μόνο πως στην περίπτωση της διάταξης για βαρύτητα μικρότερη της κανονικής, επειδή η κίνηση του βοηθητικού νήματος δεν θα ήταν δυνατή, καθώς εμποδίζεται από τη στήριξη του εκκρεμούς, το εκκρεμές πρέπει να αναρτάται από νήμα σε σχήμα V, με τη μάζα του να βρίσκεται στην κορυφή του V.



Εικόνα 2. Σχεδιάγραμμα της διάταξης. Το εκκρεμές για επίτευξη βαρύτητας (α) μεγαλύτερης της κανονικής και (β) μικρότερης της κανονικής

Θεωρητική υποστήριξη

Στο παράρτημα, το οποίο είναι διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο του περιοδικού, δίνονται όλοι οι μαθηματικοί υπολογισμοί που αποδεικνύουν ότι η κίνηση που θα κάνουν τα εκκρεμή της Εικόνα 2 είναι ταλάντωση με περίοδο που θα εξαρτάται από τη δύναμη που ασκεί το βοηθητικό νήμα. Επίσης, είναι διαθέσιμο αρχείο υπολογιστικού φύλλου στο οποίο δίνεται μια υπολογιστική προσομοίωση του πειράματος. Σε αυτήν παρέχεται η δυνατότητα να υπολογισθεί η περίοδος του εκκρεμούς για διάφορα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και άλλες επιλογές.

Υλοποίηση

Η υλοποίηση όλης της διάταξης είναι απλή. Στην Εικόνα 3 και στην Εικόνα 4 αποτυπώνονται διάφορες λεπτομέρειες. Για να είναι εμφανή τα νήματα, χρησιμοποιήθηκαν μόνο για τη φωτογράφιση χοντρές κλωστές, ενώ στην πραγματική υλοποίηση μπορούν να χρησιμοποιηθούν λεπτές πετονιές, με το πλεονέκτημα των μικρότερων τριβών και επομένως της μεγαλύτερης διάρκειας των ταλαντώσεων. Στα εκκρεμή αναρτώνται βαρίδια ψαρέματος, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν οποιαδήποτε άλλα υλικά, αρκεί να υπάρχει η δυνατότητα πρόσδεσής τους. Ενώ η στήριξη των νημάτων μπορεί να γίνει με οποιοδήποτε τρόπο, στις Εικόνες 3 και 4 φαίνονται απλές αυτοσχέδιες «κρεμάστρες» φτιαγμένες από σύρματα διαμέτρου 3 mm (που χρησιμοποιούνται σε περιφράξεις). Παρόλο που αυτά τα σύρματα παραμορφώνονται κατά τη διάρκεια των ταλαντώσεων, δεν επηρεάζουν αισθητά το αποτέλεσμα.

Αυτό που δεν φαίνεται στο μοντέλο της Εικόνας 2, αλλά δείχνεται στις Εικόνες 3 και 4 είναι ο οδηγός του νήματος κοντά στο δυναμόμετρο που έχει σκοπό να μην επιτρέπει την ταλάντωση του δυναμόμετρου, γεγονός που θα προκαλούσε αποκλίσεις από τις αναμενόμενες τιμές περιόδου αλλά και σημαντικές απώλειες ενέργειας και γρηγορότερη απόσβεση της ταλάντωσης. Με αυτή την προσθήκη, το πραγματικό βοηθητικό νήμα γίνεται μόνο το τμήμα από τον οδηγό μέχρι το εκκρεμές. Η στερέωση όλων των εξαρτημάτων σε τοίχο ή κάποιο έπιπλο μπορεί να γίνει με χαρτοταινίες. Προφανώς, μπορεί να κατασκευαστεί και οποιαδήποτε άλλη συσκευή, περισσότερο μόνιμη και με μικρότερες παραμορφώσεις κατά τη λειτουργίας της.



Εικόνα 3. Προσομοίωση βαρύτητας μεγαλύτερης της κανονικής. Στο ένθετο φαίνεται η λεπτομέρεια του οδηγού του βοηθητικού νήματος κοντά στο δυναμόμετρο.



Εικόνα 4. Προσομοίωση βαρύτητας μικρότερης της κανονικής. Στο ένθετο φαίνεται η λεπτομέρεια του οδηγού του βοηθητικού νήματος κοντά στο δυναμόμετρο.

Αποτελέσματα

Η πρόταση αυτή εφαρμόστηκε από μαθητές της Γ' τάξης Γυμνασίου μέσα στην αίθουσα διδασκαλίας για τα τέσσερα τελευταία χρόνια και σε 3-5 τμήματα κάθε χρονιά. Στους παρακάτω Πίνακες 1 και 2 φαίνονται στοιχεία από πραγματικές μετρήσεις που έγιναν από μαθητές. Παρόλο που τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν απλά και πολλές φορές με αυτοσχεδιασμούς από τους ίδιους τους μαθητές, για τη στήριξη ή τη δημιουργία των διατάξεων, τα δεδομένα δείχνουν ξεκάθαρα την εξάρτηση της περιόδου από τη βαρύτητα ή διαφορετικά από το φαινόμενο βάρος του εκκρεμούς, όταν η μάζα του παραμένει σταθερή. Μάλιστα αυτή η εξάρτηση ακολουθεί με αρκετή ακρίβεια τους νόμους του απλού εκκρεμούς.

Στην πρώτη στήλη των πινάκων αναγράφεται το μέτρο της δύναμης που ασκήθηκε από το βοηθητικό νήμα. Στη δεύτερη στήλη δίνεται η περίοδος όπως βρέθηκε από την υπολογιστική προσομοίωση ακολουθώντας αυστηρά το μαθηματικό μοντέλο, ενώ στην τρίτη στήλη δίνεται η αναμενόμενη βαρύτητα όπως υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας τις προσεγγιστικές σχέσεις. Τέλος, στην τέταρτη στήλη αναγράφεται η περίοδος όπως μετρήθηκε από τους μαθητές και στην πέμπτη στήλη η βαρύτητα που αντιστοιχεί σε αυτήν την περίοδο από την απλή σχέση του εκκρεμούς. Η μέτρηση της περιόδου έγινε με χρονόμετρο κινητού τηλεφώνου μετρώντας το χρόνο 10 περιόδων. Το πλάτος της ταλάντωσης για το πραγματικό πείραμα ήταν $0,1 \text{ rad} - 0,2 \text{ rad}$, ενώ αυτό της υπολογιστικής προσομοίωσης $0,15 \text{ rad}$. Τα δυναμόμετρα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα «πιο

μαλακά» που υπήρχαν διαθέσιμα και είχαν σταθερά k της τάξης των 100 N/m. Η ίδια τιμή χρησιμοποιήθηκε και στην υπολογιστική προσομοίωση.

Στον Πίνακα 1 δίνονται τα αποτελέσματα για την περίπτωση της βαρύτητας μεγαλύτερης της κανονικής. Το μήκος νήματος του εκκρεμούς ήταν 0,28 m, και του βοηθητικού νήματος περίπου 2 m ($n = 7$, βλ. παράρτημα). Η μάζα του εκκρεμούς ήταν 0,13 kg.

