

# Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση



Το εξώφυλλο του περιοδικού θα φιλοξενεί σε κάθε τεύχος μια φωτογραφία που έχει υποβληθεί ηλεκτρονικά στη συντακτική επιτροπή για αυτό το σκοπό. Η φωτογραφία, να είναι πρωτότυπη και να μην 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 την συνοδεύει με ένα σύντομο επεξηγηματικό σχόλιο. Περισσότερες πληροφορίες μπορείτε να βρείτε στο δικτυακό τόπο του περιοδικού: <http://physcool.web.auth.gr/>

Η φωτογραφία του τρέχοντος εξωφύλλου έχει ληφθεί από την κ. Βασιλική Ζαχαρούλη στις αρχές Μαρτίου του 2009 στο Πήλιο. Παρατηρήστε ότι ενώ παντού υπάρχει χιόνι, γύρω από τα δέντρα το έδαφος είναι καθαρό. Γιατί άραγε; Στείλτε μας την απάντησή σας στην ηλεκτρονική διεύθυνση [physcool@auth.gr](mailto:physcool@auth.gr). Οι καλύτερες απαντήσεις θα δημοσιευτούν στο επόμενο τεύχος.

<b>Editorial</b>	4-5
<b>Για το περιοδικό</b>	6-7
<b>Διαχρονικά και κλασικά</b>	
Οι Φυσικές Επιστήμες ως περιεχόμενο και ως μέθοδος	9-18
<b>Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο</b>	
Η Φυσική με Πειράματα, Α' Γυμνασίου. Μια διδακτική πρόκληση μπορεί να εξελιχθεί σε διδακτική ευκαιρία;	19-27
Φυσική Α' Γυμνασίου: το πρώτο βήμα	29-35
Πειράματα και θεωρία στη σχολική Φυσική	37-43
Ένα κιλό σίδηρο κι ένα κιλό βαμβάκι. Οι έννοιες μάζα και όγκος και η Φυσική στην Α' Γυμνασίου	45-51
<b>Αστικοί μύθοι και διδακτικοί θρύλοι</b>	
...δεν πάει πιο μακριά όποιος τρέχει πιο γρήγορα	53-61
<b>Μέσα στην τάξη</b>	
Η Φυσική στο Λούνα Παρκ. Ένας διαγωνισμός Φυσικής με πολλά g	63-68
Διδάσκοντας για τις πρωτεΐνες στην Β' τάξη του Γενικού Λυκείου	69-75
<b>Σκουπιδομαζέματα-επιστημοσκορπίσματα</b>	
Θέρμανση νερού σε ηλιακό συλλέκτη	77-78
<b>Πρόκειται να γίνουν</b>	79-80

## Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση

### 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**, Αν. καθηγητής Τμ. Φυσικής του Α.Π.Θ.

### Διαχείριση δικτυακού τόπου

**Αρτέμη Σταματία**, Υπ. Διδακτορίσση 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**, Αν. καθηγητής Τμ. Φυσικής του Α.Π.Θ.

### Επιμέλεια Εξώφυλλου

**Μαΐδου Ανθούλα**, Εκπ/κος Δ/θμιας Εκπ/σης

### Επιστημονική Επιτροπή

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

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

## Editorial – Δεκέμβριος 2013

Σας καλωσορίζουμε στο πρώτο τεύχος του “Φυσικές επιστήμες στην εκπαίδευση”. Ελπίζουμε να βρείτε ενδιαφέρον και χρήσιμο το υλικό που επιλέξαμε σε αυτό το ξεκίνημα.

Σκοπός του περιοδικού είναι η συνεισφορά στη βελτίωση της Διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, από το Νηπιαγωγείο μέχρι και το Λύκειο, και η ενθάρρυνση της επικοινωνίας και της ανταλλαγής απόψεων μεταξύ όλων των μελών της κοινότητάς μας. Μέσα από τις στήλες του περιοδικού θα επιδιώξουμε τη δημοσίευση μιας ποικιλίας θεμάτων που απασχολούν τον εκπαιδευτικό στην τάξη του. Για την επίτευξη του θεωρούμε αναγκαία την ενεργό συμβολή των δασκάλων της Πρωτοβάθμιας, των καθηγητών Φυσικών Επιστημών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης και των Πανεπιστημιακών που ενδιαφέρονται για το αντικείμενο με την υποβολή εργασιών, προτάσεων, ερωτήσεων, κριτικής, σχολίων, κτλ.

Η έκδοση του πρώτου τεύχους έτυχε να συμπίπτει χρονικά με την αιφνιδιαστική εισαγωγή του μαθήματος της Φυσικής στην Α΄ Γυμνασίου. Με αφορμή την κατάθεση προς κρίση αρκετών εργασιών σχετικών με τη διδασκαλία του συγκεκριμένου μαθήματος, θεωρήθηκε σκόπιμο το πρώτο τεύχος να αφιερωθεί κατά ένα σημαντικό μέρος του στη διδασκαλία της Φυσικής της Α΄ Γυμνασίου και

τις προκλήσεις που εμφανίζονται, κυρίως διότι επιβάλλει να γίνεται το μάθημα με δραστηριότητες και διάλογο. Οι αναγνώστες του περιοδικού, στο μέρος του περιοδικού “Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο”, μπορούν να βρουν μια εποικοδομητική κριτική του διδακτικού υλικού που έχει δοθεί στα παιδιά της Α΄ Γυμνασίου. Αλλά και αν ακόμη δεν διδάσκετε στο Γυμνάσιο μπορείτε να βρείτε τα άρθρα της ομάδας αυτής ενδιαφέροντα διαβάζοντας, μεταξύ άλλων, τους τρόπους με τους οποίους ο Νεύτωνας εισήγαγε τη μάζα, την τεκμηρίωση της άποψης ότι τα διερευνητικά πειράματα εξυπηρετούν την οικοδόμηση των εννοιών καλύτερα από τα σκληρά θετικιστικά πειράματα των (ελληνικών) εργαστηριακών οδηγών, το τι είναι υπόθεση και πείραμα και περίπτωση «δημοφιλούς» πειράματος όπου έχουμε «καλά» αποτελέσματα αλλά με «κακή» επιστημονική ερμηνεία, και άλλα ενδιαφέροντα.

Στη στήλη “αστικοί μύθοι και διδακτικοί θρύλοι” διαβάστε για το πώς η εστίαση σε μία μεταβλητή έχει οδηγήσει τους συγγραφείς βιβλίων, σε παγκόσμιο επίπεδο, σε λάθος συμπεράσματα.

Στη στήλη “Διαχρονικά και κλασικά άρθρα” θα εκπλαγείτε διαβάζοντας το άρθρο του μεγάλου παιδαγωγού Dewey, το οποίο αν και γράφτηκε περισσότερα από 100 χρόνια πριν,

παραμένει τόσο σύγχρονο και επίκαιρο που ξαφνιάζει.

Στη στήλη “*Μέσα στην τάξη*” ενημερωθείτε για το πώς ένα Λούνα Παρκ μπορεί να απογειώσει το ενδιαφέρον των μαθητών σας για τη Φυσική καθώς και πώς μπορείτε να αξιοποιήσετε τις Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών για να διδάξετε τις πρωτεΐνες στο Λύκειο.

Στη στήλη “*Σκουπιδομαζέματα – επιστημοσκορπίσματα*” δείτε πώς μπορείτε να καθοδηγήσετε τους μαθητές σας να κατασκευάσουν έναν ηλιακό συλλέκτη με καθημερινά υλικά.

Τέλος από τη στήλη “*Πρόκειται να γίνουν*” μπορείτε να πληροφορηθείτε για εκδηλώσεις, συνέδρια, διαγωνισμούς κτλ που πρόκειται να γίνουν και πιθανά να σας ενδιαφέρουν.

Μην ξεχνάτε, περιμένουμε πάντα τις δικές ιδέες και πρακτικές για να τις μοιραστείτε με όλους μας. Ραντεβού τον Μάρτιο του 2014 με το δεύτερο τεύχος του ***Φυσικές επιστήμες στην εκπαίδευση!***

Εκ μέρους της εκδοτικής ομάδας  
Παναγιώτης Κουμαράς

## **Πρόσκληση για εργασίες**

Καλωσορίζουμε εργασίες τριών κατηγοριών:

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

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

Είναι επιθυμητό κάθε ένα από τα άρθρα που εμπίπτει σε αυτές τις θεματικές περιοχές να μην ξεπερνά σε έκταση τις 2.500 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 2.500 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, μέχρι 250 λέξεις ανά βιβλίο ή δικτυακό τόπο
- 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](mailto:physcool@auth.gr).

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή



Μέσα από την στήλη “Διαχρονικά και κλασικά” θα δημοσιεύονται μεταφρασμένα κλασικά άρθρα με απόψεις για τις Φυσικές Επιστήμες και τη διδασκαλία τους. Φιλοδοξία είναι η στήλη να αποτελέσει μια από τις μόνιμες στήλες του περιοδικού. 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 Φυσικές Επιστήμες ως περιεχόμενο και ως μέθοδος

John Dewey

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ - ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ΣΙΑΤΡΑΣ, ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΚΟΥΜΑΡΑΣ

Αυτή η εργασία είναι η ομιλία του Dewey στο ετήσιο συνέδριο της Αμερικανικής Ένωσης για την Πρόοδο των Φυσικών Επιστημών (AAAS) το 1909. Δημοσιεύθηκε αρχικά στο περιοδικό *Science* **31** (787), 1910, σσ.121-127. Έχει αναπαραχθεί στο περιοδικό *Science & Education* (*Science & Education* 4: 391-398, 1995) με την άδεια του AAAS. Εδώ αναπαράγεται με ελεύθερη άδεια μετά το πέρας 100 ετών από την πρώτη δημοσίευση.

Κάποιος, όπως κι εγώ, που δεν έχει εξειδίκευση σε κανέναν κλάδο των Φυσικών Επιστημών μπορεί, μόνο κάνοντας κάποιες υποθέσεις, να επιχειρήσει να ασχοληθεί με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Όμως αυτή τη στιγμή, σχετικά με το θέμα της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, υπάρχει ένα τεράστιο χάσμα μεταξύ των εξειδικευμένων επιστημόνων και αυτών που ενδιαφέρονται για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών λόγω της σημασίας τους για τη ζωή, αλλά και της σπουδαιότητάς τους στην εκπαίδευση. Για το λόγο αυτό, δεν μπορώ να αντιληφθώ άλλον τρόπο προώθησης μιας αμοιβαίας κατανόησης, που είναι προαπαιτούμενη για την εκπαι-

δευτική πρόοδο, παρά να δηλώσουμε ο καθένας ξεκάθαρα τις προσωπικές μας πεποιθήσεις, ακόμη και αν, με αυτόν τον τρόπο, αποκαλύπτουμε τις αδυναμίες μας και μπαίνουμε σε χώρους που δεν έχουμε το δικαίωμα να βρισκόμαστε.

Μπορώ να υποθέσω ότι όλοι όσοι ενδιαφέρονται για τη διασφάλιση του χώρου των Φυσικών Επιστημών στα πλαίσια της εκπαίδευσης μάλλον αισθάνονται μια κάποια απογοήτευση από τα αποτελέσματα που έχουν μέχρι τώρα επιτευχθεί σε αυτό το θέμα. Οι λαμπερές προβλέψεις βρίσκονται σε κάποια στασιμότητα εκ των πραγμάτων. Βέβαια, αυτή η σχετική αδυναμία προκύπτει, κατά ένα

μέρος, λόγω της απροθυμίας των ιθυνόντων της εκπαίδευσης να δώσουν στη μελέτη των Φυσικών Επιστημών τη θέση που τους αξίζει. Ωστόσο, παρά τις σχετικά ίσες ευκαιρίες που παρέχονται στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σήμερα, σε σύγκριση με το καθεστώς που ίσχυε πριν από δυο γενιές, αυτή η απροθυμία από μόνη της δεν εξηγεί το μη ικανοποιητικό αποτέλεσμα που υπάρχει. Παρά τις υπάρχουσες ευκαιρίες, οι μαθητές δε συρρέουν να σπουδάσουν Φυσικές Επιστήμες στους αριθμούς που είχαν προβλεφθεί, ούτε οι Φυσικές Επιστήμες έχουν αλλάξει την ουσία και τον σκοπό της εκπαίδευσης σε βαθμό ανάλογο με τους ισχυρισμούς που είχαν αρχικά διατυπωθεί. Οι αιτίες για αυτό το αποτέλεσμα είναι πολλές και πολύπλοκες. Δεν ισχυρίζομαι ότι κάνω κάτι περισσότερο από το να διατυπώσω απλά αυτό που αντιλαμβάνομαι ως καθοριστική αιτία για την παραπάνω διαπίστωση. Η αντιμετώπιση του θέματος βρίσκεται κυρίως στους ανθρώπους που ασχολούνται με τις Φυσικές Επιστήμες. Η καθοριστική αιτία για μένα είναι ότι οι Φυσικές Επιστήμες διδάσκονται σε μεγάλο βαθμό ως μια συσσώρευση έτοιμου υλικού με το οποίο οι μαθητές πρέπει να εξοικειωθούν και όχι ως μια μέθοδος σκέψης και στάσης, που ως πρότυπο καθορίζει και μετατρέπει τη διανοητική πρακτική.

Ανάμεσα στους υποστηρικτές της λόγιας εκπαίδευσης που έχουν ταχθεί ενάντια στην εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, είναι και ο Matthew Arnold για τον οποίο θεωρώ ότι έχει μια ξεχωριστή λογική. Αποδέχτηκε απόλυτα την ανάγκη των μορφωμένων

ανθρώπων να γνωρίζουν αρκετά πράγματα για τις φυσικές συνθήκες της ζωής τους. Έτσι, για παράδειγμα, οι άνθρωποι, αφού αναπνέουν αέρα, είναι λογικό να γνωρίζουν κάποια πράγματα για τη σύνθεση του αέρα και για τη λειτουργία των πνευμόνων. Επιπλέον, αφού οι Φυσικές Επιστήμες αναπτύχθηκαν από ανθρώπους, ένα σημαντικό μέρος του ανθρώπινου πολιτισμού και της γνώσης των σημαντικότερων λόγων και σκέψεων των ανθρώπων συνιστά την εξοικείωση με αυτούς που είχαν έναν πρωταγωνιστικό ρόλο στο χώρο των Φυσικών Επιστημών.

Αυτές οι παραδοχές έγιναν απαραίτητο στοιχείο στην εκπαίδευση και ο Matthew Arnold επέμενε ότι σημαντικό και αναπόφευκτο στοιχείο στην εκπαίδευση είναι οι μαθητές να εξοικειωθούν με την ανθρώπινη ζωή, την τέχνη, τη λογοτεχνία, την πολιτική και τις διακυμάνσεις της επαγγελματικής ζωής. Ο Arnold υποστήριξε ότι η γνώση των παραπάνω πραγμάτων βρίσκεται πιο κοντά στα ανθρώπινα χαρακτηριστικά μας, δεδομένου ότι είμαστε άνθρωποι και όχι φυσικά αντικείμενα. Επιπλέον, υποστήριξε ότι η γνώση της λογοτεχνίας, της τέχνης κτλ καθορίζει τα συναισθήματα και τη φαντασία και τροποποιεί τον χαρακτήρα, ενώ η γνώση για τα αντικείμενα παραμένει μια αδρανής θεωρητική γνώση.