Δύναμη βοηθητικού νήματος (N)	Αναμενόμενη περίοδος από προσομοίωση (s)	Αναμενόμενη βαρύτητα από προσομοίωση (g ₀)	Περίοδος από πείραμα (s)	Υπολογιζόμενη βαρύτητα από την περίοδο (g ₀)
0	1,06	1,0	1,08	0,97
1	0,73	1,9	0,71	2,24
2	0,60	2,8	0,64	2,75
4	0,48	4,7	0,50	4,51

Πίνακας 1. Προσομοίωση και μετρήσεις σε βαρύτητα μεγαλύτερη της κανονικής

Στον Πίνακα 2 δίνονται τα αποτελέσματα για την περίπτωση βαρύτητας μικρότερης της κανονικής. Εδώ το μήκος του εκκρεμούς ήταν 0,25 m και η μάζα του 0,3 kg. Το μήκος του βοηθητικού νήματος ήταν επίσης 2 m περίπου.

Δύναμη βοηθητικού νήματος (N)	Αναμενόμενη περίοδος από προσομοίωση (s)	Αναμενόμενη βαρύτητα από προσομοίωση (g ₀)	Περίοδος από πείραμα (s)	Υπολογιζόμενη βαρύτητα από την περίοδο (g ₀)
0	1,00	1,00	1,00	1,00
1	1,17	0,71	1,09	0,85
2	1,52	0,42	1,55	0,42
2,8	2,20	0,18	2,20	0,21

Πίνακας 2. Προσομοίωση και μετρήσεις σε βαρύτητα μικρότερη της κανονικής

Περιορισμοί της προσομοίωσης

Από τη μαθηματική ανάλυση (βλ. μαθηματικό παράρτημα) προκύπτει ότι στην περίπτωση της βαρύτητας μικρότερης της κανονικής, υπάρχει ένα κάτω όριο για τη βαρύτητα που μπορούμε να προσομοιώσουμε. Αυτό εξαρτάται από το λόγο των μηκών των νημάτων, βοηθητικού και εκκρεμούς. Έτσι, αν θέλουμε να προσομοιώσουμε με την διάταξή μας πολύ μικρές τιμές βαρύτητας, τότε θα πρέπει το βοηθητικό νήμα να γίνει πολύ μεγαλύτερο του νήματος του εκκρεμούς. Όμως όσο αυξάνεται αυτός ο λόγος τόσο αυξάνεται και το σφάλμα – απόκλιση από τους υπολογισμούς.

Το ελατήριο – δυναμόμετρο πρέπει να έχει όσο το δυνατό μικρότερη σταθερά, ώστε να μην αλλάζει η δύναμη που ασκεί εξαιτίας της αλλαγής του μήκους του βοηθητικού νήματος που απαιτείται (βλ. μαθηματικό παράρτημα). Έτσι τα σφάλματα γίνονται μικρότερα. Αυτό είναι περισσότερο εμφανές στην περίπτωση βαρύτητας μεγαλύτερης της κανονικής.

Ο καλύτερος συνδυασμός, όσον αφορά στα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά είναι να έχουμε όσο το δυνατό πιο μαλακά ελατήρια και μεγαλύτερο μήκος βοηθητικού νήματος, ιδίως στην περίπτωση της μεγαλύτερης βαρύτητας. Για παράδειγμα, αν έχουμε ελατήρια με σταθερά της τάξης των 10 N/m και λόγο μηκών νημάτων $n = 20$, τότε τα σφάλματα θα είναι της τάξης του 0,2% παίρνοντας υπόψη το συντελεστή διόρθωσης και του 2,3% χωρίς να πάρουμε υπόψη τον συντελεστή διόρθωσης για την προσομοίωση μεγάλων τιμών βαρύτητας, μέχρι και $20 g_0$. Για την περίπτωση μικρών τιμών βαρύτητας, μέχρι και $0,1 g_0$, το σφάλμα είναι μικρότερο του 1,3% με διόρθωση. Χωρίς διόρθωση, γίνεται της τάξης του 7% για $0,25 g_0$ και 2,4% για $0,5 g_0$.

Τέλος, το πλάτος της ταλάντωσης πρέπει να είναι όσο το δυνατό μικρότερο. Πλάτη μεγαλύτερα από 0,2 rad εισάγουν αρκετά μεγάλα σφάλματα.

Από τις δοκιμές που έχουν γίνει μέχρι τώρα, φάνηκε πως όσο πιο στιβαρή και σταθερή είναι η διάταξη, τόσο μικρότερη είναι η ελάττωση του πλάτους της ταλάντωσης λόγω απωλειών, και επομένως μεγαλύτερη η διάρκεια της ταλάντωσης. Τα δυναμόμετρα πρέπει να ολισθαίνουν όσο το δυνατό χωρίς τριβές. Αν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν απλά ελατήρια. Βέβαια αυτό προϋποθέτει τη βαθμονόμησή τους, καθώς και διάταξη μέτρησης του μήκους τους για τον προσδιορισμό της δύναμης που θα ασκούν. Σημαντική βελτίωση στη διάρκεια της ταλάντωσης προσθέτει και ο οδηγός τους βοηθητικού νήματος κοντά στα δυναμόμετρα (βλ. Εικόνες 3 και 4).

Συμπεράσματα

Με τη διάταξη που χρησιμοποιήσαμε προσομοιώνουμε με μηχανικό τρόπο περιβάλλοντα με βαρύτητα μικρότερη ή μεγαλύτερη της κανονικής με ένα απλό και εύκολο τρόπο είτε σε σχολική αίθουσα είτε σε εργαστήριο Φυσικών Επιστημών. Έτσι, μπορούμε να ελέγξουμε και να επιβεβαιώσουμε την εξάρτηση της περιόδου του εκκρεμούς από όλους τους παράγοντες που υπεισέρχονται στη μαθηματική σχέση που διδάσκεται σε Γυμνάσιο και Λύκειο. Η σχεδίαση του μοντέλου μπορεί να γίνει από τους ίδιους τους μαθητές, κυρίως στο Λύκειο, με την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού τους. Όμοια και η κατασκευή της διάταξης.

Και αφού στην ουσία με αυτή τη διάταξη μπορούμε και “μεταβάλλουμε” το βάρος του αναρτημένου αντικειμένου, τελικά μπορούμε να αποδείξουμε ότι αυτό που θεωρούμε σαν το πιο συνηθισμένο λάθος που κάνουν οι μαθητές στα ερωτήματα για τους παράγοντες από τους οποίους πιστεύουν πως εξαρτάται η περίοδός του, ίσως τελικά δεν είναι και τόσο λάθος. Αφού μας απαντούν για το βάρος εννοώντας τη μάζα (πρώτο λάθος) και ναι μεν δεν αλλάζει η περίοδος του εκκρεμούς όταν αλλάξει η μάζα του (δεύτερο λάθος), όμως τελικά η περίοδος αλλάζει όταν αλλάζει το βάρος και η μάζα παραμένει η ίδια. Δύο λάθη λοιπόν, ένα σωστό!

Βιβλιογραφία

Pendulum (mathematics) (2006). [http://en.wikipedia.org/wiki/Pendulum_\(mathematics\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Pendulum_(mathematics)), ανάκτηση από διαδίκτυο 25/1/2016

Pendulum lab (2011). <http://phet.colorado.edu/en/simulation/pendulum-lab>, ανάκτηση από διαδίκτυο 25/1/2016

Pendulum period.svg, (2006). http://en.wikipedia.org/wiki/File:Pendulum_period.svg, ανάκτηση από διαδίκτυο 25/1/2016

THE VARIABLE g PENDULUM, (2010). <http://academic.brooklyn.cuny.edu/physics/sobel/Phys1/Varg.html>, ανάκτηση από διαδίκτυο 25/1/2016

Variable Gravity Pendulum, (2007). <http://www.youtube.com/watch?v=TI4xnkG8rCU>, ανάκτηση από διαδίκτυο 25/1/2016

Variable-g pendulum, (2006). http://www.3bscientific.co.th/medialibrary/experiments/en/UE105020_E.pdf, ανάκτηση από διαδίκτυο 25/1/2016

Αντωνίου Ν., Δημητριάδης Π., Καμπούρης Κ., Παπαμιχάλης Κ. και Παπασιμπα Λ. (2013α). *Φυσική Β' Γυμνασίου*. ΙΤΥΕ, ISBN 978-960-06-2731-2.

Αντωνίου Ν., Δημητριάδης Π., Καμπούρης Κ., Παπαμιχάλης Κ. και Παπασιμπα Λ. (2013β). *Φυσική Γ' Γυμνασίου*. ΙΤΥΕ, ISBN 978-960-06-2779-4, ανάκτηση από διαδίκτυο 25/1/2016

Απλό εκκρεμές (2013). http://www.seilias.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=334&Itemid=55, ανάκτηση από διαδίκτυο 25/1/2016

Όλες οι φωτογραφίες είναι του συγγραφέα.



Ο Νίκος Σκουλίδης γεννήθηκε και ζει στη Θεσσαλονίκη. Εργάζεται στη Μέση εκπαίδευση από το 2000. Έχει σπουδάσει Φυσική, έχει μεταπτυχιακό τίτλο στην Ηλεκτρονική – Ραδιοηλεκτρολογία και διδακτορικό στη Φυσική, όλα από το ΑΠΘ. Είναι επιμορφωτής Β' επιπέδου στις ΤΠΕ στην εκπαίδευση για τον κλάδο ΠΕ04, αλλά προτιμά να χρησιμοποιεί πραγματικά εργαστήρια, με όσο το δυνατό πιο απλά υλικά, αντί για εικονικά.

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή

Κάνοντας τραγούδι τον ερειστικό ιστό!

Στέφανος Γιαγτζόγλου

Η διδασκαλία της υποενότητας «Ερειστικός ιστός» στη Βιολογία της Α' Λυκείου (Καστορίνης κ.α., 2013) προσεγγίστηκε με έναν ιδιαίτερα καινοτόμο τρόπο, λόγω της ιδιομορφίας που παρουσιάζει η συγκεκριμένη ενότητα στην κατανόηση και στην εμπέδωση των σχετικών επιστημονικών εννοιών. Οι μαθητές, χωριζόμενοι σε ομάδες και με ελάχιστη καθοδήγηση από τον εκπαιδευτικό, έγραψαν στίχους οι οποίοι στη συνέχεια επενδύθηκαν μουσικά από διασκευασμένο γνωστό αγγλικό τραγούδι της κατηγορίας μουσικής r&b (και hip hop εν μέρει). Το τραγούδι ηχογραφήθηκε και βιντεοσκοπήθηκε με πρωταγωνιστές τους μαθητές. Η όλη προσπάθεια έτυχε της ευρείας αποδοχής του Συλλόγου των Διδασκόντων του σχολείου, του Συλλόγου Γονέων και της τοπικής κοινωνίας. Οι μαθητές κοινωνικοποιήθηκαν, ανέλαβαν πρωτοβουλίες περατώνοντάς τις με ενθουσιασμό αλλά και συνέπεια, ενώ παράλληλα κατανόησαν μια από τις πιο δυσνόητες ενότητες της Βιολογίας της Α' Λυκείου, όπως φάνηκε από τις επιδόσεις τους στο μάθημα.

Λόγοι που οδήγησαν στην καινοτόμο δράση

Μεταξύ των παραγόντων εκείνων που οδήγησαν στην υλοποίηση της καινοτόμου δράσης, συμπεριλαμβάνονται: (α) οι διδακτικές δυσκολίες της ενότητας, (β) οι διαπιστώσεις του εκπαιδευτικού από τη διδασκαλία της συγκεκριμένης ενότητας τα προηγούμενα σχολικά έτη, (γ) η ανάγκη πολύπλευρης ανάπτυξης της προσωπικότητας των μαθητών, και (δ) οι τρέχουσες κοινωνικοοικονομικές συνθήκες.

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών οφείλει ίσως να προσεγγίζεται με έναν ιδιαίτερο και ξεχωριστό τρόπο λόγω της ίδιας της φύσης των Φυσικών Επιστημών. Οι επιστημονικές έννοιες είναι δύσκολα αντιληπτές από τους μαθητές, κάτι που είναι εμφανές από τις διεθνώς βιβλιογραφικά καταγεγραμμένες εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών (Driver et al., 1994). Οι έννοιες της Βιολογίας είναι πιο εύκολα κατανοητές, εφόσον μοντελοποιούνται (Κόμης κ.α., 2004) και ακόμη

περισσότερο εφόσον η διδασκαλία πλαισιώνεται από τη χρήση νέων τεχνολογιών (ΤΠΕ) και αξιοποιεί παιδαγωγικά τα όποια λάθη των μαθητών (Κέντρο Εκπαιδευτικής Έρευνας, 2007).

Στην υποενότητα «Ερειστικός ιστός» υπάρχουν οι εξής διδακτικές δυσκολίες: (α) δυσνόητη επιστημονική γλώσσα, (β) ιδιαίτερα μεγάλη σε έκταση επιστημονική ορολογία, (γ) ενότητα που δεν κινητοποιεί το ενδιαφέρον των μαθητών, (δ) δυσκολία απομνημόνευσης της επιστημονικής ορολογίας, και (ε) έννοιες που αναφέρονται στον μικρόκοσμο και συνεπώς δεν παρέχουν τη δυνατότητα άμεσης εποπτείας, προσέγγισης και περιγραφής τους.

Επιπλέον, η διδασκαλία της συγκεκριμένης ενότητας οδήγησε στην καταγραφή των εξής διαπιστώσεων: (α) περιθωριοποίηση των αδύνατων μαθητών από τη διαδικασία της μάθησης, (β) αποθάρρυνση των μέτριων μαθητών από τη διαδικασία της μάθησης, και (γ) υιοθέτηση στάσης στείρας απομνημόνευσης από τους καλούς μαθητές. Τα παραπάνω οδήγησαν σε εσφαλμένες εντυπώσεις από τους μαθητές για το μάθημα της Βιολογίας που μερικές φορές διαστρέβλωσαν ακόμη και τη φύση του μαθήματος, εντάσσοντας τη Βιολογία στις θεωρητικές, και όχι θετικές, επιστήμες.