Εκείνοι που πιστεύουν, παρ' όλα αυτά, ότι οι Φυσικές Επιστήμες έχουν ένα ρόλο στην εκπαίδευση, τουλάχιστον ίσο με τα μαθήματα της Λογοτεχνίας και της Γλώσσας, μάλλον κάτι πρέπει να διδαχτούν από αυτή τη διένεξη. Αν αντιμετωπίσουμε τις Φυσικές Επιστήμες και

τον Πολιτισμό απλώς ως περιεχόμενο, δεν επαληθεύεται στην ουσία η υπόθεση του Arnold; Αν το δούμε απ' αυτή τη σκοπιά, η γνώση των ανθρώπινων θεμάτων που διατυπώνεται με προσωπικούς όρους φαίνεται να είναι περισσότερο σημαντική και ενδιαφέρουσα από τη γνώση για τα φυσικά αντικείμενα που μεταφέρεται με απρόσωπους όρους. Κάποιος θα μπορούσε κάλλιστα να αντιταχθεί στον Arnold υποστηρίζοντας ότι αυτός αγνόησε το πλαίσιο των φυσικών δυνάμεων και συνθηκών στην ανθρώπινη ζωή και έτσι δημιούργησε έναν αδύνατο ουσιαστικά δυϊσμό. Αλλά δε θα ήταν εύκολο να αρνηθεί κάποιος ότι η ιστορική γνώση για τη μάχη των Θερμοπυλών διαμορφώνεται πιο εύκολα, μέσα από το σύνολο των συναισθηματικών εικόνων που κεντρίζουν τους ανθρώπους σε δράση, απ' ότι μπορεί να κάνει ο μαθηματικός τύπος για την επιτάχυνση που έχει ένα κινούμενο βέλος. Ή ότι εκείνο το ποίημα του Burns για τη μαργαρίτα, μας φέρνει πιο άμεσες και συναρπαστικές εικόνες της ζωής απ' ότι οι πληροφορίες για τη μορφολογία της μαργαρίτας.

Υποστηρίζεται ότι τα εκτεταμένα χαρακτηριστικά των φυσικών φαινομένων και ο παγκόσμιος χαρακτήρας των νόμων που διατυπώθηκαν για αυτά, δίνουν κάποιες φορές ένα πλεονέκτημα στις Φυσικές Επιστήμες έναντι της Λογοτεχνίας. Αλλά παρακολουθώντας το θέμα από τη θέση της εκπαίδευσης, αυτή η υποθετική ανωτερότητα μετατρέπεται σε ελάττωμα, δηλαδή, περιορίζουμε τους εαυτούς μας στην οπτική του περιεχομένου. Ακριβώς επειδή τα φαινόμενα

της φύσης είναι πολυπληθή και ανεξάντλητα, δεν ξεκινούν από ένα συγκεκριμένο σημείο και καταλήγουν σε άλλο, και ως εκ τούτου, ως δεδομένα δεν είναι τα καλύτερα στοιχεία για την εκπαίδευση των ανθρώπων που οι ζωές τους εστιάζονται σε αρκετά τοπικές καταστάσεις και οι καριέρες τους είναι απόλυτα εξειδικευμένες. Αν μετακινηθούμε από τον μεγάλο αριθμό των λεπτομερειών στους γενικούς νόμους, πράγματι αντιλαμβανόμαστε ότι οι νόμοι των Φυσικών Επιστημών είναι καθολικοί, αλλά επίσης αντιλαμβανόμαστε ότι αυτή η καθολικότητα σημαίνει αφηρημένες ιδέες και απόσταση από τη ζωή. Οι συνθήκες, τα ενδιαφέροντα, οι συμπεριφορές των ανθρώπων είναι απολύτως συγκεκριμένες και εξειδικευμένες. Δε ζούμε σε έναν καθημερινό κόσμο καθολικών αρχών, αλλά με τη βοήθεια των προσαρμογών, μέσω παραχωρήσεων και συμβιβασμών, παλεύουμε όσο καλύτερα μπορούμε για να διευρύνουμε το φάσμα των χειροπιαστών πραγμάτων, εδώ και τώρα. Μέχρι στιγμής όσον αφορά την εξοικείωση, βοηθούν η εξατομίκευση και ο ανθρώπινος περιορισμός και όχι η απλή καθολικότητα και η ανεξάντλητη πολυπλοκότητα.

Αυτές οι σκέψεις είναι πολύ θεωρητικές. Αλλά έχουν πολλές αντίστοιχες πρακτικές στη σχολική διαδικασία. Μια από τις πιο σοβαρές δυσκολίες που αντιμετωπίζει ο εκπαιδευτικός, που θέλει με καλή πρόθεση να κάνει κάτι που να αξίζει με τις Φυσικές Επιστήμες, είναι το πλήθος τους και το απροσδιόριστο μέγεθος του υλικού στον κάθε τομέα των Φυσικών Επιστημών. Μερικές φορές φαίνεται ότι η

εκπαιδευτική διαθεσιμότητα των Φυσικών Επιστημών καταρρίπτεται λόγω του περιεχομένου τους. Υπάρχει τόσο πολύ περιεχόμενο όσον αφορά τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών που οι εκπαιδευτικοί ταλαντεύονται αβοήθητοι μεταξύ του να επιλέξουν να διδάξουν αυτό που θέλουν ή να διδάξουν λίγο απ' όλα. Αν κάποιος αμφισβητεί αυτό που λέω, απλά να σκεφτεί το τι συνέβαινε στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση όσον αφορά τη μελέτη της φύσης τις τελευταίες δυο δεκαετίες.

Υπάρχει κάτι πάνω στη γη ή στο νερό, κάτω από τη γη ή στα ουράνια, με το οποίο δεν έχουν ασχοληθεί οι εκπαιδευτικοί στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών; Επισκεφτείτε σχολεία όπου διδάσκεται ευσυνείδητα η μελέτη της φύσης. Σ' ένα σχολείο μεταπηδούν με ζήλο από το θρόισμα των φύλλων στα λουλούδια, από τα λουλούδια στα μέταλλα, από τα μέταλλα στα αστέρια, από τα αστέρια στις πρώτες ύλες της βιομηχανίας και από εκεί πίσω στα φύλλα και τις πέτρες. Σε ένα άλλο σχολείο θα βρείτε παιδιά να επιδιώκουν ενεργά να συμβαδίσουν με αυτό που ονομάζεται «διδασκτέα ύλη». Απεικονίζουν με γραφικές παραστάσεις τα καταγεγραμμένα στοιχεία από τα βαρόμετρα και τα θερμομέτρα, σχεδιάζουν τις αλλαγές και τις ταχύτητες των ανέμων, εξαντλούν τα χρωματιστά μολύβια για να μπορέσουν να αποτυπώσουν το ποσοστό της ηλιοφάνειας και της συννεφιάς σε διαδοχικές ημέρες και εβδομάδες, καταγράφουν τα δεδομένα της αλλαγής του μήκους της σκιάς ενός αντικειμένου που οφείλεται στη θέση του

ήλιου, υπολογίζουν τα αθροίσματα του ποσοστού της βροχόπτωσης και της ατμοσφαιρικής υγρασίας και στο τέλος του τρέχοντος έτους, όπως οι κινούμενες πέτρες, πιάνουν λίγα βρύα. (Σ.τ.Μ. Ο Dewey στο σημείο αυτό κάνει λογοπαίγνιο: υπάρχει η παροιμία «rolling stones gather no moss», δηλ. οι κινούμενες πέτρες δεν πιάνουν βρύα. Οι μαθητές όμως πιάνουν λίγα βρύα, μουχλιάζουν. Το πλήθος των Φυσικών Επιστημών και το απροσδιόριστο μέγεθος του υλικού στον κάθε τομέα των Φυσικών Επιστημών εξηγεί το γιατί).

Δεν είναι να απορεί κανείς γιατί μετά από λίγο οι δάσκαλοι αποζητούν τα όρια των καλών παραδοσιακών μαθημάτων, για παράδειγμα, στη γραμματική της Αγγλικής γλώσσας, όπου τα μέρη του λόγου μπορούν να περιοριστούν στα εφτά αλλά δεν μπορούν να ξεπεράσουν τα εννιά, στα σχολικά βιβλία της Γεωγραφίας με τον άκρως περιοριστικό αριθμό των ηπείρων, ακόμη και για τις πολεμικές επιχειρήσεις και τις λίστες των βασιλιάδων στην Ιστορία, δεδομένου ότι δεν μπορεί να διευρυνθούν πέρα από ένα ορισμένο σημείο, τέλος και για τα «Άπαντα» στη Λογοτεχνία, από τη στιγμή που ένα απλό βιβλίο μπορεί να περιέχει τα «Ποιήματα που κάθε παιδί θα πρέπει να γνωρίζει».

Υπάρχουν αρκετοί που δεν πιστεύουν ότι έχει σημασία το τι κάνουν τα παιδιά, με τον έναν ή τον άλλο τρόπο, στις Φυσικές Επιστήμες στο δημοτικό σχολείο. Δε συμφωνώ σε γενικές γραμμές. Πιστεύω ότι η μελέτη των Φυσικών Επιστημών είναι και πρέπει να είναι καθορισμένη τα πρώτα χρόνια της ζωής μας.

Σε κάθε περίπτωση όμως, πόσο διαφορετική είναι η κατάσταση στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης από την κατάσταση που έχει μόλις έχει περιγραφεί; Οποιοσδήποτε έχει παρακολουθήσει τα τελευταία 25 χρόνια τις εξετάσεις εισαγωγής στα κολέγια, όσον αφορά τις βασικές απαιτήσεις στο χώρο των Φυσικών Επιστημών, μπορεί να βεβαιώσει ότι η κατάσταση βρίσκεται σε μία ιδιαίτερα ασταθή ισορροπία μεταξύ: των μικρών απαιτήσεων από πολλά πεδία των Φυσικών Επιστημών, μιας καλής (συγκριτικά) διαπραγμάτευσης ενός, ένας συνδυασμός της Βιολογίας και Φυσικής ή Χημείας, και της αυθαίρετης επιλογής από τον μαθητή ενός, δύο ή τριών από μια λίστα με έξι ή επτά εξειδικευμένους τομείς των Φυσικών Επιστημών. Η μόνη πιθανή ασφαλή γενίκευση είναι ότι οποιοδήποτε μάθημα (Φυσικών Επιστημών) διδάσκεται σε ένα εκπαιδευτικό ίδρυμα, αλλάζει τόσο συχνά όσο ο ανθρώπινος οργανισμός αλλάζει τους ιστούς του. Η τάση κατά πάσα πιθανότητα βρίσκεται προς την κατεύθυνση της μείωσης της διδασκαλίας των εννοιών των Φυσικών Επιστημών, αλλά καθένας που έχει παρακολουθήσει την ιστορία των παιδαγωγικών συζητήσεων θα παραδεχθεί ότι οποιαδήποτε αλλαγή στα θέματα που πρέπει να διδάσκονται, συνοδεύεται από τροποποιήσεις στα κομμάτια των θεμάτων που επιλέγονται και στα οποία δίνεται έμφαση.

Όλη αυτή η αλλαγή είναι, ως ένα σημείο, σύμπτωμα μιας υγιούς δραστηριότητας, μια αλλαγή που χρειάζεται απαραίτητα σε μια

ομάδα σπουδών τόσο νέα που οι επιστήμονες θα πρέπει να χαράξουν το δικό τους μονοπάτι, από τη στιγμή που δεν έχουν κάποια παράδοση πάνω στην οποία μπορούν να στηριχθούν, όπως γίνεται στο πεδίο της Γλώσσας και της Λογοτεχνίας. Όμως αυτή η παραδοχή δεν καλύπτει όλο το πεδίο των αλλαγών. Ένα σημαντικό μέρος της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών δεν οφείλεται στον έξυπνο πειραματισμό ή στην εξερεύνηση (εννοεί των προς διδασκαλία θεμάτων), αλλά σε στατικές συμπεριφορές δράσης - αντίδρασης και σε εμμονές ορισμένων ανθρώπων που προπαγανδίζουν κάποιο εμφατικό δόγμα.

Φανταστείτε στην ιστορία της διδασκαλίας της Γλώσσας να διαβάζαμε: «Στα τέλη της δεκαετίας του εβδομήντα και στις αρχές της δεκαετίας του ογδόντα του δέκατου ένατου αιώνα παρατηρείται μια αξιοσημείωτη αύξηση της επικέντρωσης των λυκείων στις γλωσσικές σπουδές. Εκατοντάδες σχολεία υιοθέτησαν ένα εκτεταμένο και συνεργατικό σχήμα για τη διδασκαλία της γλώσσας, με το οποίο εννοείται ότι καλύπτεται σχεδόν ολόκληρο το γλωσσικό πεδίο. Το κάθε ένα από τα τρίμηνα του σχολικού έτους αφιερώνεται σε μια Γλώσσα. Στο πρώτο έτος διδάσκονταν τα Λατινικά, τα Ελληνικά και τα Σανσκριτικά. Το επόμενο έτος διδάσκονταν τα Γαλλικά, τα Γερμανικά και τα Ιταλικά. Ενώ το τελευταίο έτος αφιερώνεται στην επανάληψη και ως μαθήματα επιλογής είναι τα Εβραϊκά και τα Ισπανικά».

Ο παραπάνω ιστορικός παραλληλισμός εγείρει ερωτήματα (πέραν θεμάτων σχετικών

με την πληθώρα της ύλης που διδάσκεται στις Φυσικές Επιστήμες, αντίστοιχης με την παραπάνω διδασκαλία της μιας γλώσσας ανά τρίμηνο) που αφορούν την εκπαιδευτική αξία, ως πούμε, των Λατινικών. Πόσο (αυτή η εκπαιδευτική αξία) οφείλεται στα «ανθρωπιστικά χαρακτηριστικά», στην κατανόηση των καλύτερων σκέψεων και των καλύτερων λόγων του κόσμου και πόσο οφείλεται στο ότι διδάσκεται π.χ. συνεχώς για τουλάχιστον τέσσερα χρόνια; Πόσο οφείλεται στην οργάνωση που αυτή η μακρά περίοδος διδασκαλίας επέτρεψε και επέβαλε; Πόσο οφείλεται στη συστηματική προσπάθεια μιας συνεχούς διασύνδεσης της νέας γνώσης με την προϋπάρχουσα γνώση, όχι απλώς μέσω της μονότονης επανάληψης, αλλά ως ένα αναγκαίο εργαλείο για τα επιτεύγματα που θα ακολουθήσουν; Μήπως έχουμε το δικαίωμα να συμπεράνουμε ότι η μέθοδος που απαιτούν οι σπουδές είναι η πηγή της αποτελεσματικότητας και όχι οτιδήποτε που περιλαμβάνεται στο περιεχόμενό τους;

Έτσι, επανερχόμαστε ξανά στον πρωταρχικό σκοπό της εργασίας: η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών έχει περάσει από πολλά εμπόδια επειδή οι Φυσικές Επιστήμες τόσο συχνά παρουσιάζονται απλώς ως μια έτοιμη γνώση, ως γνωστικό αντικείμενο με περιεχόμενο γεγονότων και νόμων, παρά σαν μια αποτελεσματική μέθοδος έρευνας οποιουδήποτε γνωστικού αντικειμένου.

Οι Φυσικές Επιστήμες μπορούν να καταλάβουν μια σελίδα στο βιβλίο του πραγματικού κόσμου, σε αντιδιαστολή με τον πλαστό κόσμο, που είναι η επιδίωξη των

κλασικών στα σχολεία. Ο ισχυρισμός για την αξία των κλασικών σπουδών βασίζεται φανερά στην πολιτιστική τους αξία. Αλλά η ευφάνταστη βαθιά γνώση των ανθρώπινων υποθέσεων είναι ίσως το τελευταίο πράγμα, που έχει πάρει ο μέσος μαθητής από την ενασχόλησή του με τους κλασσικούς. Ο χρόνος του δαπανήθηκε για την εκμάθηση μιας γλώσσας και όχι για την εκτίμηση της ανθρωπότητας. Σε κάποιο βαθμό, εξαιτίας της επιβεβλημένης απλούστευσης (για να μην πω ανεπάρκειας), ο μαθητής, αν αποκτά κάτι, αποκτά κάποια συνήθη μέθοδο. Ο υπερασπιστής των Φυσικών Επιστημών, μπερδεμένος, ωστόσο, από την παράδοση ότι το περιεχόμενο είναι ο αποτελεσματικός παράγοντας σκέφτηκε ότι θα μπορούσε να δικαιολογήσει τις απόψεις του για την αξία της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, με ανάλογο σκεπτικό. Ως εκ τούτου έχει παραπλανηθεί και βασίζει τους ισχυρισμούς του στην ανώτερη σημασία του συγκεκριμένου περιεχομένου, ακόμη και σε προσπάθειες να αυξηθεί ακόμη περισσότερο το πεδίο του επιστημονικού περιεχομένου στην εκπαίδευση. Η προσέγγιση του Spencer είναι χαρακτηριστική. Ο Spencer, για να αναδείξει το προνόμιο των Φυσικών Επιστημών, έθεσε το ερώτημα ποια γνώση και ποια δεδομένα είναι αυτά που είναι τα πιο σημαντικά για τη ζωή και λαμβάνοντας υπόψη το κριτήριο της αξίας του περιεχομένου, απαντώντας τα παραπάνω ερωτήματα, αποφάνθηκε υπέρ των Φυσικών Επιστημών. Έχοντας έτσι προσδιορίσει την εκπαίδευση ως μια συγκέντρωση πληροφοριών, δεν είναι έκπληξη ότι για το υπόλοιπο

της ζωής του δίδαξε ότι πρέπει να αναμένουμε συγκριτικά λίγα από την εκπαίδευση στον τομέα των ηθικών και κοινωνικών μεταρρυθμίσεων, δεδομένου ότι τα κίνητρα της καθοδήγησης επαφίενται σ' αυτά που συμπαθεί ή αντιπαθεί κάποιος και όχι στην απλή αναγνώριση της ουσίας των γεγονότων.