Το σχολείο είναι μια μικρογραφία της κοινωνίας. Μέσα από αυτό οι μαθητές πρέπει να ανακαλύπτουν τις ικανότητες και τις δεξιότητές τους, ώστε να ενταχθούν με τον πιο ομαλό τρόπο στην ευρύτερη κοινωνία ως ενεργοί πολίτες. Το σχολείο και, κατ' επέκταση, οι εκπαιδευτικοί οφείλουν να βρουν τρόπους να αναπτύξουν την ολόπλευρη προσωπικότητα των μαθητών (Gardner, 1993) κρατώντας τους παράλληλα κοντά στο σχολείο και στη γνώση και αναδεικνύοντας τις ανθρώπινες αξίες.

Οι μαθητές βιώνουν έντονα την αβεβαιότητα της σύγχρονης κοινωνίας και μέσα από το τραγούδι θα έβρισκαν μια ευχάριστη διέξοδο (όπως και επιβεβαιώθηκε), που θα τους την παρείχε το ίδιο τους το σχολείο, μέσα από την καινοτόμα αυτή δράση. Είναι γεγονός ότι αρκετοί μαθητές βιώνουν καθημερινά το άγχος λόγω των οικονομικών δυσχερειών στην οικογένειά τους, της ανεργίας των γονέων και των σοβαρών προβλημάτων υγείας που αντιμετωπίζουν.

Θεωρητική τεκμηρίωση

Στην δραστηριότητα αυτή, η διδασκαλία του μαθήματος της Βιολογίας συνδυάστηκε με την αξιοποίηση της μουσικής στην εκπαίδευση (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Μ.Π.Ε.-τόμος Γ', 2011). Η συγκεκριμένη δραστηριότητα απορρέει από την ανάγκη για ανάδειξη της πολυμορφίας της νοημοσύνης των μαθητών και από την πρόθεση του εκπαιδευτικού να συμβάλει στην αναμόρφωση ή ανασχεδιασμό των καθιερωμένων διδακτικών προσεγγίσεων για τη δημιουργία των σχολείων των πολλαπλών τύπων νοημοσύνης (Φλουρής, 2005). Επιπλέον, η δράση αυτή αντλεί στοιχεία από τον νόμο της ετοιμότητας του Thorndike και από τον νόμο της δοκιμής και πλάνης του ιδίου (Μαριδάκη-Κασσωτάκη, 2009). Τέλος, η νέα αυτή εκπαιδευτική προσέγγιση αξιοποιεί την ομαδοσυνεργατική μέθοδο με το χωρισμό της τάξης σε ομάδες (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Μ.Π.Ε.-Τόμος Β', 2011), την προσέγγιση «μαθαίνω κάνοντας» (learning by doing), τις Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών

(ΤΠΕ) για την καλλιέργεια μεταγνωστικών δεξιοτήτων (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Μ.Π.Ε.-τόμος Γ', 2011), καθώς και την παιδαγωγική αξιοποίηση του μαθητικού λάθους κατά την μαθησιακή διαδικασία (Κέντρο Εκπαιδευτικής Έρευνας, 2007).

Οι μαθητές συνεργάστηκαν σε ομάδες για τη δημιουργία των στίχων του τραγουδιού, και στη συνέχεια σε ολομέλεια για την ηχογράφηση και τη βιντεοσκόπηση του με τη βοήθεια των νέων τεχνολογιών, που διατίθενται δωρεάν στο Διαδίκτυο: YouTube Downloader [1], Audacity [2], και Windows Movie Maker [3]. Ο εκπαιδευτικός έπαιξε ρόλο συντονιστή στην όλη διαδικασία.

Η ιδέα ότι η μουσική μπορεί να ενισχύσει την μαθησιακή διαδικασία, μολονότι δεν έχει αποδειχθεί, είναι πιθανή εξαιτίας του πλήθους των επικαλυπτόμενων μηχανισμών μέσω των οποίων θα μπορούσαν να λειτουργήσουν τα τραγούδια, έστω και σε θεωρητικό επίπεδο. Στους μηχανισμούς αυτούς συμπεριλαμβάνονται: (α) η ενίσχυση της ανάκλησης της πληροφορίας, καθώς τα τραγούδια μπορούν να λειτουργήσουν ως μνημονικές συσκευές (Bellezza, 1981), (β) η μείωση του στρες (Russell, 1992), (γ) το πολυτροπικό στυλ μάθησης (Baykan & Nacar, 2007), (δ) η ενίσχυση του συναισθήματος της χαράς (Pye, 2004), και (ε) η σε βάθος διερεύνηση του περιεχομένου του μαθήματος (Governor, 2011).

Αναλυτική περιγραφή της δραστηριότητας

Η καινοτόμος δράση έλαβε χώρα εντός και εκτός ωρολογίου προγράμματος. Δύο (2) διδακτικές ώρες χρειάστηκαν για τη δημιουργία των στίχων και άλλη μία (1) διδακτική ώρα για συζήτηση και αξιολόγηση των μαθητών ως προς την αναγνώριση των δομών του ερειστικού ιστού και την κατανόηση του βιολογικού τους ρόλου.

Οι μαθητές εργάστηκαν σε ομάδες των τεσσάρων (4) ατόμων. Κινούμενος προς αυτήν την κατεύθυνση, ο εκπαιδευτικός οργάνωσε την αίθουσα διδασκαλίας με τέτοιον τρόπο, ώστε να δημιουργηθούν έξι (6) θέσεις πάγκοι εργασίας (σύνολο: 24 μαθητές).

Κατά την διάρκεια της πρώτης διδακτικής ώρας, σε κάθε ομάδα μαθητών δόθηκαν τρεις (3) διαφορετικές λέξεις-όροι κλειδιά της υποενότητας «Ερειστικός ιστός». Οι μαθητές, κάνοντας χρήση του σχολικού εγχειριδίου στην εν λόγω υποενότητα, καθώς και στο «Λεξιλόγιο», συνεργάστηκαν με σκοπό την σύνθεση στίχων με ομοιοκαταληξία που θα συμπεριλάμβαναν τις λέξεις αυτές και θα έβγαζαν νόημα από επιστημονική άποψη.

Τη δεύτερη διδακτική ώρα, κάθε ομάδα παρουσίασε στην ολομέλεια της τάξης τους στίχους που είχε συνθέσει. Οι στίχοι όλων των ομάδων καταγράφηκαν στον πίνακα, και, στη συνέχεια, με εποικοδομητικό διάλογο αναφορικά με το αν το περιεχόμενο των στίχων προσέγγιζε νοηματικά τις έννοιες της συγκεκριμένης ενότητας, καταλήξαμε στους τελικούς στίχους. Ο τίτλος του τραγουδιού ομόφωνα επιλέχθηκε να είναι «Ερειστικός ιστός», όπως ο τίτλος της αντίστοιχης υποενότητας [4].