Βέβαια, εάν υπάρχει οποιαδήποτε γνώση που να αξίζει να τη γνωρίζουμε είναι η γνώση για τους τρόπους που οτιδήποτε καταλήγει να αποκαλείται γνώση και όχι να είναι μια απλή γνώμη, μια υπόθεση ή ένα δόγμα.

Αυτού του είδους η γνώση δεν μπορεί να αποκτηθεί από μόνη της. Δεν είναι ένα σώμα πληροφοριών, αλλά ένας τρόπος διανοητικής πρακτικής, μια συνήθης τάση του μυαλού. Μόνο όταν κάποιος συμμετέχει ενεργά στη δημιουργία της γνώσης, μετατρέποντας τις σκέψεις και τις γνώμες σε απόψεις βασισμένες στην έρευνα, θα μπορέσει να αποκτήσει τη γνώση για τις μεθόδους της γνώσης. Επειδή η ενεργός συμμετοχή στη δημιουργία της γνώσης έχει ελαχιστοποιηθεί και επειδή η εμπιστοσύνη στην αποτελεσματικότητα της εξοικείωσης με ορισμένα είδη γεγονότων είναι ευρέως διαδεδομένη, οι Φυσικές επιστήμες δεν έχουν πετύχει στην εκπαίδευση αυτό που είχε προβλεφθεί ότι θα πετύχαιναν.

Ορίζουμε τις Φυσικές Επιστήμες ως συστηματοποιημένη γνώση, αλλά αυτός ο ορισμός είναι τελείως διφορούμενος. Σημαίνει το σύνολο των γεγονότων, δηλ. το περιεχόμενο; Ή εννοεί τις διαδικασίες με τις οποίες κάτι ταιριάζει να αποκαλείται γνώση που δημιουργείται και εισάγεται με τη ροή της εμπειρίας; Για τις Φυσικές Επιστήμες σημαίνει

ότι η απάντηση είναι αναμφίβολα και τα δυο αυτά πράγματα και δικαίως. Αλλά με βάση το χρόνο και τη σημασία των Φυσικών Επιστημών, οι Φυσικές Επιστήμες ως μέθοδος προηγούνται των Φυσικών Επιστημών ως περιεχόμενο. Η συστηματοποιημένη γνώση είναι επιστήμη μόνο επειδή έχει αναζητηθεί, έχει επιλεχθεί και έχει τακτοποιηθεί με φροντίδα και πληρότητα. Μόνο πιέζοντας τη γλώσσα, πέρα από αυτό που θεωρείται αξιοπρεπές, μπορούμε να ορίσουμε τέτοιες πληροφορίες των Φυσικών Επιστημών ως έτοιμες προς απόκτηση, χωρίς τον ενεργό πειραματισμό και τη δοκιμή.

Η δύναμη αυτού του ισχυρισμού δεν είναι παρόμοια με την κοινοτοπία της επιστημονικής οδηγίας ότι το εγχειρίδιο και η διάλεξη δεν είναι αρκετά και ότι ο μαθητής πρέπει να πραγματοποιήσει εργαστηριακές ασκήσεις. Ένας μαθητής μπορεί να κατακτήσει εργαστηριακές μεθόδους όσο απομονωμένες και να είναι, όπως ακριβώς μπορεί να αποκτήσει τις πληροφορίες από τα σχολικά εγχειρίδια. Η διανοητική στάση κάποιου δεν αλλάζει απαραίτητα επειδή ασχολείται με ορισμένους μηχανικούς χειρισμούς και διαχειρίζεται εργαλεία και υλικά. Πολλοί μαθητές έχουν αποκτήσει δεξιότητες και ικανότητας σε εργαστηριακές μεθόδους χωρίς να αξίζει να έχουν τον τίτλο της γνώσης. Για να κάνουν συγκεκριμένα πράγματα, για να μάθουν συγκεκριμένους τρόπους διαδικασιών, θα πρέπει να κατακτήσουν μέρος του περιεχομένου, όπως για παράδειγμα στη Χημεία, όπου πρέπει να μάθουν τα σύμβολα ( $H_2SO_4$ ) ή την ατομική θεωρία. Όλα τα

προηγούμενα είναι μέρος της αρένας της διαδικασίας αποκάλυψης της γνώσης. Προκειμένου κάποιος να προχωρήσει στο μυστήριο θα πρέπει να τελειοποιήσει το τελετουργικό του. Μπορούμε όλοι να αντιληφθούμε πως το εργαστήριο μπορεί να μετατραπεί σε λειτουργικό! Λέγοντάς το πιο σύντομα, είναι πρόβλημα, είναι δύσκολο πρόβλημα να χρησιμοποιείς τα υλικά έτσι ώστε οι τεχνικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται κάθε φορά σε κάποιο θέμα να μετατραπούν σε εργαλεία συνειδητής υλοποίησης της έννοιας της γνώσης – τι απαιτείται στον τρόπο σκέψης και της αναζήτησης των αποδεικτικών στοιχείων πριν οτιδήποτε περάσει από τη σφαίρα της γνώσης, της εικασίας και του δόγματος στη σφαίρα της γνώσης. Ωστόσο, εκτός και αν αυτή η αντίληψη προκύψει μελλοντικά, μπορούμε με δυσκολία να ισχυριστούμε ότι ένα άτομο μπορεί να εκπαιδευτεί στις Φυσικές Επιστήμες. Το πρόβλημα της μετατροπής των εργαστηριακών τεχνικών σε διανοητική σκέψη είναι ακόμη πιο έντονο από εκείνο της αξιοποίησης των πληροφοριών που προκύπτουν από το σχολικό βιβλίο. Σχεδόν κάθε δάσκαλος έχει παγιδευτεί στην αποκλειστική διδασκαλία πληροφοριών από το βιβλίο, αλλά η συνείδηση των περισσότερων είναι επαναπαυμένη αν οι μαθητές ασχοληθούν απλώς με μερικές εργαστηριακές ασκήσεις. Δεν είναι αυτό το μονοπάτι του πειράματος και της επαγωγικής διαδικασίας με το οποίο αναπτύσσονται οι Φυσικές Επιστήμες;

Ελπίζω ότι δεν προκύπτει ότι αρνούμαι τα απόλυτα επιτεύγματα και τις βελτιώσεις, εάν

επισημάνω, στηριζόμενος στη σχετική ατέλεια και στην οπισθοδρόμηση της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, το πόσο μικρή πρόοδο έκανε η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην προστασία του λεγόμενου μορφωμένου κόσμου ενάντια στην αναγέννηση όλων των ειδών των δεισδαιμονιών και ανοησιών. Πράγματι, κάποιος μπορεί να πάει ακόμη μακρύτερα και να πει ότι η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών δεν έχει προστατεύσει τους ανθρώπους που πήγαν σχολείο από την αναβίωση όλων των ειδών του αποκρυφισμού, αντίθετα σε κάποιο βαθμό άνοιξε τον δρόμο για την αναβίωσή τους. Δεν έχουν εξηγήσει οι Φυσικές Επιστήμες πολλά αξιοπερίεργα; Εάν για παράδειγμα η ραδιενέργεια είναι αποδεδειγμένη, γιατί η τηλεπάθεια δεν μπορεί να είναι πιθανή; Θα πρέπει εμείς, οι μορφωμένοι ιδεαλιστές και μέχρι πρόσφατα παθητικοί ερευνητές, να παραδεχτούμε ότι η ύλη έχει τέτοιες δυνατότητες και δεν τις έχει το μυαλό μας; Όταν όλοι επιτρέπουμε την αδίστακτη προθυμία των εφημερίδων και των περιοδικών να δημοσιεύσουν οποιοδήποτε θαύμα της αποκαλούμενης επιστημονικής ανακάλυψης που μπορεί να δώσει μια στιγμιαία συγκίνηση σε οποιονδήποτε αναγνώστη, υπάρχει ακόμα, πιστεύω, ένα μεγάλο υπόλοιπο του δημοσιευμένου υλικού που βασίζεται κατά κύριο λόγο σε μια ειλικρινή άγνοια. Πολλά πράγματα έχουν επιβεβαιωθεί από τις Φυσικές Επιστήμες, τόσο πολλά πράγματα που κάποιος θα φανταζόταν παράλογο το ότι έχουν τεκμηριωθεί, τότε γιατί όχι ένα ακόμη και γιατί όχι αυτό εδώ; Η προώθηση των Φυσικών Επιστημών ως



περιεχόμενο έχει ξεφύγει τόσο πολύ στην εκπαίδευση από τις επιστημονικές συνθήκες του μυαλού που, ως ένα βαθμό, η κοινή ανθρώπινη λογική έχει αποβεί σε βάρος τους.

Θα πρέπει επίσης να χρεωθεί στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών κάτι από την παρούσα ελαφρότητα των απόψεων και ο ψευτο-σκεπτικισμός. Ο μέσος άνθρωπος που έχει επίγνωση των ταχύτατων αλλαγών του περιεχομένου και διδάχτηκε με τέτοιο τρόπο που να πιστεύει ότι το περιεχόμενο, όχι η μέθοδος, αποτελεί τις Φυσικές Επιστήμες, θα επισημαίνει στον εαυτό του ότι αν αυτό είναι Φυσικές Επιστήμες, τότε οι Φυσικές επιστήμες βρίσκονται σε συνεχή αλλαγή και δεν υπάρχει καμιά σταθερότητα πουθενά. Αν είχε δοθεί έμφαση στη μέθοδο της κατάκτησης της γνώσης τότε από αυτήν την αλλαγή του περιεχομένου θα είχε μάθει το μάθημα της περιέργειας, της ευελιξίας και της υπομονετικής διερεύνησης. Όπως είναι τώρα τα πράγματα, το αποτέλεσμα είναι, πολύ συχνά, ένας αδιάφορος κορεσμός.

Δεν εννοώ ότι τα σχολεία μας θα πρέπει να προετοιμάζουν τους μαθητές ως κριτές της αλήθειας και του ψεύδους σε εξειδικευμένα επιστημονικά θέματα. Αλλά εννοώ ότι η μεγαλύτερη πλειοψηφία των μαθητών που αφήνουν το σχολείο θα πρέπει να έχουν κάποια ιδέα τι στοιχεία χρειάζονται για να τεκμηριωθούν οι απόψεις που δε φαίνονται παράλογες. Εξάλλου δεν είναι παράλογο να περιμένουμε ότι θα πρέπει να προχωρήσουν στη ζωή τους με ένα ζωηρό ενδιαφέρον για τους τρόπους με τους οποίους βελτιώνεται η γνώση και με μια έντονη αποστροφή για όλα

τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξαν και δεν ταίριαζαν με τις μεθόδους της επιστημονικής έρευνας. Θα ήταν παράλογο, για παράδειγμα, να αναμένουμε οποιοδήποτε μεγάλο αριθμό μαθητών να εξειδικεύονται στις τεχνικές μεθόδους για τον προσδιορισμό της απόστασης, της κατεύθυνσης και της θέσης στις αρκτικές περιοχές. Θα ήταν όμως δυνατόν, σε γενικές γραμμές, να αναπτυχθεί μια νοητική κατάσταση των Αμερικανών στην οποία η, δήθεν έντονη, αμερικανική αίσθηση του χιούμορ θα αντιδρούσε όταν θα προτεινόταν να διευθετηθεί το θέμα της κατάκτησης των πόλων με δημοτικά ψηφίσματα τις αβάσιμες ψηφοφορίες στα τρένα ή ακόμη και στα κύρια άρθρα των εφημερίδων.

Αν στα προηγούμενα μου σχόλια έχω αγγίξει επιφανειακά ορισμένες πτυχές της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών και δεν έχω εισέλθει σε βάθος δεν είναι επειδή δεν συνειδητοποιώ τη σημασία του θέματος. Μια από τις δυο αρχές που παραμένουν στο σύστημα αξιών της ζωής μου είναι ότι το μέλλον του πολιτισμού μας εξαρτάται από την εξάπλωση της διεύρυνσης και της εμβάθυνσης της επιστημονικής σκέψης. Και ότι το κυριότερο πρόβλημα στην εκπαίδευσή μας είναι να ανακαλύψουμε πώς μπορούμε να ωριμάσουμε την επιστημονική σκέψη και να την καταστήσουμε περισσότερο αποτελεσματική. Η ανθρωπότητα μέχρι στιγμής διευθύνεται από αντικείμενα και λέξεις και όχι από σκέψεις. Μέχρι τις τελευταίες ιστορικές στιγμές, η ανθρωπότητα δεν κατείχε τους όρους της ασφαλούς και αποτελεσματικής σκέψης. Χωρίς να παραγνωρίζω στο ελάχιστο

ότι οι άνθρωποι στηρίζονται στην θεωρητική τους παιδεία, θα πήγαινα ακόμη πιο μακριά λέγοντας ότι η σταδιακή αντικατάσταση της θεωρητικής παιδείας από την επιστημονική εκπαίδευση μπορεί να εξασφαλίσει στον άνθρωπο την πρόοδο και τη βελτίωση της θέσης του. Εμείς θα συνεχίσουμε να κατεχόμαστε από τα πράγματα, εκτός κι αν καταφέρουμε να τα κατακτήσουμε εμείς. Η μαγεία που οι λέξεις ρίχνουν πάνω στα πράγματα μπορεί να συγκαλύψει την υποταγή μας ή να την αποδώσει ως μη-ικανοποίηση, αλλά οι Φυσικές Επιστήμες, όχι οι λέξεις, ρίχνουν το μόνο αναγκαστικό ξόρκι στα πράγματα.

Η επιστημονική μέθοδος δεν είναι απλώς μια μέθοδος που έχει αποδειχθεί επικερδής, όταν την ακολουθούμε στο ένα ή στο άλλο δυσνόητο θέμα, για καθαρά τεχνικούς λόγους. Αποτελεί τη μόνη μέθοδο σκέψης που έχει αποδειχθεί καρποφόρα σε κάθε κατάσταση – αυτό εννοούμε όταν την αποκαλούμε επιστημονική. Δεν είναι μια ιδιόμορφη ανάπτυξη της σκέψης για εξειδικευμένα χαρακτηριστικά. Είναι η σκέψη, όσο η σκέψη αποτελεί συνειδητή κατάσταση, και αξιοποιεί έναν κατάλληλο εξοπλισμό για να οδηγηθεί στην επιτυχία.