Η επιλογή του τραγουδιού στηρίχτηκε στα μουσικά ακούσματα των εφήβων και στην ιδιαίτερη προτίμησή τους για την r&b και την hip hop μουσική. Οι στίχοι του τραγουδιού προσαρμόστηκαν στη

διασκευή του τραγουδιού «Alone Again» από την καναδικής καταγωγής καλλιτέχνιδα Alyssa Reid, διότι εμπεριέχονται τα παραπάνω δύο είδη μουσικής (Alyssa Reid feat P. Reign - Alone Again Official Music Video, 2011). Ωστόσο, η επιλογή της μουσικής του συγκεκριμένου τραγουδιού δεν είναι τόσο τυχαία. Αν και η μουσική επένδυση του τραγουδιού έχει στοιχεία r&b και hip hop μουσικής, ο ρυθμός του δεν είναι υπερβολικά γρήγορος ούτε όμως και αργός. Έχει τον «κατάλληλο» ρυθμό, ώστε οι μαθητές να μπορέσουν να απομνημονεύσουν τους στίχους, και να εμπεδώσουν τους όρους της Βιολογίας. Η ηχογράφηση που διήρκεσε πέντε (5) ώρες, πραγματοποιήθηκε εκτός σχολικού ωραρίου στο στούντιο γνωστού μουσικοσυνθέτη και τραγουδιστή, δημότη της περιοχής που βρίσκεται η σχολική μονάδα, σε κλίμα ευφορίας και άριστης συνεργασίας [5].

Την τρίτη διδακτική ώρα, έγινε η παρουσίαση του τραγουδιού στην ολομέλεια της τάξης. Οι ομάδες των μαθητών ενθαρρύνθηκαν να εκφράσουν τις σκέψεις και τα συναισθήματα που τους δημιούργησε η δραστηριότητα στο σύνολό της, αλλά και στις επιμέρους φάσεις της. Στη συνέχεια, οι μαθητές απάντησαν ατομικά σε ολιγόλεπτο κριτήριο αξιολόγησης, προκειμένου να ελεγχθεί η επίτευξη των γνωστικών στόχων [6]. Στο τελευταίο τέταρτο της ώρας, κάθε ομάδα παροτρύνθηκε να καταγράψει τα συμπεράσματά της (τι τους άρεσε, τι τους δυσκόλεψε, τι καινούριο έμαθαν, αν βοηθήθηκαν στην μελέτη τους, αν θα το ξανάκαναν και σε ποια ενότητα της Βιολογίας ή άλλου μαθήματος των Φυσικών Επιστημών γενικά, κ.λπ.) σε ένα κείμενο 150-200 λέξεων, το οποίο και παρέδωσαν στον εκπαιδευτικό [7].

Τρόποι αξιοποίησης της δραστηριότητας

Οι εκπαιδευτικοί που επιλέγουν να ενσωματώσουν την μουσική στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών έχουν αρκετές επιλογές. Αυτές περιλαμβάνουν: (α) την κοινοποίηση στους μαθητές ηλεκτρονικών διευθύνσεων αναζήτησης τραγουδιών σχετικών με τις Φυσικές Επιστήμες, όπου μπορούν να περιηγηθούν στον ελεύθερο χρόνο τους, (β) την παρουσίαση ενός ηχογραφημένου τραγουδιού που ακολουθείται από συζήτηση κατά την διάρκεια του μαθήματος (ή κατά την διάρκεια του διαλείμματος από την υλοποίηση μιας εργαστηριακής δραστηριότητας), (γ) την ετοιμασία ενός τραγουδιού και την παρουσίασή του στην ολομέλεια της τάξης κατά την διάρκεια του μαθήματος, και (δ) την ανάθεση εργασίας στους μαθητές που περιλαμβάνει την γραφή και την παρουσίαση ενός τραγουδιού με περιεχόμενο από τις Φυσικές Επιστήμες. Με την βοήθεια διαδικτυακά διαθέσιμων εργαλείων, όπως είναι η βάση δεδομένων SingAboutScience.org, ο εκπαιδευτικός μπορεί να βρει ηχογραφημένα τραγούδια κατάλληλα για συγκεκριμένες θεματικές ενότητες (Crowther, 2012). Ωστόσο, αξιόλογα παραδείγματα μπορούν να βρεθούν και σε τραγούδια που δεν γράφτηκαν για εκπαιδευτική χρήση (Last, 2009; Lesser, 2000).

Σε σχέση με το μάθημα της Βιολογίας, τα τραγούδια μπορεί να αποδειχθούν ιδιαίτερα χρήσιμα στην επιτυχή αντιμετώπιση δύο τύπων προβλημάτων των μαθητών: των *εννοιολογικών παρανοήσεων* και της *αδυναμίας τους να κατανοήσουν τα ιεραρχικά επίπεδα οργάνωσης της*

πληροφορίας. Με τα ηχογραφημένα τραγούδια επεξηγούνται έννοιες με νέους τρόπους που συγκρούονται με τα νοητικά μοντέλα των μαθητών, ωθώντας τους να τα αναθεωρήσουν, ή να οργανώσουν εκ νέου την πληροφορία για καλύτερη κατανόηση. Η ανάθεση της σύνθεσης τραγουδιών θα μπορούσε να έχει παρόμοια οφέλη για τους μαθητές, καθώς τους ωθεί να επαναδιατυπώσουν με δικά τους λόγια έννοιες με ευσύνοπτο τρόπο και να οργανώσουν την πληροφορία σε μορφή μελωδίας (Crowther, 2012).

Συμπεράσματα

Μέσα από τις γραπτές εκθέσεις των ομάδων, αλλά και τις συζητήσεις με τους μαθητές εντός και εκτός της σχολικής αίθουσας εξήχθησαν τα ακόλουθα συμπεράσματα (σε κάποια από αυτά συμπεριλαμβάνονται σχόλια μαθητών): (α) οι μαθητές αγάπησαν το μάθημα της Βιολογίας και έδειξαν περισσότερο ενδιαφέρον και προσοχή κατά τη διδασκαλία των επόμενων ενοτήτων του μαθήματος, (β) το τραγούδι λειτούργησε «χαλαρωτικά» για τους μαθητές, λόγω της έντονης πίεσης που βιώνουν καθημερινά εξαιτίας του γενικευμένου κλίματος της αβεβαιότητας (οικονομικές δυσχέρειες, ανεργία γονέων, σοβαρά προβλήματα υγείας κ.ά.), (γ) οι μαθητές μέσα από την όλη συμμετοχή τους στη δραστηριότητα ανέδειξαν καλύτερα κάποιες πτυχές του χαρακτήρα τους, ενώ παράλληλα μέσα από την κοινωνικοποίηση μειώθηκε η τάση για εκδήλωση επιθετικών συμπεριφορών και στάσεων, (δ) οι μαθητές εξέφρασαν την επιθυμία να γίνονται ανάλογες δράσεις πιο συχνά, (ε) οι μαθητές συνειδητοποίησαν ότι το σχολείο δεν είναι μόνο τα βιβλία, αλλά και πλήθος άλλων δραστηριοτήτων, κάτι που τους γέμισε με ιδιαίτερη χαρά και λαχτάρα για γνώση («Όταν το τραγουδάω γεμίζω συναισθήματα χαράς αλλά επίσης νιώθω ότι έχω έναν ιδιαίτερα ξεχωριστό δεσμό με τους συμμαθητές μου αλλά και με τον καθηγητή μου», «Το σχολείο δεν υπάρχει μόνο για να μαθαίνουμε από τα βιβλία»), (στ) πολλοί μαθητές διαπίστωσαν ότι έμαθαν σε λιγότερο από τον μισό χρόνο που θα διέθεταν με τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας την ενότητα του ερειστικού ιστού («Μου άρεσε επιπλέον το γεγονός ότι μέσα στο μισό και λιγότερο χρόνο απ' ό,τι θα μου χρειαζόταν με τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας κατάφερα να καταλάβω το συγκεκριμένο μάθημα»), (ζ) οι μαθητές θεώρησαν διασκεδαστική και δημιουργική τη συγκεκριμένη διαδικασία της μάθησης («Το τραγούδι μας βοήθησε να προσεγγίσουμε από άλλη οπτική γωνία το μάθημα της Βιολογίας», «Το μάθημα έγινε πιο ενδιαφέρον», «Είναι κάτι διαφορετικό, όχι η κλασική μορφή μαθήματος, δημιουργικό αλλά πάνω από όλα κάτι που ενώνει και εμάς μεταξύ μας αλλά και με εσάς»), (η) μερικοί μαθητές βοηθήθηκαν στην απομνημόνευση της σχετικής ορολογίας, κάτι που τους φάνηκε χρήσιμο στη συμπλήρωση του ολιγόλεπτου κριτηρίου αξιολόγησης, όσο και στη συμμετοχή τους στην Α' Φάση του Πανελλήνιου Διαγωνισμού Βιολογίας («Το τραγούδι του ερειστικού ιστού εμένα προσωπικά με βοήθησε να απομνημονεύσω διάφορες λεξούλες που δεν είχα ξανακούσει στην ζωή μου!», «Το τραγούδι αυτό με βοήθησε πραγματικά στη λύση ασκήσεων, ακόμα και στον διαγωνισμό βιολογίας»), (θ) αρκετοί μαθητές ανέπτυξαν φιλικές σχέσεις με άτομα που δεν γνώριζαν αρκετά ή καθόλου («Μετά από την εκτέλεση

του τραγουδιού άρχισα να μιλάω με άτομα που δεν είχαμε αναπτύξει κάποια ιδιαίτερη σχέση»), (ι) κάποιοι μαθητές τραγουδούσαν το τραγούδι στα διαλείμματα για να χαλαρώσουν και να αποφορτιστούν («...είναι ένα ευχάριστο μπιτάκι για να μπορώ όποτε χρειάζεται να καλμάρω τα νεύρα μου», «Το τραγούδι με τον ερειστικό ιστό σου φτιάχνει την διάθεση»), (ια) πολλοί μαθητές πείστηκαν ότι το σχολείο έχει να τους προσφέρει πολλά και πρωτότυπα πράγματα που θα τα θυμούνται για μια ζωή («Ήρθαμε σε επαφή με κάτι πρωτόγνωρο για εμάς, με ένα είδος τέχνης, που σε άλλη περίπτωση δεν θα είχαμε την ευκαιρία να γνωρίσουμε», «Πιστεύω ότι αυτό το τραγούδι θα είναι ανάμνηση για μια ζωή», «Το σχολείο δεν είναι αναγκαίο να το βλέπουμε σαν μια μονόπλευρη και μονότονη δραστηριότητα, αλλά σαν κάτι που με λίγη φαντασία, αγάπη και ομαδικότητα μπορούμε να του δώσουμε χρώμα», «...αποκτήσαμε αξέχαστες εμπειρίες, νιώσαμε περήφανοι»), και (ιβ) οι μαθητές ένιωσαν ότι ο εκπαιδευτικός είναι κοντά τους και ότι τους νοιάζεται πραγματικά («Καθηγητής και μαθητές γίναμε ένα γνωρίζοντας ο ένας καλύτερα τον άλλον επιτυγχάνοντας έτσι ένα σωστά οργανωμένο αποτέλεσμα», «Με αυτό κατάλαβα πως υπάρχουν ακόμα καθηγητές που πιστεύουν πραγματικά σε εμάς και μας νοιάζονται...»).

Συζήτηση

Σε γενικές γραμμές, τα παραπάνω συμπεράσματα συμφωνούν με τα βιβλιογραφικά δεδομένα. Το τραγούδι λειτούργησε για τους μαθητές ως μνημονική συσκευή, δηλαδή ως στρατηγική οργάνωσης ή κωδικοποίησης της πληροφορίας με μοναδικό σκοπό να την διατηρήσει στη μνήμη για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Bellezza, 1981; Schulkind, 2009). Συνέβαλε στην μείωση του στρες (Russel, 1992), ενίσχυσε το συναίσθημα της χαράς (Pye, 2004), και έκανε τους μαθητές να χαλαρώσουν και να αισθανθούν ευπρόσδεκτοι στην τάξη (Albers & Bach, 2003). Επιπρόσθετα, η δραστηριότητα αυτή ώθησε τους μαθητές να διερευνήσουν σε βάθος μια συγκεκριμένη διδακτική ενότητα του μαθήματος της Βιολογίας (Governor, 2011), ενισχύοντας την κατανόησή τους όσον αφορά στις δύσκολες έννοιες που περιλαμβάνονται μέσα από ένα πολυτροπικό στυλ μάθησης (Baykan & Nakar, 2007; Moreno & Mayer, 2007). Η όλη διαδικασία κινητοποίησε τους μαθητές να εξασκηθούν αφενός μέσα από την κατάλληλη επεξεργασία και προσαρμογή της σχολικής εκδοχής της επιστημονικής γνώσης για τις ανάγκες του τραγουδιού, αφετέρου μέσα από τον γόνιμο προβληματισμό στον οποίο οδηγήθηκαν κατά την διάρκεια υλοποίησης της δραστηριότητας και κατά τον τελικό απολογισμό (Waters & Straits, 2008). Τέλος, η βελτιωμένη απόδοση της πλειοψηφίας των μαθητών στο ολιγόλεπτο κριτήριο αξιολόγησης, οι ερωτήσεις του οποίου δομήθηκαν σύμφωνα με το περιεχόμενο του τραγουδιού, βρίσκεται σε συμφωνία προς αντίστοιχα αποτελέσματα σχετικών μελετών που πραγματοποιήθηκαν σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (McCurdy et al., 2008) και σπουδαστές κολλεγίου (VanVoorhis, 2002).