Το σύγχρονο πολεμικό πλοίο φαίνεται να συμβολίζει την τρέχουσα θέση των Φυσικών Επιστημών στη ζωή και στην εκπαίδευση. Το πολεμικό πλοίο δε θα μπορούσε να υπάρξει αν δεν υπήρχαν οι Φυσικές Επιστήμες: τα Μαθηματικά, η Μηχανική, η Χημεία, η προμήθεια της ηλεκτρικής ενέργειας, η τεχνική

όσον αφορά την κατασκευή και τη διαχείριση. Όμως οι στόχοι, τα ιδανικά στην υπηρεσία του οποίου αυτή η θαυμάσια τεχνική εμφανίζεται, είναι οι παράγοντες επιβίωσης της προ-επιστημονικής εποχής, δηλαδή της βαρβαρότητας. Οι Φυσικές Επιστήμες ακόμη και σήμερα δεν συνδέονται με τη διαμόρφωση των κοινωνικών και ηθικών ιδεωδών για χάρη των οποίων οι Φυσικές Επιστήμες (θα έπρεπε να) χρησιμοποιούνται. Ακόμη κι όταν οι Φυσικές Επιστήμες έχουν κατακτήσει την αρμόζουσα αναγνώριση, παραμένουν μια σειρά από χαρακτηριστικά που θα επιβληθούν στις Φυσικές Επιστήμες από ξένες παραδόσεις. Αν ποτέ θα κυβερνηθούμε από τη νοημοσύνη, όχι από πράγματα ή από λέξεις, οι Φυσικές Επιστήμες θα πρέπει να μπορούν να μας πούνε τι να κάνουμε και όχι απλώς για το πώς μπορούμε να το κάνουμε εύκολα και οικονομικά. Εάν αυτή η ολοκλήρωση επιτευχθεί, η μετατροπή θα πρέπει να γίνει μέσω της εκπαίδευσης, γεφυρώνοντας την καθημερινή συμπεριφορά των ανθρώπων με τη σημασία της επιστημονικής γνώσης και την πλήρη εισαγωγή των συνθηκών που είναι αναγκαίες για την επίτευξη της γεφύρωσης. Η ενεργή συμμετοχή στην παραγωγή της γνώσης είναι το υψηλότερο προνόμιο που έχει ο άνθρωπος και η μόνη συνθήκη που διασφαλίζει την ελευθερία του. Όταν τα σχολεία μας γίνουν πραγματικά εργαστήρια παραγωγής γνώσης και όχι μύλοι που να αλέθουν πληροφορίες, δεν θα υπάρχει πλέον ανάγκη να συζητάμε για τη θέση των Φυσικών Επιστημών στην εκπαίδευση.

### **“Η Φυσική με Πειράματα, Α΄ Γυμνασίου”.**

**Μια διδακτική πρόκληση, μπορεί να εξελιχθεί σε διδακτική ευκαιρία;**

**Γιώργος Φασουλόπουλος**

#### **Εισαγωγή**

Στην εργασία σχολιάζεται η εισαγωγή του μαθήματος Φυσικής την σχολική χρονιά 2013-14 στην Α΄ Γυμνασίου. Παρά την αμηχανία που προκύπτει από την απρογραμμάτιστη και αιφνίδια εισαγωγή χωρίς δοκιμασμένο και θεσπισμένο αναλυτικό πρόγραμμα, όσοι την αντιλαμβάνονται ως ευκαιρία οργανικής σύνδεσης των αναλυτικών προγραμμάτων Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) του Δημοτικού με εκείνα του Γυμνασίου ή, ακόμα πιο φιλόδοξα, ως νέα αφετηρία για την εργαστηριακή διδασκαλία της Φυσικής, πρέπει να έχουν κατά νου τρία ισχυρά δυσμενή εμπειρικά τεκμήρια. Το πρώτο αφορά στην αρνητική αντιμετώπιση της Φυσικής από τους μαθητές, ενδεχομένως λόγω και του πιο αφηρημένου χαρακτήρα της - γενικοί νόμοι και μαθηματικός φορμαλισμός- (Osborne, Simon and Collins, 2003). Το δεύτερο τεκμήριο αφορά την αδυναμία ανάπτυξης εργαστηριακής παράδοσης στη διδασκαλία της Φυσικής, παρά τις προσπάθειες των Σχολικών Συμβούλων και των υπευθύνων Ε.Κ.Φ.Ε.. Ως αιτίες μεταξύ άλλων, αναφέρονται η διαχείριση των

εργαστηριακών δραστηριοτήτων με οδηγίες ρουτίνας και συνακόλουθα η απουσία αυθεντικών ερωτημάτων, ικανών να πυροδοτήσουν τον πειραματισμό στο σχολικό εργαστήριο (Science Education NOW, 2007). Το τρίτο τεκμήριο σχετίζεται με το τρέχον κοινωνικό κλίμα που προκαλεί την απαξία των μαθητών για την προσφερόμενη γνώση, ενδεχομένως λόγω της χαμηλής προσδοκίας τους για επαγγελματική αποκατάσταση συνδεδεμένη με τις σπουδές (Κάτσικας, 2013).

Με διάθεση να υποστηριχθεί η συγκεκριμένη καινοτομία, επιχειρώ σύντομη προσέγγιση του υποστηρικτικού υλικού που προτείνεται από το Υπουργείο Παιδείας (Καλκάνης *et al.*, 2013), με στόχους την κατανόηση του πνεύματος που το καθοδηγεί και την ανάδειξη των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των διδακτικών πρακτικών που προτείνει. Αυτή η διερεύνηση θα μπορούσε να διευκολύνει την εξειδίκευση και διαφοροποίηση της διδασκαλίας, ανάλογα με το μαθητικό δυναμικό που ο κάθε καθηγητής ΠΕ04 αντιμετωπίζει.

### Διδακτική Θεώρηση

Οι συγγραφείς αντιλαμβάνονται τη διδασκαλία στις Φ.Ε. ως «*ανάλογη με την επιστημονική έρευνα*» και υπογραμμίζουν ότι, «*εφαρμόζουμε την επιστημονική / εκπαιδευτική μέθοδο με διερεύνηση. Απαραίτητο συστατικό και αυτής της μεθόδου είναι το πείραμα*» (Καλκάνης *et al.* 2013, σελ. 5/76). Αυτές οι ρητές διατυπώσεις επαναφέρουν την αισιόδοξη διδακτική άποψη της δεκαετίας του 60 που αντιλαμβανόταν τον μαθητή των Φ.Ε. ως μικρό ερευνητή και παραγνώριζε το εύρος των νοητικών και πρακτικών δεξιοτήτων που απαιτούνται, αλλά και τα διαφορετικά προσωπικά κίνητρα και πολιτισμικές αξίες των μαθητών απ' αυτές των επιστημόνων (Χαλκιά, 2008, σελ.102). Σύμφωνα με την κριτική που έχει διατυπωθεί, οι μαθητές μπορούν να ανακαλύψουν γνώση με έντονα αντιληπτικά χαρακτηριστικά, όχι όμως έννοιες, ερμηνευτικά μοντέλα και το μικρόκοσμο (Καριώτογλου, 2006, σελ.32).

Ο κύριος διδακτικός σκοπός των συγγραφέων αφορά την ποσοτική επεξεργασία των μετρήσεων ή με τα λόγια των ιδίων «*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*» (σελ. 6/76).

Το διδακτικό υλικό προτείνει δώδεκα φύλλα εργασίας που μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής. Τα πρώτα τέσσερα (1<sup>ο</sup>-4<sup>ο</sup>) επιδιώκουν την εξοικείωση των μαθητών με μετρήσεις μήκους, χρόνου, μάζας και

θερμοκρασίας. Άλλα τέσσερα (5<sup>ο</sup>, 6<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 9<sup>ο</sup>) αναφέρονται στα φαινόμενα: θερμική ισορροπία, αλλαγές φάσεων του νερού, ακανόνιστη διαστολή του νερού, φαινόμενο του θερμοκηπίου. Στα τρία τελευταία από αυτά επιλέγονται ως πεδίο εφαρμογής περιβαλλοντικά ζητήματα, όπως ο κύκλος του νερού, η διατήρηση της υδρόβιας ζωής όταν παγώνουν λίμνες και θάλασσες και η υπερθέρμανση του πλανήτη. Τα υπόλοιπα τέσσερα φύλλα (8<sup>ο</sup>, 10<sup>ο</sup>, 11<sup>ο</sup> και 12<sup>ο</sup>) εστιάζουν σε τεχνολογικές κατασκευές, δίνοντας λεπτομερείς οδηγίες κατασκευής μοντέλων του ηλιακού θερμοσίφωνα, της ηλεκτρικής ασφάλειας, του ηλεκτροκινητήρα και της ηλεκτρογεννήτριας.

Αξίζει να επισημανθούν δυο διαφοροποιήσεις στη διαχείριση του υλικού σε σχέση με τις διδακτικές αρχές και τους σκοπούς που επικαλούνται οι συγγραφείς. Η μια, εσωτερική στο βιβλίο, αφορά την υποβάθμιση της ποσοτικής πειραματικής διαδικασίας στις τέσσερις δραστηριότητες που αφορούν τις τεχνολογικές κατασκευές. Έτσι προτείνονται μόνον δυο θερμομετρήσεις και τέσσερις απλές βολτομετρήσεις στο σύνολο των τεσσάρων «τεχνολογικών» φύλλων εργασίας, ενώ στις τρεις δραστηριότητες που αφορούν περιβαλλοντικά θέματα, προβλέπονται τρεις μακρόχρονες καταγραφές θερμοκρασιών (η κάθε μία για χρόνο μεγαλύτερο από 15 λεπτά) και η κατασκευή των σχετικών διαγραμμάτων. Η δεύτερη διαφοροποίηση αναφέρεται στην υποβάθμιση των μικροσκοπικών ερμηνειών σε σχέση με τα βιβλία του Δημοτικού. Οι μικροσκοπικές ερμηνείες παραπέμπονται στο

τελευταίο δισέλιδο του διδακτικού υλικού «Ο μικρόκοσμος συγκροτεί και εξηγεί το Μακρόκοσμο» σελ.57&58/76), όπου προτείνεται σχετικό ψηφιακό υλικό που έχει αναρτηθεί στο διαδίκτυο από μέλη της συγγραφικής ομάδας και αποτελούν αντικείμενο μόνο δυο ερωτήσεων «εφαρμογής». Αντιθέτως στα βιβλία του Δημοτικού (Αποστολάκης *et al.*, 2006) οι μικροσκοπικές περιγραφές αποτελούν προνομιακό τρόπο διαχείρισης (Κουμαράς, 2007). Αυτή η υποβάθμιση δεν συνάδει ούτε με την ηλικιακή ωρίμανση των μαθητών από το Δημοτικό στο Γυμνάσιο, ούτε με τις βασικές διδακτικές αντιλήψεις των ερευνητών - μελών της συγγραφικής ομάδας που επιχειρηματολογούν σχετικά με «την ανάδειξη του εκπαιδευτικού προτύπου του μικροκόσμου για την ερμηνεία των φαινομένων του μακροκόσμου ... στην ύστερη πρωτοβάθμια εκπαίδευση,...» (Καλκάνης, 2009).

Οι δυο αποκλίσεις από την ισχυρή θέση περί «αναλογίας επιστήμης και διδασκαλίας των Φ.Ε.», δηλαδή η υποβάθμιση του μικροσκοπικού μοντέλου και η υποβάθμιση της ποσοτικοποίησης στις τεχνολογικές κατασκευές καθώς και η επιλογή περιεχομένου χαμηλής αφάιρεσης που αφορά περιβαλλοντικά ζητήματα και τεχνολογικές κατασκευές, συνάδουν με την τρέχουσα διεθνή πολιτική για τα αναλυτικά προγράμματα, που προβλέπουν λιγότερο περιεχόμενο και περισσότερες δραστηριότητες (National Research Council, 2012). Το πρόβλημα βέβαια είναι ότι οι δραστηριότητες που διεθνώς προωθούνται είναι διερευνητικές με στόχο την

καλλιέργεια της μεθοδολογίας και τη δημιουργία στάσεων.

### **Διδακτικοί Μετασχηματισμοί Επιστημονικών Μοντέλων**

Μελετώντας το υπό συζήτηση διδακτικό υλικό, συνάντησα τρεις ιδιότυπους μετασχηματισμούς περιεχομένου. Πρόκειται για εξειδικεύσεις θεωρητικών απόψεων της Φυσικής και της μεθοδολογίας της που καθοδηγούν την κατασκευή εργαστηριακών δραστηριοτήτων για εκπαιδευτικούς λόγους. Αφορούν τη σχέση μάζας και βάρους, το νόημα της μέσης τιμής στο εργαστήριο Φ.Ε. και στις δημοσκοπήσεις και τον χειρισμό του πολυπαραγοντικού μοντέλου της υπερθέρμανσης της Γης.

Το πρόβλημα χειρισμού της μάζας και των διαδικασιών μέτρησής της, αφορά την αρχή λειτουργίας των ζυγών που στηρίζεται στις παραμορφώσεις ελατηρίων που προκαλούνται από τις βαρυτικές δυνάμεις των μετρούμενων μαζών, ενώ οι ίδιες οι μάζες μετρούνται έμμεσα. Οι διδακτικές προτάσεις για το χειρισμό του ζητήματος συνήθως υιοθετούν την αδιαφοροποίητη έννοια μάζα-βάρος, όπως γίνεται στη χημεία. Σπανιότερα, προτείνονται εκτιμήσεις της μάζας μέσα από τα αδρανειακά χαρακτηριστικά της. Οι συγγραφείς (σελ. 12/76) επιλέγουν μια ιδιόμορφη εναλλακτική διδακτική λύση νομιμοποίησης του ζυγού με ελατήριο ως οργάνου μέτρησης της μάζας. Προτείνουν βαθμονόμηση ενός ελατηρίου, ελέγχοντας τις μεταβολές που προκαλεί στο μήκος του ελατηρίου η μάζα και όχι το βάρος. Το βάρος που αποτελεί τον αιτιακό παράγοντα λειτουργίας του ζυγού, προκύπτει υπολο-

γιστικά από τη μάζα, αντιστρέφοντας την αρχή λειτουργίας του οργάνου. Δεν πρόκειται για περίπτωση «επιστημονικού λάθους» αλλά για επιλεγμένο διδακτικό μετασχηματισμό.

Το δεύτερο ζήτημα αφορά τη μεθοδολογία των μετρήσεων. Οι συγγραφείς προτείνουν (σελ. 20&21/76) εκτιμήσεις της περιόδου ενός εκκρεμούς από δυο ομάδες μαθητών που χρησιμοποιούν η κάθε μία, χρονόμετρα διαφορετικής ακρίβειας (δευτερολέπτου η μια και εκατοστών του δευτερόλεπτου η άλλη). Ο κάθε μαθητής μιας ομάδας, ταυτόχρονα με όλους τους άλλους, εκτιμά μια τιμή της περιόδου του εκκρεμούς. Στη συνέχεια προτείνεται η άθροιση των περιόδων που εκτιμά ο κάθε χρονόμετρος-μαθητής και το άθροισμα διαιρείται με τον αριθμό των μαθητών της ίδιας ομάδας. Δηλαδή υπολογίζεται η «μέση τιμή» της περιόδου που εκτιμά η ομάδα που εργάζεται με τον ίδιο τύπο χρονόμετρο. Εκείνο που εκφράζει αυτή η «μέση τιμή» είναι η μέση ικανότητα μιας ομάδας μαθητών στις μετρήσεις χρόνου με τον συγκεκριμένο τύπο χρονόμετρο. Αυτή η τεχνική επομένως, δεν έχει σχέση με τις εργαστηριακές μεθόδους Φυσικής αλλά με τις δημοσκοπικές τεχνικές που ακολουθούν οι κοινωνικές έρευνες όταν διερευνούν τάσεις, απόψεις ή ικανότητες πληθυσμών. Ως πλεονέκτημα αυτής της διδακτικής απόφασης αναγνωρίζω την ενδεχόμενη μετωπική ενεργοποίηση μεγάλου αριθμού μαθητών και θα κριθεί από την ένταση και την ποιότητα της συζήτησης που θα προκληθεί σχετικά με το θέμα της ακρίβειας των διαφορετικών χρονόμετρων, παρά το «δημοσκοπικό» τρόπο

υπολογισμού της μέσης τιμής, αρκεί να υπολογιστούν οι μέσες τιμές με τα διαφορετικής ακρίβειας χρονόμετρα από την ίδια ομάδα.

Τέλος, θα αναφερθώ στο 9<sup>ο</sup> φύλλο εργασίας «*το φαινόμενο του θερμοκηπίου υπερ-θερμαίνει*» (σελ.52-56/76), όπου προτείνεται μια εργαστηριακή διαδικασία γνωστή και ως «θερμοκήπιο στο μπουκάλι», όπου τεχνητή ατμόσφαιρα εμπλουτισμένη με διοξείδιο όταν φωτίζεται με λαμπτήρα πυράκτωσης, αυξάνει αισθητά τη θερμοκρασία της σε χρονική διάρκεια 15-20 λεπτών σε σχέση με το περιβάλλον. Οι Wagoner *et al.* (2010) κριτικάρουν εργαστηριακά και με μαθηματικά μοντέλα την κατασκευασμένη σε κλειστό διαφανές δοχείο ατμόσφαιρα εμπλουτισμένη με διοξείδιο που φωτίζεται με λαμπτήρα πυράκτωσης. Οι ερευνητές αναδεικνύουν ότι η θερμοκρασιακή αύξηση δεν οφείλεται στην απορροφητικότητα του διοξειδίου στο υπέρυθρο, όπως προβλέπει το μοντέλο υπερθέρμανσης, αλλά στην διαφορά πυκνότητας μεταξύ διοξειδίου και αέρα που ελαττώνει τη μεταφορά θερμικής ενέργειας εμποδίζοντας έτσι την ανάμειξη με τον εξωτερικό αέρα. Χρησιμοποιούν ως αέριο σύγκρισης το Αργό που δεν απορροφά στο υπέρυθρο, αλλά έχοντας συγκρίσιμη πυκνότητα με το διοξείδιο δημιουργεί παρόμοια θερμοκρασιακή άνοδο, χωρίς να είναι αέριο θερμοκηπίου. Επισημαίνω ότι αυτή η εκπαιδευτική δραστηριότητα είναι γνωστή στην εκπαιδευτική κοινότητα και αποδίδει θετικά διδακτικά αποτελέσματα (Lueddecke *et al.*, 2001). Αλλά, όπως συνοψίζουν οι Wagoner

*et al*, πρόκειται για περίπτωση «καλών» αποτελεσμάτων με «κακή» επιστημονική ερμηνεία. Οι Σκορδούλης και Σωτηράκου (2005, σελ.252) αξιολογούν τα οικολογικά μοντέλα ανάλογα με το αν περιγράφουν τα αίτια που ρυθμίζουν τη λειτουργία ενός οικοσυστήματος και με το αν προβλέπουν τη συμπεριφορά του. Στην περίπτωση του «θερμοκηπίου στο μπουκάλι» δεν ικανοποιείται κανείς από τους δυο όρους. Αυτή η ελλειμματική διαχείριση υπογραμμίζει τα ιδιαίτερα προβλήματα που προκύπτουν όποτε χρησιμοποιούνται απλά θεωρητικά μοντέλα και συναφείς εργαστηριακές αναλογίες για να αναπαραστήσουν σύνθετα περιβαλλοντικά ζητήματα.

### **Εργαστηριακοί Διδακτικοί Χειρισμοί**

Οι συγγραφείς αντιλαμβάνονται την εργαστηριακή διαδικασία με τα ακόλουθα βήματα: «*Τα βήματα της επιστημονικής / εκπαιδευτικής μεθόδου με διερεύνηση είναι: α. παρατηρώ, πληροφορούμαι, ενδιαφέρομαι, β. συζητώ, αναρωτιέμαι, υποθέτω, γ. ενεργώ, πειραματίζομαι, δ. συμπεραίνω, καταγράφω και ε. εφαρμόζω, εξηγώ, γενικεύω*» (σελ.7/76) και προκρίνουν την ποσοτική επεξεργασία των μετρήσεων σε σχέση με την αντίστοιχη περιγραφική διαχείριση των πειραμάτων στο Δημοτικό. Θα επιχειρήσω να ελέγξω τις πειραματικές δραστηριότητες που προτείνονται στα κρίσιμα πεδία «*γ. ενεργώ, πειραματίζομαι*» και «*ε. εφαρμόζω, εξηγώ, γενικεύω*» καθώς και τον τρόπο που εξελίσσεται η ποσοτικοποίηση των πειραμάτων.

Η ποσοτική επεξεργασία των μετρήσεων εισάγεται στα πρώτα τέσσερα φύλλα εργασίας που επιδιώκουν την εξοικείωση των μαθητών με τις έννοιες των πειραματικών αβεβαιοτήτων (εκτίμηση της ακρίβειας των οργάνων μέτρησης και υπολογισμός της μέσης τιμής πολλών μετρήσεων). Αυτές όμως οι έννοιες και δεξιότητες που άπτονται της μεθοδολογίας των μετρήσεων δεν θα απαιτηθούν ούτε θα εφαρμοστούν στα επόμενα «περιβαλλοντικά» και «τεχνολογικά» φύλλα εργασίας, που αποτελούν τον βασικό περιεχόμενο του υλικού. Εξαιρέση αποτελεί μόνον η δεξιότητα ακριβούς ανάγνωσης του θερμομέτρου (σελ. 31/76). Και όταν οι γνώσεις ή οι δεξιότητες (γνωστικές ή χειρονακτικές) δεν εφαρμόζονται, είναι καταδικασμένες ή να υποβιβαστούν σε περιεχόμενο προς αποστήθιση ή να ξεχαστούν. Όμως, η διαχείριση της ποσοτικοποίησης στα πειράματα απαιτεί διάρκεια που υπερβαίνει τον προβλεπόμενο διδακτικό χρόνο. Πράγματι η ποσοτικοποίηση, όπως αναπτύσσεται στα πειράματα θερμομετρήσεων (4<sup>ο</sup>, 5<sup>ο</sup>, 6<sup>ο</sup>, 9<sup>ο</sup> φύλλα εργασίας), απαιτεί τουλάχιστον 15 λεπτά μετρήσεων, άλλα τόσα τουλάχιστον απαιτούνται για την ανάγνωση των οδηγιών και την ανάπτυξη των μετρητικών διατάξεων, ενώ αν λάβουμε υπόψη και το πεντάλεπτο που θα απαιτηθεί για να καλυφθούν οι συνήθεις διαδικαστικές αστοχίες καθώς και το χρόνο χάραξης των διαγραμμάτων, δε φαίνεται να μένει χρόνος για τα δυο πρώτα βήματα «*α. παρατηρώ, πληροφορούμαι, ενδιαφέρομαι, β. συζητώ, αναρωτιέμαι, υποθέτω*». Κυρίως όμως δεν μένει χρόνος για την εννοιολογική

διαπραγματεύσει, δηλαδή για το βήμα «δ. συμπεραίνω, καταγράφω».

Το βήμα «γ. ενεργώ, πειραματίζομαι» γίνεται αντιληπτό από τους συγγραφείς ως το βασικό βήμα ανάπτυξης «της επιστημονικής / εκπαιδευτικής μεθόδου με διερεύνηση» αφού «Στο τρίτο μεθοδολογικό βήμα, απαιτείται η οργάνωση και η πραγματοποίηση "αποδεικτικών" πειραμάτων από τους μαθητές με άμεσο στόχο τον έλεγχο (επιβεβαίωση ή διάψευση) των υποθέσεων. Ευκαίριο είναι κάποια από τις υποθέσεις να επιβεβαιωθεί από τα πειράματα, τα οποία θα γίνουν, και να οδηγήσει τους μαθητές, μέσω του πειραματισμού, στην ανακάλυψη/διατύπωση των ορθών συμπερασμάτων. Έμμεσος στόχος (και κριτήριο αξιολόγησης) είναι η ενεργοποίηση/δραστηριοποίηση των μαθητών, η δημιουργική συνεργασία τους σε ομάδες» (σελ.7/76). Αλλά όλα τα πειράματα που προτείνονται στα φύλλα εργασίας ακολουθούν εντελώς καθορισμένες ρουτίνες οδηγιών. Πρόκειται δηλαδή για αυστηρά καθοδηγούμενες δραστηριότητες που ενδεχομένως να είναι ενδιαφέρουσες μόνο για τους προπτυχιακούς φοιτητές θετικών επιστημών, διότι «τα κομμάτια της επιστημονικής γνώσης, που συνήθως επιλέγονται για τις εργαστηριακές ασκήσεις, είναι εκείνα που οι φοιτητές κατανοούν καλύτερα... έτσι το σημαντικότερο κομμάτι των διδακτικών διαδικασιών γίνεται συγκεκριμένο μέσω του καθοδηγούμενου χειρισμού οντοτήτων» (Τσελφές 2002, σελ. 96). Οι μαθητές όμως της Α΄ Γυμνασίου που δεν κατέχουν τα αντίστοιχα «κομμάτια της επιστημονικής γνώσης», υποθέτω ότι δεν θα τις

αντιμετωπίσουν με ενδιαφέρον, που θεωρείται βασική προϋπόθεση για την αποδοχή του μαθήματος.

Στο βήμα «ε. εφαρμόζω, εξηγώ, γενικεύω» απουσιάζουν ερωτήσεις που αφορούν τεχνικές διευκρινήσεις για τα πειράματα που έγιναν, εναλλακτικές λύσεις που προέκυψαν ή μπορούν να υπάρξουν, συμπληρωματικές μετρήσεις που απαιτούνται. Μόνες αυθεντικές προτάσεις προς την κατεύθυνση της εφαρμογής αποτελούν οι λεπτομερείς οδηγίες κατασκευής «απλού ηλιακού θερμοσίφωνα» (σελ. 51/76), που όμως είναι μια πολύ απαιτητική τεχνικά κατασκευή καθώς και η κατασκευή μιας ηλεκτρικής πηγής με ξύδι και μεταλλικές βίδες (σελ. 61/76). Στην πλειοψηφία τους (το 76% των συνολικών) οι υπόλοιπες ερωτήσεις απαιτούν απαντήσεις δηλωτικού τύπου. Π.χ., «Πώς νομίζεις ότι μετράμε την απόσταση γης - σελήνης;» (1<sup>ο</sup> φύλλο εργασίας, σελ.4/76) ή «Με τη βοήθεια του/της καθηγητή/τριας σου και μελετώντας το παράρτημα, συζήτησε με τους συμμαθητές σου και εξήγησε την αύξηση ή μείωση της θερμοκρασίας των σωμάτων του μακρόκοσμου με τις κινήσεις των μορίων του μικρόκοσμου» (5<sup>ο</sup> φύλλο εργασίας, σελ. 32/76) ή «Ποια θεωρείς ότι είναι η σημασία του κύκλου του νερού για το περιβάλλον κάθε τόπου, για τα φυτά, τα ζώα και τους ανθρώπους;» (6<sup>ο</sup> φύλλο εργασίας, σελ. 32/76). Εκτός από την απόσταση που έχουν αυτές οι ερωτήσεις από την εφαρμογή ενός διερευνητικού εκπαιδευτικού προγράμματος, είναι δύσκολο να αποτελέσουν μοντέλο για την αξιολόγηση του μαθήματος, αφού οι «σωστές απαντήσεις» δεν



υπάρχουν ρητά διατυπωμένες δεδομένου ότι η γνώση θα πρέπει να έχει «ανακαλυφθεί» από τους μαθητές.

Συνοψίζοντας, δεν διακρίνεται στο διδακτικό υλικό εκείνο το πεδίο εφαρμογής που να δικαιώνει την εισαγωγή της ακρίβειας στις μετρήσεις, η έμφαση στην ποσοτικοποίηση της επεξεργασίας των μετρήσεων είναι πιθανόν να λειτουργήσει εις βάρος της εννοιολογικής διαπραγμάτευσης, η διδακτική επιλογή της διερευνητικής μεθόδου δεν διευκολύνεται από τις αυστηρά καθοδηγούμενες δραστηριότητες και οι προτεινόμενες εφαρμογές αναφέρονται κυρίως σε ζητήματα αναπαραγωγής της γνώσης.

### **Συμπεράσματα**

Η γενναία καινοτομία που επιχειρούν οι συγγραφείς με την εισαγωγή πειραματικού μαθήματος Φυσικής πρέπει να στηριχθεί, αφού στην τρέχουσα εκπαιδευτική και κοινωνική συγκυρία καταγράφεται αντίσταση στην αφηρημένη γνώση στο σχολείο και αμφισβήτηση του ορθολογικού τρόπου σκέψης στην κοινωνία. Η κριτική ανάγνωση στο διδακτικό υλικό με το οποίο στηρίζεται το εγχείρημα, επισημαίνει ζητήματα που μπορούν να ληφθούν υπόψη με σκοπό την ομαλότερη εφαρμογή του.

Η διδακτική επιλογή των συγγραφέων στην «επιστημονική / εκπαιδευτική μέθοδο με διερεύνηση» δεν οδήγησε σε συμβατά με αυτήν φύλλα εργασίας, αφού αυτά καθοδηγούν ισχυρά τους μαθητές στους πειραματισμούς τους, χωρίς να τους επιτρέπουν να

συμπεριφερθούν ως «επιστήμονες». Ούτε η εργαστηριακή μεθοδολογία που ελέγχει την ακρίβεια των μετρήσεων βρήκε εφαρμογή στο κύριο περιεχόμενο των εργαστηριακών φύλλων, που αφορούσαν περιβαλλοντικά προβλήματα και τεχνολογικές εφαρμογές. Τέλος η ποσοτική επεξεργασία των μετρήσεων κατέληξε σε χρονοβόρες διαδικασίες που τείνουν να εξοστρακίσουν την εννοιολογική διαπραγμάτευση.

Τα συγκεκριμένα όμως περιεχόμενα του υλικού μπορούν να λειτουργήσουν, αν γίνουν αντιληπτά ως ανοιχτά προβλήματα (η μάθηση μέσω μικρών ερευνών – οι επιστημονικές διαδικασίες, Χαλκιά, 2008, σελ.121-156). Παραδειγματικά αναφέρω τη μελέτη της θερμικής ισορροπίας (5<sup>ο</sup> φύλλο εργασίας) που εύκολα θα μπορούσε να αποτελέσει ανοιχτό πρόβλημα διερεύνησης των παραγόντων που την καθορίζουν, δίνοντας νόημα ακόμα και στις χρονοβόρες λήψεις θερμοκρασιακών τιμών. Μια εναλλακτική προσέγγιση του ίδιου περιεχομένου θα διευκόλυνε χρονικά την οικοδόμηση υποθέσεων για το ρόλο των ποσοτήτων, του είδους των υλικών, του χρόνου αποκατάστασης κ.τ.λ. αν περιοριζόταν στην εκτίμηση των θερμοκρασιών μόνο των αρχικών και τελικών καταστάσεων καθώς και του χρόνου αποκατάστασης της θερμικής ισορροπίας.

Η αποδοχή των πειραματικών δραστηριοτήτων από τον καθηγητή της τάξης θα συναρτηθεί και από τον προκαθορισμό ερωτήσεων αξιολόγησης, που να είναι συμβατές με τις τρέχουσες αξιολογικές πρακτικές αλλά και να ενισχύουν την

προτεινόμενη πειραματική διαπραγμάτευση, συνδυάζοντας ερωτήσεις αναπαραγωγής γνώσης (π.χ. σχετικές με είδος των μετρητικών συσκευών που χρησιμοποιήθηκαν στο έλεγχο της θερμικής ισορροπίας) με ερωτήσεις π.χ. ελέγχου των μεταβλητών που σχετίζονται με ένα σχετικό πρόβλημα, όπως θα μπορούσε να είναι ο χρόνος για να κρυώσει μια κούπα ζεστό τσάι.

Τέλος, σ' αυτή την άγωνα εκπαιδευτική συγκυρία που τα τμήματα της Α' Γυμνασίου

αριθμούν 27 μαθητές, πρέπει να γίνει αποδεκτό ότι πολύ δύσκολα μπορούν να εξασφαλιστούν συσκευές και υλικά για κάθε ομάδα μαθητών και ακόμα πιο δύσκολα ο εκπαιδευτικός μπορεί να διαχειριστεί περίπου 7 (27:4) ομάδες μαθητών σε κάθε τάξη, οπότε η επιδιωκόμενη διερεύνηση υποχρεωτικά πολλές φορές θα καταλήξει να περιοριστεί σε μετωπική διδασκαλία με όλη την τάξη.

### **Βιβλιογραφία**

Lueddecke, S.B., Pinter, N. and McManus, S. A. (2001). *Greenhouse effect in the classroom: A project- and laboratory-based curriculum*. J. Geosci. Educ. 49, 274–279.

National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: National Academy Press.

Osborne, J., Simon, S. & Collins, S. (2003). *Attitudes towards science: a review of the literature and its implications*. International Journal of Science Education, 25(9), 1049-1079.

Science Education NOW (2007): Διαθέσιμο στο: [http://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/report-rocard-on-science-education\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf).