Ωστόσο, οι παραπάνω μελέτες στην καλύτερη των περιπτώσεων συνιστούν προκαταρκτικά δεδομένα, που αναμένουν περαιτέρω διερεύνηση μέσα από την διενέργεια πιο αυστηρών μελετών

παρακολούθησης. Κι αυτό, επειδή το βασικό ερώτημα που αφορά στο κατά πόσο μπορεί να εκτιμηθεί η συμβολή των μουσικών παρεμβάσεων στην άντληση σημαντικού οφέλους κατά την μαθησιακή διαδικασία, παραμένει. Η απάντηση στο ερώτημα προϋποθέτει την ενδελεχή εξέταση των περιστάσεων εκείνων κάτω από τις οποίες ορισμένες παρεμβάσεις αυτού του τύπου μπορούν να οδηγήσουν σε μεγαλύτερο βαθμό πρόσκτησης της γνώσης. Για παράδειγμα, είναι σχετικά εύκολο ναδειχθεί ότι τα τραγούδια βελτιώνουν την ικανότητα απομνημόνευσης επιστημονικών όρων. Εντούτοις, συνιστά πρόκληση το ναδειχθεί ότι τα τραγούδια βελτιώνουν την εννοιολογική κατανόηση πέρα από την αυτολεξεί ανάκληση των επιστημονικών όρων. Ένα άλλο ζήτημα που θα ήταν ενδιαφέρον να διερευνηθεί, είναι η επίδραση των τραγουδιών στην μακροπρόθεσμη διατήρηση μιας πληροφορίας στη μνήμη του μαθητή, ακόμη και έπειτα από την τελική εξέταση του μαθήματος. Σε επίπεδο μεθοδολογίας, τέτοιες μελέτες προϋποθέτουν τον έλεγχο υποθέσεων σε διαφορετικά μαθήματα και σχολικές περιόδους από διαφορετικούς εκπαιδευτικούς, δεδομένου ότι οι περισσότερες έως τώρα δημοσιευμένες μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί από μεμονωμένους εκπαιδευτικούς στο πλαίσιο συγκεκριμένου μαθήματος. Επιπλέον, ο σχεδιασμός της μελέτης πρέπει να είναι επαρκής (π.χ. τυχαιοποίηση των μαθητών, στατιστική ισχύς, μέθοδοι αξιολόγησης των αποτελεσμάτων) για την ανάδειξη πιθανών οφελών που σχετίζονται με το τραγούδι στην μαθησιακή διαδικασία. Τέλος, οι μουσικές παρεμβάσεις πρέπει να είναι προσεκτικά σχεδιασμένες, αποκλείοντας π.χ. την έκθεση των μαθητών σε ετερογενή μουσικά ακούσματα που θα οδηγούσαν σε συγκεχυμένα συμπεράσματα (Crowther, 2012).

Παρά τους όποιους περιορισμούς, η δραστηριότητα αυτή έδειξε καταφανώς ότι το σχολείο, αποτελώντας μια μικρογραφία της κοινωνίας, είναι σε θέση όχι μόνο να αναπαράγει τα πρότυπα και τις συμπεριφορές της κοινωνίας, αλλά συγχρόνως να παράγει νέες στάσεις που περιορίζουν τις βίαιες συμπεριφορές και προωθούν την αλληλεγγύη και τον αλληλοσεβασμό, μέσα από ευχάριστες διαδικασίες τόσο για τους μαθητές όσο και για τους εκπαιδευτικούς.

Σχόλια

1. Διαθέσιμο στη διεύθυνση: <http://youtubedownloader.com/>
2. Διαθέσιμο στη διεύθυνση: <http://www.audacityteam.org/>
3. Διαθέσιμο στη διεύθυνση: <http://windows.microsoft.com/el-gr/windows/get-movie-maker-download>
4. Οι στίχοι του τραγουδιού είναι διαθέσιμοι ως υποστηρικτικό υλικό στο δικτυακό τόπο του περιοδικού, αλλά και στη διεύθυνση: https://www.dropbox.com/s/8lqiimu1kk4n8zy/Ereistikos_Istos_Lyrics.docx?dl=0
5. Το τραγούδι είναι διαθέσιμο ως υποστηρικτικό υλικό στο δικτυακό τόπο του περιοδικού, αλλά και στη διεύθυνση: https://www.dropbox.com/s/5wey7m6xuioevfs/Ereistikos_Istos_Song.wav?dl=0
6. Το τεστ είναι διαθέσιμο ως υποστηρικτικό υλικό στο δικτυακό τόπο του περιοδικού, αλλά και στη διεύθυνση: https://www.dropbox.com/s/vusqha2dv8s4xdq/Ereistikos_Istos_Test.doc?dl=0

7. Η έκθεση που ζητήθηκε είναι διαθέσιμη ως υποστηρικτικό υλικό στο δικτυακό τόπο του περιοδικού, αλλά και στη διεύθυνση: https://www.dropbox.com/s/7tqo5ico8xxv5ck/Ereistikos_Istos_Report.doc.docx?dl=0

Βιβλιογραφία

Albers, B. D., & Bach, R. (2003). Rockin' Soc: Using Popular Music to Introduce Sociological Concepts. *Teaching Sociology*, 31(2), 237.

Alyssa Reid feat P. Reign - Alone Again Official Music Video. (n.d.). Retrieved March 01, 2016, from <https://www.youtube.com/watch?v=Uep94GnfiOI>.

Baykan, Z., & Nacar, M. (2007). Learning styles of first-year medical students attending Erciyes University in Kayseri, Turkey. *Adv Physiol Educ*, 31, 158-160.

Bellezza, F. (1981). Mnemonic devices: classification, characteristics, and criteria. *Rev Educ Res*, 51, 247–275.

Crowther, G. (2012). The SingAboutScience.org database: an educational resource for instructors and students. *Biochem Mol Biol Educ*, 40 (1), 19-22.

Crowther, G. (2012). Using Science Songs to Enhance Learning: An Interdisciplinary Approach. *CBE—Life Sciences Education*, 11, 26-30.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of Secondary Science: Research Into Children's Ideas*. London: Routledge.

Gardner, H. (1993). *Multiple intelligence-The theory in practice*. New York: Basic Books.

Governor, D. (2011). *Teaching and learning science through song: exploring the experiences of students and teachers*. PhD Dissertation. Athens: University of Georgia.

Last, A. (2009). Combining chemistry and music to engage student interest. *J Chem Educ*, 86, 1202–1204.

Lesser, L. (2000). Sum of songs: making mathematics less monotone! *Math Teach*, 93, 372–377.

McCurdy, S.M., Schmiede, C., Winter, C.K. (2008). Incorporation of music in a food service food safety curriculum for high school students. *Food Protect Trends*, 28, 107–114.

Moreno, R., & Mayer, R. (2007). Interactive Multimodal Learning Environments. *Educational Psychology Review Educ Psychol Rev*, 19(3), 309-326.

Pye, C. (2004). Chemistry and song: a novel way to educate and entertain. *J Chem Educ*, 81, 507–508.

Russell, L. (1992). Comparisons of cognitive, music, and imagery techniques on anxiety reduction with university students. *J Coll Stud Dev*, 33, 516–523.

Schulkind, M. D. (2009). Is Memory for Music Special? *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169(1), 216-224.