Wagoner P., Liu C., and Tobin P. (2010). *Climate change in a shoebox: Right result, wrong physics*, American Journal of Physics, 78 -5. Διαθέσιμο στο: <http://rtobin.phy.tufts.edu/Wagoner%20AJP%202010.pdf>

Αποστολάκης Ε., Παναγοπούλου Ε., Σάββας Σ., Τσαγλιώτης Ν., Μακρή Β., Πανταζής Γ., Πετρέα Κ., Σωτηρίου Σ., Τόλιας Β., Τσακαλέωργα Α. & Καλκάνης Γ. (2006). *Φυσικά Δημοτικού, Ερευνώ και Ανακαλύπτω*. Βιβλία Μαθητή Ε' & Στ' Δημοτικού. ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Καλκάνης Γ. (2009). Συμπόσιο 2: ..."διά Χειρός" Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση στις-με τις Φυσικές Επιστήμες - ο Πειραματισμός. Οργανωτής / Συζητητής: Καλκάνης Γ. 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φ.Ε. και Ν.Τ. στην Εκπαίδευση, Φλώρινα. Διαθέσιμο στο: <http://users.sch.gr/ ioarvanit/Praktika.pdf>

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

Η Φυσική με Πειράματα, Α Γυμνασίου, ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ. Διαθέσιμο στο: <http://ebooks.edu.gr/2013/classcoursespdf.php?classcode=DSGYM-A>

Καριώτογλου Π. (2006). *Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών*. Εκδόσεις Γράφημα, Θεσσαλονίκη.

Κάτσικας Χ. (2013). *Λευκές κόλλες σε μαύρο μέλλον*. Εφημερίδα Συντακτών, 29/1/13. Διαθέσιμο στο: <http://www.efsyn.gr/?p=19179>.

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο

Κουμαράς Π. (2007). *Τα νέα σχολικά εγχειρίδια των Φυσικών Επιστημών Ε' & Στ' τάξης του Δημοτικού Σχολείου. Μια κριτική θεώρηση*. Έρευνα και Πράξη. Διπλό Τεύχος 20-21, σελ. 18-33.

Σκορδούλης, Κ. & Σωτηράκου, Μ. (2005). *Περιβάλλον, Επιστήμη και Εκπαίδευση*. Εκδόσεις Leader Books, Αθήνα.

Τσελφές, Β. (2002). *Δοκιμή και πλάνη, το εργαστήριο στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*. Εκδόσεις Νήσος, Αθήνα.

Χαλικιά Κ. (2008). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες – Α Τόμος*. Εκδόσεις Πατάκη, Αθήνα.



Ο Γιώργος Φασσουλόπουλος είναι Φυσικός. Πήρε το διδακτορικό του στη Διδακτική της Φυσικής το 2000 από το Α.Π.Θ.. Υπηρετεί στη Δημόσια Εκπαίδευση από το 1985. Τα ερευνητικά του ενδιαφέροντα συναρτώνται με καθημερινά ερωτήματα της τάξης, τα οποία επιχειρεί να διαπραγματευτεί με πειραματικές διαδικασίες.

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή

### **Φυσική Α' Γυμνασίου: το πρώτο βήμα**

**Ανδρέας Βαλαδάκης**

Σε πρώτη ενημερωτική συνάντηση με γονείς μαθητών της Α' Γυμνασίου καθηγήτης Φυσικής εξηγεί ότι το μάθημα φέτος έχει στόχο τη διεξαγωγή μετρήσεων και παρατηρήσεων. Η επόμενη συνομιλία είναι πραγματική:

Μητέρα: *Γιατί δεν τους δίνετε φωτοτυπίες για να ξέρουν τι θα διαβάσουν;*

Καθηγητής Φυσικής: *Γιατί θα είναι μασημένη τροφή. Ο σκοπός είναι να ανακαλύψουμε μαζί τη γνώση μέσα από διάλογο.*

Μητέρα: *Κάνετε διάλογο στη Φυσική; Σε λίγο θα μας πείτε ότι συζητάτε και στα μαθηματικά!*

Αν και η συνομιλία φαίνεται να εστιάζεται μόνο στη διδασκαλία της Φυσικής μέσω διαλόγου, αποκαλύπτει επίσης ορισμένες επιπλέον πτυχές του νεοεισαχθέντος μαθήματος "Φυσική με Πειράματα" (Γ. Καλκάνης 2013). Θα προσπαθήσουμε να ξεδιπλώσουμε αυτές τις πτυχές.

Στο πρόγραμμα διδασκαλίας της Δ' Δημοτικού συμπεριλαμβάνεται η μέτρηση μήκους και βάρους (Βαμβακούση *et al.*, 2006). Αυτό συνεχίζεται στις επόμενες τάξεις, όπου

προστίθεται η μέτρηση εμβαδού, όγκου, μάζας και θερμοκρασίας καθώς και η μετατροπή μονάδων φυσικών μεγεθών. Επίσης στο πρόγραμμα της Ε' (Αποστολάκης *et al.*, 2009α) και Στ' Δημοτικού (Αποστολάκης *et al.*, 2009β) περιλαμβάνεται η παρατήρηση και η περιγραφή φυσικών φαινομένων.

Μέχρι τη σχολική χρονιά 2012-2013 υπήρχε ασυνέχεια στη διδασκαλία της Φυσικής μεταξύ της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης: Οι μαθητές δε διδάσκονταν Φυσική στη Α' Γυμνασίου. Το 2013-2014 εισάγεται για πρώτη φορά η διδασκαλία της σε αυτή την τάξη. Το μάθημα ονομάζεται "Φυσική με Πειράματα" και περιλαμβάνει γενικά τέσσερα είδη δραστηριοτήτων που εκτελεί ο μαθητής.

Στο πρώτο είδος ανήκει η διατύπωση υποθέσεων. Στο "Σημείωμα για το Μαθητή" που υπάρχει στο "Βιβλίο του Μαθητή" αναφέρεται σχετικά:

*«Η ακριβής γνώση της επιστήμης για το φυσικό κόσμο έχει προέρθει από μια διαδικασία την οποία η επιστήμη εφαρμόζει όλα τα χρόνια και*

ονομάζεται επιστημονική έρευνα. Αυτή η έρευνα γίνεται με την επιστημονική μέθοδο. Ο ερευνητής, με αφορμή κάποια παρατήρηση ή ένα ερώτημα, ενδιαφέρεται να ανακαλύψει την απάντηση, διατυπώνει υποθέσεις, εκτελεί πειράματα για να επιβεβαιώσει κάποια υπόθεση, την οποία αναγορεύει σε θεωρία, αλλά και ελέγχει διαρκώς στη συνέχεια την ακρίβειά της ...»

Με σκοπό τη διατύπωση υποθέσεων δραστηριότητες που περιέχονται στο "Βιβλίο του Μαθητή" είναι οι εξής:

«Πώς γίνεται η μέτρηση του μήκους; Γράψε τις υποθέσεις σου.»

«Αν προσπαθούν όλοι να αποφεύγουν αυτά τα λάθη, νομίζεις ότι όλες οι μετρήσεις του μήκους του ίδιου αντικειμένου θα είναι ίδιες; Γράψε τις υποθέσεις σου.»

«Με ποιον τρόπο πρέπει να γίνονται οι μετρήσεις μικρών χρόνων για να έχουμε τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια; Γράψε τις υποθέσεις σου.»

«Συζήτησε με τους συμμαθητές σου για τον τρόπο μέτρησης ή υπολογισμού της μάζας και του βάρους. Γράψε τις υποθέσεις σου.»

«Μια λανθασμένη μέτρηση της θερμοκρασίας είναι δυνατόν να οφείλεται στο θερμόμετρο που χρησιμοποιούμε ή στον τρόπο με τον οποίο μετράμε. Γράψε τις υποθέσεις.»

Ωστόσο αυτά που ζητούνται από το μαθητή δεν είναι διατύπωση υποθέσεων, όπως αυτές που διατυπώνει ο ερευνητής και εκτελεί πειράματα για να τις επιβεβαιώσει. Λόγου χάρη με ποιο πείραμα είναι δυνατό να ελέγξουμε «Πώς γίνεται η μέτρηση του μήκους;» ή «τον τρόπο υπολογισμού της μάζας

και του βάρους»; Δηλαδή δεν πρόκειται για το είδος των υποθέσεων που περιλαμβάνονται στην επιστημονική μέθοδο και την οποία, όπως αναφέρεται στο "Σημείωμα για το Μαθητή", θέλουμε ο μαθητής να γνωρίσει.

Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν δράσεις οι οποίες στο "Σημείωμα για το Μαθητή" περιγράφονται ως εξής:

«...η εκτέλεση πειραμάτων με μετρήσεις θα σε εφοδιάσει με γνώσεις και χρήσιμες εμπειρίες, αλλά και θα σε προετοιμάσει για τα μαθήματα της Φυσικής στις επόμενες τάξεις.»

Χαρακτηριστικό παράδειγμα προτεινόμενου πειράματος είναι το εξής:

«Μέτρησε με τη βοήθεια ενός συμμαθητή σου το μήκος ενός θρανίου χρησιμοποιώντας μια μετροταινία, όπως στη διπλανή εικόνα.»

Όμως αυτά τα «πειράματα» δεν εμπίπτουν σε ό,τι στη Φυσική χρησιμοποιείται ως πείραμα. Πρόκειται για χρήσιμη διαδικασία μέτρησης αλλά όχι για πείραμα: Δε χρησιμοποιείται για την επαλήθευση ή την απόρριψη μιας επιστημονικής υπόθεσης. Χρησιμοποιείται απλώς για να ασκηθεί ο μαθητής να μετρά φυσικά μεγέθη.

Το τρίτο είδος δραστηριοτήτων περιγράφεται επίσης στο "Σημείωμα για το Μαθητή", όπου αναφέρεται:

«Με βάση τα φύλλα εργασίας και ακολουθώντας βήμα-βήμα την επιστημονική/εκπαιδευτική μέθοδο με διερεύνηση θα έχεις την ευκαιρία: να εφαρμόζεις τα συμπεράσματα σου σε φυσικά φαινόμενα και τεχνολογικές εφαρμογές, να τα εξηγείς με τη βοήθεια του/της καθηγητή/τριας σου και να τα γενικεύεις και σε

άλλα σχετικά φαινόμενα, τεχνολογικές εφαρμογές ή ανθρωπινές δραστηριότητες.»

Στο "Βιβλίο του Μαθητή" οι γενικεύσεις αναφέρονται με τον τίτλο "Εφαρμόζω, Εξηγώ, Γενικεύω". Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι τα εξής:

«Συγκέντρωσε εικόνες και πληροφορίες για τη μέτρηση του χρόνου με άλλους τρόπους και όργανα.»

«Μέτρησε τη μάζα και υπολόγισε το βάρος και άλλων αντικειμένων. Συγκέντρωσε πληροφορίες για τη μέτρηση της μάζας με άλλους τρόπους και όργανα.»

«Συγκέντρωσε εικόνες και πληροφορίες για τη μέτρηση της θερμοκρασίας με άλλα όργανα και άλλους τρόπους.»

Ωστόσο δεν πρόκειται για γενικεύσεις, όπως αυτές που ακολουθεί «η επιστημονική/εκπαιδευτική μέθοδος με διερεύνηση» και αναφέρονται στο "Σημείωμα για το Μαθητή": Πρόκειται απλώς για βιβλιογραφική έρευνα.

Οι προηγούμενες δραστηριότητες συμπληρώνονται με παρατηρήσεις που πρέπει να εκτελέσει ο μαθητής, όπως είναι η παρατήρηση της «ανώμαλης» μεταβολής του όγκου του νερού. Μετά από αυτές τις παρατηρήσεις ο μαθητής δεν οδηγείται σε οποιαδήποτε γενίκευση που αφορά τη Φύση: Περιορίζεται απλώς στην καταγραφή των παρατηρήσεών του και σε ορισμένες περιπτώσεις στο σχεδιασμό γραφικών παραστάσεων. Δηλαδή πρόκειται επίσης για μάθημα Γλώσσας και για μάθημα Μαθηματικών.

## **Μια ερμηνεία και ένα πρόβλημα**

Βεβαίως στο βιβλίο του Καθηγητή αναφέρεται 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 προσέγγιση τους ως φυσικά μεγέθη και φυσικές διαδικασίες, αντίστοιχα, στο γυμνάσιο.»

Ωστόσο το πρόγραμμα του Δημοτικού δεν περιορίζεται στην περιγραφική προσέγγιση των φυσικών εννοιών και φαινομένων αλλά προχωρά και στην ποσοτική προσέγγισή τους, διότι στο Δημοτικό επίσης απαιτείται από τους μαθητές να μετρούν φυσικά μεγέθη. Αυτά λοιπόν που περιλαμβάνονται στο "Φυσική με Πειράματα" έχουν ήδη περιληφθεί στο πρόγραμμα του Δημοτικού, το οποίο συχνά μάλιστα έχει μεγαλύτερες απαιτήσεις σε επίπεδο εννοιών, απ' όσο έχει το "Φυσική με Πειράματα".

Η επιλογή των συντακτών του προγράμματος σπουδών "Φυσική με Πειράματα", να επαναληφθούν στην Α' Γυμνασίου δραστηριότητες που περιλαμβάνονται ήδη στο πρόγραμμα του Δημοτικού, είναι δυνατό να ερμηνευθεί αν θεωρηθεί ότι οι συντάκτες έχουν την αντίληψη ότι στο Δημοτικό δεν εκτελούνται οι δραστηριότητες που προβλέπονται από το πρόγραμμα του Δημοτικού, το μάθημα διδάσκεται από καθ' έδρας και οι μαθητές απλώς αποστηθίζουν τελικά συμπεράσματα. Αυτό συμφωνεί και με την προτροπή της μητέρας: «Γιατί δεν τους δίνετε φωτοτυπίες για να ξέρουν τι θα διαβάσουν;»

Αν δεχτούμε ότι η παραπάνω είναι όντως η αντίληψη των συντακτών του προγράμματος "Φυσική με Πειράματα", τότε το πρόβλημα που πρέπει να επιλύσει ένα πρόγραμμα διδασκαλίας της Φυσικής στην Α' Γυμνασίου είναι το εξής: Οι μαθητές μέσω δραστηριοτήτων, πρέπει να μάθουν να μετρούν φυσικά μεγέθη, να παρατηρούν φυσικά φαινόμενα και να καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους. Αλλά δε θα πρέπει να περιορισθεί σε αυτό: Θα πρέπει συγχρόνως το πρόγραμμα να περιέχει στοιχεία από τις μεθόδους και τα συμπεράσματα της Φυσικής.

### **Μια πρόταση**

Το μάθημα Φυσική στην Α' Γυμνασίου ορίστηκε να διδάσκεται μία ώρα εβδομαδιαίως. Θα πρέπει λοιπόν η έκταση της ύλης που θα καλυφθεί να αντιστοιχεί στο συνολικό πλήθος των διαθέσιμων ωρών. Αλλά η ύλη που θα καλυφθεί δεν έχει τόσο μεγάλη σημασία, όσο η ύλη που θα αποκαλυφθεί. Σε κάθε μονόωρο μάθημα στην καλύτερη περίπτωση δύο διαδοχικές διδακτικές ώρες απέχουν μεταξύ τους μια εβδομάδα. Επιπλέον ορισμένες φορές χάνονται μαθήματα και η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών διδασκαλιών πιθανόν να είναι μεγαλύτερη. Συνεπώς η σύνδεση μεταξύ του περιεχόμενου δύο διαδοχικών διδακτικών ωρών είναι χαλαρή. Στην αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος βοηθά αν σε μια διδακτική ώρα κάθε θέμα διδάσκεται αυτοτελώς - χωρίς προαπαιτούμενα, από το πρώτο μάθημα.

Στην ανάπτυξη αυτών των θεμάτων ως επαναλαμβανόμενο μοτίβο θα εμφανιζόταν η

κεντρική ιδέα της μεθόδου της Φυσικής, δηλαδή ότι για τη διατύπωση των φυσικών νόμων απαιτείται παρατήρηση και φαντασία και για την απόρριψή τους παρατήρηση και πείραμα. Αυτά τα στοιχεία θα μπορούσαν να διαχέονται σε μια ομάδα 20 - 30 θεμάτων, από τα οποία ο διδάσκων θα επέλεγε τη διαπραγμάτευση ενός μικρότερου πλήθους, ανάλογα με το πλήθος των διαθέσιμων διδακτικών ωρών, την αγάπη του για ορισμένα από τα θέματα και το ενδιαφέρον των μαθητών του.