VanVoorhis, C.R.W. (2002). Stat jingles: to sing or not to sing. *Teach Psychol*, 29, 249–250.

Waters, M., & Straits, W. (2008). Science Rocks!: A Performance Assessment for Earth Science. *VSCA Science Activities: Classroom Projects and Curriculum Ideas Sc. Activities: Classroom Projects & Curriculum Ideas*, 45(1), 23-28.

Καστορίνης, Α., Κωστάκη-Αποστολοπούλου, Μ., Μπαρώνα-Μάμαλη, Φ., Περάκη, Β., & Πιαλόγλου, Π. (2013). 1. Από το κύτταρο στον οργανισμό. Στο *Βιολογία Α' Γενικού Λυκείου* (σσ. 10-11). Αθήνα: ΙΤΥΕ "ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ".

Κέντρο Εκπαιδευτικής Έρευνας. (2007). *Τα Λάθη των Μαθητών: Δείκτες Αποτελεσματικότητας ή Κλειδιά για τη Βελτίωση της Ποιότητας της Εκπαίδευσης*. Αθήνα.

Κόμης, Β., Ράπτης, Α., Πολίτης, Π., & Δημητρακοπούλου, Α. (2004). Εκπαιδευτικά Λογισμικά Μοντελοποίησης στις Φυσικές Επιστήμες. Στο Ι. Κεκκός, *Νέες Τεχνολογίες και Εκπαίδευση: Θέματα Σχεδιασμού, Κοινωνικές και Φιλοσοφικές Επεκτάσεις* (σσ. 113-135). Αθήνα: Ατραπός.

Μαριδάκη-Κασσωτάκη, Α. (2009). *Εισαγωγή στην Παιδαγωγική Ψυχολογία*. Αθήνα: Ατραπός.

Παιδαγωγικό Ινστιτούτο. (2011). *Μείζον Πρόγραμμα Επιμόρφωσης Εκπαιδευτικών - Βασικό Εκπαιδευτικό Υλικό* (Τόμ. Α', Β', Γ').

Φλουρής, Γ. (2005). Από το παραδοσιακό σχολείο στο σχολείο των πολλαπλών τύπων νοημοσύνης. Στο Μ. Κασσωτάκης, & Γ. Φλουρής, *Παιδαγωγικά Ανάλεκτα-Τιμητικός τόμος για τον καθηγητή Β. Μασσιάλα* (σσ. 417-516). Αθήνα: Ατραπός.



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. Χαλκηδόνας. 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.

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

4^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Κεντρικής Μακεδονίας με θέμα «Αξιοποίηση των Τ.Π.Ε. στη διδακτική πράξη»

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

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

Πανελλήνιο Συνέδριο με θέμα «Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες»

Στη Θεσσαλονίκη, στις 16 & 17 Απριλίου 2016 θα πραγματοποιηθεί Πανελλήνιο Συνέδριο με θέμα: «Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες». Το Συνέδριο διοργανώνεται από το Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Α.Π.Θ., το Τμήμα Φυσικής του Α.Π.Θ. και την Πανελλήνια Ένωση Υπευθύνων Εργαστηριακών Κέντρων Φυσικών Επιστημών (ΠΑΝ.Ε.Κ.Φ.Ε.).

Δικτυακός τόπος του συνεδρίου
<http://physcool.web.auth.gr/synedrio2016>
<http://panekfe.gr/synedrio2016>

9^ο Πανελλήνιο Συνέδριο με θέμα «Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση. Σύγχρονες τάσεις και προοπτικές».

Το Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Κρήτης διοργανώνει το 9^ο Πανελλήνιο Συνέδριο με θέμα «Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση. Σύγχρονες τάσεις και προοπτικές» στο Ρέθυμνο, 27-29 Μαΐου 2016. Δικτυακός τόπος του Συνεδρίου: <http://sece.gr/9thconference/>

2^ο 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/>.

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

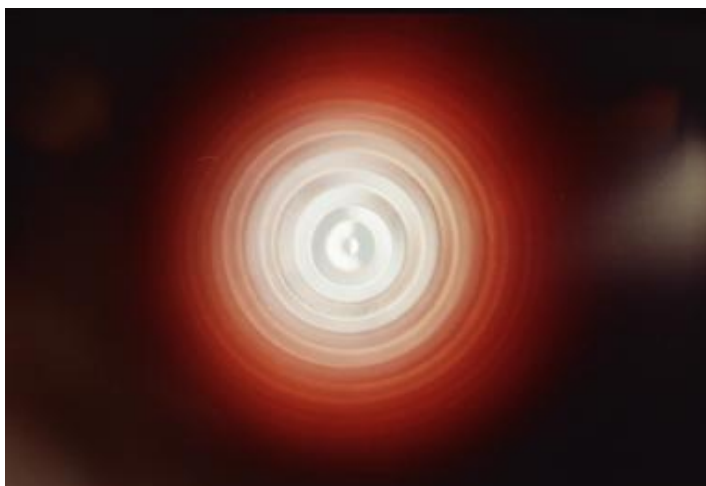
Η Επιστημονική Ένωση για την Προώθηση της Εκπαιδευτικής Καινοτομίας (Ε.Ε.Π.Ε.Κ.) διοργανώνει σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Παιδαγωγικά Τμήματα Δημοτικής εκπαίδευσης, Προσχολικής Εκπαίδευσης και Ειδικής Αγωγής) και το Τ.Ε.Ι. Θεσσαλίας (Σχολή Διοίκησης και Οικονομίας) το 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο 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.eepk.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 7ου τεύχους δημοσιεύτηκε η φωτογραφία του κ. Παντελή Χαλάτση. Η λήψη έγινε ένα μεσημέρι του 1986 με συμβατικό φιλμ σταθεροποιώντας τον τηλεφακό σε φωτοστεγή επαφή ακριβώς πίσω από το κυκλικό άνοιγμα μιας μεταλλικής λεπτής κυλινδρικής σωλήνας διαμέτρου περίπου 1 cm και μήκους περίπου 1 m, εσωτερικά στιλπνής. Από το άλλο άνοιγμα ο φωτογράφος στόχευσε την ακμή ενός έντονα φωτιζόμενου αντικειμένου και με κατάλληλο ζουμ στο σκοτεινό χώρο που δημιουργήθηκε από τα εσωτερικά τοιχώματα εμφανίστηκαν οι κυκλικοί δακτύλιοι της εικόνας. Πού μπορεί να οφείλεται η δημιουργία των κυκλικών δακτυλίων. Το κόκκινο χρώμα τους είναι πιθανό να οφείλεται στο εσωτερικό υλικό του κυλίνδρου ή συμβαίνει κάτι άλλο;

Παρατηρήστε ότι υπάρχουν δακτύλιοι στους οποίους διαδοχικά εναλλάσσεται το φωτεινό μισό με το σκοτεινό. Συνεπώς αυτό που πιθανότατα αποτυπώθηκε στη φωτογραφία είναι πολλαπλά είδωλα του αρχικού αντικειμένου που προέρχονται από πολλαπλές ανακλάσεις στα τοιχώματα του σωλήνα.