Σε αυτό το πλαίσιο οι διαδικασίες μέτρησης φυσικών μεγεθών και καταγραφές παρατηρήσεων δε θα αποτελούσαν ανεξάρτητη διαδικασία αλλά θα εντάσσονταν στη μελέτη φυσικών φαινομένων και θα οδηγούσαν σε καθολικά συμπεράσματα σχετικά με το Φυσικό Κόσμο, που βεβαίως είναι το ζητούμενο σε κάθε μάθημα Φυσικής.

Στη συνέχεια μέσω δύο χαρακτηριστικών παραδειγμάτων αποσαφηνίζω την πρότασή μου.

### **Τι είναι Φυσική;**

Ίσως δε μπορεί να βρεθεί καταλληλότερο πρώτο μάθημα από το "Ελεύθερη Πτώση". Τα έχει όλα: ιστορία της Φυσικής, μέθοδο της Φυσικής - δηλαδή παρατήρηση, διατύπωση υπόθεσης και εκτέλεση πειράματος - σύγκριση και σύγκρουση με την κοινή λογική, έκπληξη, απλότητα και αυτοτέλεια. Επιπλέον είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί ως διδακτικό μοντέλο για ό,τι ακολουθήσει.

Η ανάπτυξη του θέματος μπορεί να έχει τη μορφή ενός φιλικού διαλόγου μεταξύ των



μαθητών και του καθηγητή. Οι συμμετέχοντες παίζοντας με ένα κομμάτι χαρτί κι ένα βαρίδι συζητούν για τον τρόπο που μπορούμε να μάθουμε κάτι για τη Φύση.

Η συζήτηση εστιάζεται στα εξής: Με καθαρά λογικούς συλλογισμούς δεν μπορούμε να μάθουμε οτιδήποτε για το φυσικό κόσμο. Κάθε γνώση για τη Φύση αρχίζει από την παρατήρηση. Όμως η παρατήρηση δεν επαρκεί. Χρειάζεται και η φαντασία: Η παρατήρηση περιορίζεται σ' αυτό που βλέπουμε· η φαντασία αγκαλιάζει ολόκληρο τον κόσμο και οτιδήποτε υπάρχει για να το γνωρίσουμε και να το κατανοήσουμε. Και ό,τι φανταστήκαμε και υποθέσαμε ελέγχεται από την παρατήρηση και το πείραμα.

### **Ένας Νόμος της Φυσικής κι ένα φυσικό Μέγεθος**

Το ζήτημα του ορισμού της μάζας και της μέτρησής της οδηγεί σε πολύ ενδιαφέρουσα συζήτηση που αφορά γενικότερα τη διατύπωση ορισμών και τρόπων μέτρησης μεγεθών στο αγαπημένο μας μάθημα.

Συχνά μετράμε τη μάζα με τη βοήθεια ζυγού. Αυτό προτείνεται και στο πλαίσιο του προγράμματος "Φυσική με Πειράματα". Ωστόσο επειδή με αυτό τον τρόπο από την πρώτη στιγμή η έννοια μάζα συνδέεται άμεσα με την έννοια βάρος, οι μαθητές δυσκολεύονται να διαχωρίσουν αυτές τις έννοιες μεταξύ τους. Αντιθέτως η μάζα πρέπει να εισαχθεί χωρίς οποιαδήποτε συσχέτιση με την έννοια βάρος. Αυτό είναι δυνατό να γίνει αν η μάζα συσχετισθεί μόνο με την κίνηση των σωμάτων. Αυτό είναι βεβαίως και το πρω-

ταρχικό νόημα της έννοιας μάζα. Σε τούτο το πλαίσιο κατ' αρχήν δεν είναι απαραίτητο να μετρήσουμε επιταχύνσεις ούτε να χρησιμοποιήσουμε οποιοδήποτε νόμο του Νεύτωνα. Η εισαγωγή της έννοιας μάζα μπορεί να γίνει απλώς συγκρίνοντας μετατοπίσεις σωμάτων μεταξύ τους (Valadakis, 2014).

### *Η Παρατήρηση*

Με ένα ελατήριο τραβάμε διαδοχικά δύο βαγονάκια, για την ίδια επιμήκυνση του ελατηρίου και για τον ίδιο χρόνο. Παρατηρούμε ότι, ανεξάρτητα από την επιμήκυνση του ελατηρίου και το χρόνο κίνησης των σωμάτων, αν διαιρέσουμε το διάστημα που διανύει το ένα βαγονάκι με το διάστημα που διανύει το άλλο, το αποτέλεσμα της διαίρεσης είναι πάντοτε το ίδιο (Βαλαδάκης, 2013).

### *Η Υπόθεση*

Αν αντικαταστήσουμε το ελατήριο με άλλο, για ίδια επιμήκυνση του ελατηρίου και για τον ίδιο χρόνο, προκύπτει πάλι ο ίδιος λόγος των διαστημάτων.

### *Το Πείραμα*

Αντικαθιστώντας το ελατήριο με άλλο, για ίδια επιμήκυνση του ελατηρίου και για τον ίδιο χρόνο βρίσκουμε πάλι τον ίδιο λόγο των διαστημάτων.

### *Ο Φυσικός Νόμος*

Κάτω από τις ίδιες συνθήκες και για τον ίδιο χρόνο, ο λόγος των διαστημάτων που διανύουν δύο οποιαδήποτε σώματα είναι σταθερός.

### Η Γλώσσα

Αν επιλέξουμε το ένα από τα δύο σώματα ως πρότυπο, τότε το λόγο του διαστήματος που διανύει αυτό το σώμα προς το διάστημα που διανύει το άλλο, κάτω από τις ίδιες συνθήκες και για τον ίδιο χρόνο, τον ονομάζουμε μάζα του δεύτερου σώματος.

### Η Γλωσσολογία

Η αναζήτηση του νοήματος μιας λέξης είναι αντικείμενο της Γλωσσολογίας. Λόγου χάρι στην αρχαία ελληνική γλώσσα η λέξη μάζα σήμαινε το κριθαρένιο ψωμί· άρτος ήταν το σταρένιο. Κατόπιν η λέξη μάζα κατέληξε να σημαίνει ποσότητα ύλης. Η αναζήτηση των ποικίλων νοημάτων ενός όρου της Φυσικής, εκτός από αυτό που του αποδίδεται στη Φυσική, δεν είναι αντικείμενο της Φυσικής. Θα πρέπει ωστόσο να απασχολεί όσους διδάσκουν Φυσική, διότι σχετίζεται άμεσα με το πώς αντιλαμβάνονται οι μαθητές τους όρους της Φυσικής. Αυτή η αναζήτηση λοιπόν είναι θεμιτό να αποτελεί αντικείμενο της Διδακτικής

της Φυσικής. Όμως για τη Φυσική μάζα είναι απλώς λόγος διαστημάτων και συνδέεται άμεσα με τη δυσκινησία των σωμάτων.

### Το Πρώτο Βήμα

Η εισαγωγή του μαθήματος "Φυσική με Πειράματα" στην Α΄ Γυμνασίου είναι ένα θαρραλέο πρώτο βήμα. Ιδιαίτερος διότι επιβάλλει το μάθημα να γίνεται με δραστηριότητες και διάλογο. Δηλαδή ακολουθεί την παράδοση της Φυσικής που γεννήθηκε με τους "Διαλόγους για Δύο Νέες Επιστήμες" του Γαλιλαίου (Galileo, 1632). Αυτός ο διάλογος είναι ανάγκη να εμπλουτισθεί με ό,τι περιέλαβε ο Γαλιλαίος στους "Διαλόγους" του, δηλαδή Φυσική και πειράματα. Κι αυτό θα 'ναι το επόμενο εξίσου θαρραλέο βήμα. Τότε το μάθημα θα αποτελέσει όντως πολύτιμο συστατικό της καλλιέργειας των δεξιοτήτων των μαθητών, της κριτικής σκέψης τους και της αντίληψής τους για τη Φύση.

### Βιβλιογραφία

- Galileo, G. (1954). *Dialogues Concerning Two New Sciences*, (μετ. H. Crew, A. de Salvio). Dover.
- Valadakis, A., (2014). *Mechanics from Scratch*. *The Physics Teacher*, vol. 52, p. 49, January 2014.
- Αποστολάκης, Ε., Παναγοπούλου, Ε., Σάββας, Σ., Τσαγλιώτης, Ν., Πανταζής, Γ., Σωτηρίου, Σ., Τόλιας, Β., Τσαγκογέωργα, Α., Καλκάνης, Γ. (2009). α. "Φυσικά" Ε' Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω Τετράδιο Εργασιών και β. "Φυσικά" Στ' Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω Τετράδιο Εργασιών, Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων.
- Βαλαδάκης, Α. (2013). <http://youtu.be/pA9G4eYdcWU>
- Βαμβακούση, Ξ., Καργιωτάκης, Γ., Μπομποτινίου, Α., Σαΐτης, Α. (2006). Μαθηματικά Δ' Δημοτικού Τετράδιο Εργασιών β' τεύχος, Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων.
- Καλκάνης, Γ., Γκικοπούλου, Ο., Καπότης, Ε., Γουσόπουλος, Δ., Πατρινόπουλος, Μ., Τσάκωνας, Π., Δημητριάδης, Π., Παπασιμίπα, Λ., Μιτζήθρας, Κ., Καπόγιαννης, Α., Σωτηρόπουλος, Δ., Πολίτης, Σ., και τα μέλη των συγγραφικών

ομάδων των βιβλίων "Φυσικά - Ερευνώ και Ανακαλύπτω" της Ε' και Στ' τάξης του Δημοτικού Σχολείου. (2013).  
"Φυσική με Πειράματα", Α' Γυμνασίου, Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων.



Ο Ανδρέας Βαλαδάκης είναι Φυσικός και διδάκτωρ της Θεωρητικής Φυσικής Υψηλών Ενεργειών του Πανεπιστημίου Αθηνών. Υπηρετεί στη Δημόσια Εκπαίδευση ως καθηγητής του Πρότυπου Πειραματικού Γενικού Λυκείου της Βαρβακείου Σχολής.

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή

### **Πειράματα και θεωρία στη σχολική Φυσική**

**Νίκος Κανδεράκης**

#### **Είναι η γνώση της θεωρίας απαραίτητη για τα πειράματα;**

Με τη δημοσιοποίηση του βιβλίου Φυσικής της Α΄ Γυμνασίου έχει ξεκινήσει μια συζήτηση μεταξύ των εκπαιδευτικών για τις κατευθυντήριες γραμμές του βιβλίου και του προγράμματος, καθώς και για την εφαρμοσιμότητα του στην πράξη. Αν και η συζήτηση εστιάζεται στα πολλά (και υπαρκτά) προβλήματα του προγράμματος, αυτό που φαίνεται να ενοχλεί περισσότερο, αν και σπάνια δηλώνεται ρητά, είναι η, μέσα από τις δραστηριότητες, πειραματική κατεύθυνση του. Παρά τα προβλήματα του, το πρόγραμμα φαίνεται να συγκρούεται με ένα καλά συγκροτημένο θεωρητικό και ασκησιολογικό τρόπο διδασκαλίας που κυριαρχεί.

Στα πλαίσια της συζήτησης αυτής έγινε πρόσφατα, σε γνωστή εκπαιδευτική ιστοσελίδα, μια ενδιαφέρουσα συζήτηση για το ρόλο των πειραμάτων στη διδασκαλία της φυσικής. Εκεί εκφράσθηκε η άποψη ότι πρωταρχικό καθήκον του εκπαιδευτικού είναι η διδασκαλία της θεωρίας και των θεωρητικών εννοιών, ενώ

οι πειραματικές διαδικασίες (και γενικότερα η άμεση επαφή με τα φυσικά φαινόμενα) πρέπει να παίζουν δευτερεύοντα και βοηθητικό ρόλο (και επομένως μπορούν στην ανάγκη να παραληφθούν). Υπόρρητα (όπως τουλάχιστον δείχνουν οι διδακτικές πρακτικές της πλειοψηφίας των εκπαιδευτικών), η άποψη αυτή φαίνεται να είναι ευρύτατα διαδεδομένη ανάμεσα στους φυσικούς της μέσης εκπαίδευσης και ειδικότερα των Γενικών Λυκείων.

Ένα επιχείρημα, το οποίο προβλήθηκε υπέρ της προτεραιότητας της θεωρίας έναντι του πειράματος, είναι ότι χωρίς τη βοήθεια των θεωρητικών εννοιών είναι αδύνατον να περιγραφούν και τελικά να γίνουν κατανοητά τα αντίστοιχα φυσικά φαινόμενα. Ο ισχυρισμός αυτός δε στερείται θεωρητικού υποβάθρου. Είναι μια αντιστροφή της άποψης πολλών φιλοσόφων της επιστήμης ότι η παρατήρηση είναι εμποτισμένη με θεωρία (theory laden). Η παρατήρηση, υποστηρίζουν, ποτέ δεν είναι ουδέτερη και απαλλαγμένη από θεωρία, αλλά πάντοτε κουβαλά ένα εννοιολογικό και θεωρητικό φορτίο (Gillies, 1993).

Κατά συνέπεια, εγείρονται αμφιβολίες αν μπορεί να ελέγξει κανείς ή να αποδεχθεί μια θεωρία μόνο από παρατηρήσεις ή αποτελέσματα πειραμάτων. Ας ξαναγυρίσουμε όμως στον αρχικό ισχυρισμό. Ισχύει αυτός και για την πρακτική των ίδιων των επιστημόνων, δηλαδή για τις προσπάθειές τους να διαμορφώσουν εμπειρικά επαρκείς έννοιες και θεωρίες για κάποιο επιστημονικό κλάδο, όπως τουλάχιστον καταγράφονται στην ιστορία του κλάδου;

Στο κείμενο θα εξετασθεί η ισχύς του ισχυρισμού αυτού, αντλώντας στοιχεία από την ιστορία της φυσικής, και ειδικότερα από μια συγκεκριμένη περίπτωση (που δεν είναι η μοναδική): την ιστορία του ηλεκτρισμού κατά τον 18<sup>ο</sup> αιώνα. Επίσης θα καταγραφούν τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν στην εφαρμογή τους τα πειράματα των εργαστηριακών οδηγών (δηλαδή τα πειράματα επικύρωσης), και θα δειχθούν τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν τα ανακαλυπτικά ή διερευνητικά πειράματα στη διδασκαλία της φυσικής.

### **Τι μας λέει η ιστορία της Φυσικής;**

Η θεωρία και οι θεωρητικές έννοιες είναι απολύτως αναγκαίες για περιγραφούν τα φαινόμενα μιας περιοχής της Φυσικής με ενιαίο τρόπο, για να οργανωθούν σε ένα συνεκτικό κατανοητό σύνολο, και τελικά για να εξηγηθούν. Είναι όμως απαραίτητη η θεωρία και οι έννοιές της προκειμένου κατ' αρχάς να περιγραφούν και στη συνέχεια να συζητηθούν τα πειράματα και τα αποτελέσματά τους; Για να απαντήσουμε στο

ερώτημα, θα εξετάσουμε μια συγκεκριμένη περίπτωση από την ιστορία της Φυσικής: την μελέτη των ηλεκτρικών φαινομένων από τους φυσικούς φιλοσόφους του 18<sup>ου</sup> αιώνα.

Όταν μελετήσει κανείς έστω και στοιχειωδώς την ιστορία του ηλεκτρισμού τον 18<sup>ο</sup> αιώνα εντυπωσιάζεται από το χάος των συνεχώς συσσωρευόμενων πειραματικών γνώσεων γύρω από τα ηλεκτρικά φαινόμενα, και από την έλλειψη συνοχής και νοήματος που παρουσιάζουν, στο μεγαλύτερο μέρος του αιώνα. Οι φυσικοί φιλόσοφοι ανακαλύπτουν (ή δημιουργούν) συνεχώς νέες συσκευές και νέα φαινόμενα, για τα οποία (προκειμένου να μπορούν να τα περιγράψουν) δημιουργούν πρόχειρες, εκ των ενόντων, έννοιες («ηλεκτρικές ατμόσφαιρες», «ηλεκτρικές απορροές», «δύναμη των ακίδων» κ.α.), χρήσιμες μόνο για ορισμένες κατηγορίες φαινομένων και όχι γενικά αποδεκτές, χωρίς συνάφεια και χωρίς συνδέσεις μεταξύ τους, δηλαδή χωρίς να συγκροτούν θεωρία. Έτσι ο ηλεκτρισμός αποτελεί ένα χαλαρά συνδεδεμένο σύνολο γνώσεων και πρακτικών χωρίς καθολικές εξηγητικές αρχές και έννοιες. Η κατάσταση αρχίζει να αλλάζει προς το τέλος του αιώνα, όταν διαμορφώνεται και καθιερώνεται η θεωρία των δύο ηλεκτρικών φορτίων και των (νευτώνειων) ηλεκτρικών δυνάμεων που ασκούν μεταξύ τους. Η θεωρία είναι μια μετεξέλιξη της θεωρίας των δύο ηλεκτρικών ρευστών (Dufay, 1733), και στην τελική της μορφή διαμορφώνεται αρχικά από τον Aepinus και τελικά, σε ποσοτική-μαθηματική μορφή, από τον Coulomb (1785). Η θεωρία μπορεί τότε να εξηγήσει σχεδόν το

σύνολο των γνωστών ηλεκτρικών φαινομένων της εποχής (με κάποιες βοηθητικές υποθέσεις) και να μετασχηματίσει το χαοτικό κουβάρι των ηλεκτρικών φαινομένων και εννοιών σε ένα οργανωμένο κατανοητό σύνολο (Hankins, 1998; Heilbron, 1999; Fara, 2002).

Η περίπτωση αυτή μας δείχνει τρία πράγματα:

i. Η θεωρία δίνει συνοχή και νόημα σε ένα ετερόκλητο και ασύνδετο σύνολο φαινομένων και εννοιών.

ii. Η ανακάλυψη ή η δημιουργία των νέων φαινομένων (πολλά φαινόμενα, όπως π.χ. τα ηλεκτρομαγνητικά, δεν είχαν παρατηρηθεί σχεδόν ποτέ μέχρι την τεχνητή δημιουργία τους στο εργαστήριο), καθώς και η πειραματική μελέτη τους, μπορεί να πραγματοποιηθεί και χωρίς συγκροτημένη κοινά αποδεκτή θεωρία και καθολικές θεωρητικές έννοιες.

iii. Για να υπάρξει η θεωρία και οι θεωρητικές έννοιες πρέπει να προηγηθεί (ή να γίνει παράλληλα) η ανακάλυψη (ή η δημιουργία) και σε κάποιο βαθμό η μελέτη των σχετικών φαινομένων. Στη νεώτερη Φυσική οι θεωρητικές κατασκευές δεν δημιουργούνται ποτέ εν κενώ, απουσία εμπειρικών και πειραματικών δεδομένων και δραστηριοτήτων. Ακόμα και ο Καρτέσιος, ο πιο θεωρητικός και εικοτολογικός από τους νεώτερους φυσικούς φιλόσοφους, διαμορφώνει τις φυσικές θεωρίες του σε συνεργασία με τον αφανή (δε δημοσίευσε ποτέ τίποτα) φυσικό φιλόσοφο, μαθηματικό και πειραματικό Isaac Beeckman (Barbour, 2001).

Παρόμοια συμπεράσματα μπορεί κανείς να βγάλει και από την ιστορία άλλων περιοχών της Φυσικής όπως π.χ. από την ιστορία των θερμικών φαινομένων και εννοιών κατά τους 17<sup>ο</sup> και 18<sup>ο</sup> αιώνα (Chang, 2004). Επομένως, η παρατήρηση και η πειραματική μελέτη των φαινομένων, ακόμα και αν δεν υπάρχουν καθολικές έννοιες για να περιγραφούν αυτά με συνέπεια, είτε προηγείται των σχετικών θεωρητικών εννοιών είτε πορεύεται μαζί με τη δημιουργία τους.

### **Σύμβολα και θεωρίες χωρίς αγκύρωση στον υλικό κόσμο**

Αν αυτά ισχύουν για την ιστορία της Φυσικής, ισχύουν πολύ περισσότερο για τη διδασκαλία της. Η εισαγωγή των νέων εννοιών (και των νόμων που τις συνδέουν) πρέπει να γίνεται μετά από την παρουσίαση και την διερεύνηση των νέων φαινομένων στον πραγματικό κόσμο, δηλαδή στο εργαστήριο, ή παράλληλα με αυτά. Τα σχήματα στον πίνακα, το βιβλίο ή την οθόνη είναι απαραίτητα για να οργανώσει κανείς τα εξεταζόμενα φαινόμενα με ένα λιτό και εύληπτο τρόπο (ή, για να είμαστε πιο ακριβείς, για να κατασκευάσει το μοντέλο του τμήματος του φυσικού κόσμου που θα μελετήσει), δεν μπορούν όμως να υποκαταστήσουν τα ίδια τα φαινόμενα. Τα σχήματα, τα σύμβολα των μεγεθών και οι εξισώσεις πρέπει με κάποιο τρόπο να συνδεθούν με τον πραγματικό κόσμο τον οποίο αναπαριστούν. Αυτό μπορεί να γίνει με ανακαλυπτικά-διερευνητικά πειράματα (παραγνωρισμένα αλλά πολύ σημαντικά στην ιστορία της

Φυσικής) ή στην ανάγκη (αλλά και συμπληρωματικά) με προσομιώσεις και βίντεο.

Αν μείνουμε μόνο στις συμβολικές, μαθηματικές και σχηματικές αναπαραστάσεις (όπως συχνά γίνεται στα ελληνικά σχολεία, όπου ξεχειλίζει η θεωρία αλλά λείπει δραματικά η εμπειρία των φαινομένων), οι μαθητές, στη συντριπτική τους πλειοψηφία, δεν θα κάνουν τη σύνδεση με τον κόσμο, και όλα αυτά δεν θα είναι γι' αυτούς παρά ένα σύνολο κρυπτικών συμβόλων χωρίς νόημα. Έτσι η Φυσική, από όργανο μελέτης του φυσικού κόσμου, γίνεται (για το μαθητή) ένα είδος απόκρυφης καβαλιστικής θεολογίας – ακατανόητης και επομένως μισητής. Αυτά δεν είναι ρητορικές υπερβολές. Μπορεί κανείς να ελέγξει την ισχύ του ισχυρισμού αυτού αν δώσει σε μαθητές να κατασκευάσουν ένα πραγματικό κύκλωμα (με μπαταρίες, καλώδια, διακόπτες και λαμπάκια) από τη σχηματική αναπαράστασή του. Ελάχιστοι μαθητές τα καταφέρνουν.

### **Πειράματα επικύρωσης ή διερευνητικά πειράματα;**

Αυτή, όμως, είναι μόνο η μια πλευρά του ζητήματος «πειράματα Φυσικής». Η άλλη πλευρά βρίσκεται στο είδος των πειραμάτων που γίνονται ή, για να είμαστε πιο ακριβείς, προτείνονται από τους εργαστηριακούς οδηγούς. Κατ' αρχάς, τα πειράματα αυτά αντιμετωπίζουν σοβαρά διαδικαστικά προβλήματα: το καθένα χρειάζεται τουλάχιστον δύο με τρεις διδακτικές ώρες για να πραγματοποιηθεί και για να συζητηθεί (δεν έχει νόημα να διεξάγεται πείραμα και να μη γίνεται

συζήτηση για τις διαδικασίες και τα αποτελέσματά του - οι μαθητές δεν είναι σε θέση να εντάξουν από μόνοι τους την παραγόμενη από την πειραματική διαδικασία γνώση μέσα σε ένα ευρύτερο θεωρητικό πλαίσιο και επομένως να τη σταθεροποιήσουν). Το κυριότερο πρόβλημα, όμως, των πειραμάτων αυτών είναι άλλο. Στη συντριπτική τους πλειοψηφία είναι σκληρά θετικιστικά πειράματα επικύρωσης (ουσιαστικά επιβεβαίωσης) γνωστών φυσικών αρχών και νόμων. Το βασικό μοτίβο είναι σταθερό με ελάχιστες παραλλαγές: τα σχετικά φυσικά μεγέθη και οι προς έλεγχο νόμοι ή αρχές θεωρούνται γνωστά και κατανοητά, η πειραματική διάταξη και η διαδικασία περιγράφονται λεπτομερώς στις οδηγίες, και οι μαθητές, μέσα από μια διαδικασία μετρήσεων, γραφικών παραστάσεων και εξαγωγής συμπερασμάτων, καλούνται να επικυρώσουν ήδη γνωστούς νόμους και αρχές. Τα πειράματα αυτά σπανίως χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο υποθέσεων ή θεωριών, την κύρια λειτουργία τους στην επιστημονική πρακτική. Επιπλέον, έχουν αρκετή λάντζα (κυρίως σε τυπικές ρουτινιάρικες διαδικασίες) που δεν απαιτεί δημιουργική σκέψη, δεν πυροδοτούν έκπληξη και ενδιαφέροντα ερωτήματα, δεν ελκύουν τους μαθητές, και αυτοί τα βαριούνται μέχρι θανάτου. Ένα βασικό επομένως πλεονέκτημα του εργαστηρίου στη διδασκαλία της Φυσικής, η πυροδότηση του ενδιαφέροντος για τη Φυσική, εδώ ακυρώνεται. Τέτοιου τύπου πειραματικές δραστηριότητες, οι οποίες κατά το μάλλον ή ήττον επαναλαμβάνονται και στο



νέο πρόγραμμα Φυσικής της Α΄ Γυμνασίου, φαίνεται να εξυπηρετούν περισσότερο τις ανησυχίες και τα ενδιαφέροντα των φυσικών-εκπαιδευτικών παρά εκείνα των μαθητών.

Μια σημαντική κατηγορία πειραμάτων, την οποία οι εργαστηριακοί οδηγοί περιφρονούν, είναι τα διερευνητικά (exploratory) ή στην πιο απλοποιημένη τους εκδοχή τα ανακαλυπτικά πειράματα, με τα οποία «ανακαλύπτονται» και διερευνώνται νέα φαινόμενα (Steinle, 2002). Κλασικές περιπτώσεις είναι τα πειράματα με τα οποία ο Faraday ανακάλυψε (ή από μια άποψη δημιούργησε) και μελέτησε τα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα. Τα διερευνητικά πειράματα τα υποτιμούν οι θετικιστές φιλόσοφοι της επιστήμης, αφού εκτιμούν ότι αυτά περιλαμβάνονται στο «πλαίσιο ανακάλυψης» (context of discovery) των θεωριών, με το οποίο μπορούν να ασχολούνται οι ψυχολόγοι και οι κοινωνιολόγοι της επιστήμης, αλλά όχι και οι φιλόσοφοι της επιστήμης. Αυτοί μπορούν να μελετούν μόνο το «πλαίσιο επικύρωσης» (context of justification), δηλαδή τη δικαιολόγηση και τη λογική δομή των θεωριών (Godfrey-Smith, 2003).

Παρόλα αυτά, τα διερευνητικά πειράματα λειτουργούν εξαιρετικά καλά μέσα στη σχολική τάξη και το σχολικό εργαστήριο, ενεργοποιώντας τους μαθητές. Είναι απλά και άμεσα, προϋποθέτουν λιγότερες μετρήσεις (όποτε αυτές απαιτούνται), δεν είναι αλγοριθμικά και ρουτινιάρικα, και συχνά πυροδοτούν την έκπληξη που τα κάνει ενδιαφέροντα. Επιπλέον, εξελίσσονται συνήθως σε πολύ λίγο χρόνο, και μπορούν να

ενταχθούν οργανικά σε διδασκαλίες που εστιάζονται στην εισαγωγή και την επεξεργασία νέων εννοιών. Αυτό δε σημαίνει ότι πρέπει να δουλεύονται μόνο διερευνητικά πειράματα στο σχολείο. Τα πειράματα επικύρωσης, σε πολύ μικρότερες όμως δόσεις, είναι χρήσιμα για την εξοικείωση των μαθητών με σημαντικές επιστημονικές πρακτικές όπως ο έλεγχος των υποθέσεων, η μέτρηση παραμέτρων και σταθερών κλπ., που η δημιουργική εφαρμογή τους θα δικαιωθεί στις διερευνητικές δραστηριότητες. Από την άλλη μεριά, οι διερευνητικές δραστηριότητες δεν είναι απαραίτητο να γίνονται σε ξεχωριστές εργαστηριακές ώρες. Μπορούν κάλλιστα (ή μάλλον είναι προτιμότερο) να εντάσσονται μέσα σε συνήθεις (πειραματικές) διδασκαλίες, οι οποίες θα συνδυάζουν τα εμπειρικά πειραματικά στοιχεία (τη γνωριμία με τα φαινόμενα) με την οικοδόμηση και την επεξεργασία των νέων θεωρητικών εννοιών. Αυτές όμως οι εργαστηριακές πρακτικές δεν φαίνεται να αγγίζουν το νέο εγχείρημα “*Η Φυσική με Πειράματα, Α΄ Γυμνασίου*”, όπου παρά την επίκληση σε διερευνητικές επιλογές, τα προτεινόμενα εργαστηριακά φύλλα εργασίας φαίνεται να ακολουθούν σε γενικές γραμμές το μοντέλο του αλγοριθμικού-ρουτινιάρικου σκληρού θετικιστικού πειράματος.

### **Συμπεράσματα**

Όπως φάνηκε από τη συνοπτική επισκόπηση μιας συγκεκριμένης περίπτωσης από την ιστορία της Φυσικής (της ιστορίας του ηλεκτρισμού), αλλά που ισχύει και σε άλλες

περιπτώσεις (π.χ. στην ιστορία των θερμικών εννοιών), η πειραματική «ανακάλυψη» και η διερεύνηση συγκεκριμένων φαινομένων μπορεί να πραγματοποιηθεί και χωρίς να υπάρχουν αντίστοιχες έννοιες και συγκροτημένες θεωρίες γι' αυτά. Επίσης φάνηκε ότι η δημιουργία και η διαμόρφωση των εννοιών και των θεωριών της Φυσικής στηρίζεται σε προγενέστερη έρευνα πάνω στα αντίστοιχα φαινόμενα ή, σε κάποιες περιπτώσεις, είναι παράλληλη με τη μελέτη των φαινομένων. Η διδασκαλία, επομένως, συγκεκριμένων τμημάτων της Φυσικής μπορεί (ή μάλλον είναι προτιμότερο) να ξεκινήσει από τη γνωριμία των μαθητών με τα αντίστοιχα φαινόμενα, μέσω ανακαλυπτικών-διερευνητικών πειραμάτων, και μετά (ή παράλληλα) να οικοδομηθούν οι έννοιες και η θεωρία. Πέρα από τους ψυχολογικούς λόγους για την προτεραιότητα των φαινομένων και των πειραμάτων έναντι της θεωρίας («ουδέν εν τη νοήσει, ό μη πρότερον εν τη αισθήσει» - απόδοση σε παλιά ελληνικά του αποφθέγματος «*nihil in intellectu est, quod prius non fuerit in sensu*» του Gassendi), υπάρχουν και γνωσιο-θεωρητικοί (ή επιστημολογικοί) λόγοι γι' αυτό. Ένα βασικό στοιχείο της φύσης των φυσικών επιστημών είναι η θεμελίωση των ισχυρισμών τους πάνω

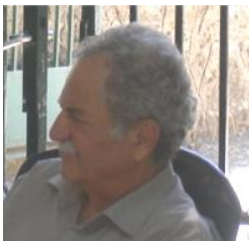
σε δεδομένα, τα οποία κατά βάση είναι εμπειρικά και προκύπτουν κυρίως από την πειραματική διερεύνηση των φαινομένων.

Ένα άλλο πρόβλημα που εξετάστηκε είναι οι δυσκολίες που έχουν τα κατά κανόνα πειράματα επικύρωσης (επιβεβαίωσης) των εργαστηριακών οδηγιών να προκαλέσουν το ενδιαφέρον και να κινητοποιήσουν τους μαθητές. Τα πειράματα αυτά προβλέπουν συστηματικές αλλά βαρετές για τους μαθητές διαδικασίες ρουτίνας, απαραίτητες και ενδιαφέρουσες για τους φυσικούς, αλλά απολύτως αποστασιοποιημένες από τα ενδιαφέροντα και τις ανησυχίες των μαθητών. Αυτοί σπάνια οικειοποιούνται τους στόχους τους, και ακόμα πιο σπάνια συμμετέχουν στις διαδικασίες με τη καρδιά τους. Αντιθέτως, τα ανακαλυπτικά ή διερευνητικά πειράματα (με τα οποία «ανακαλύπτονται» και εξετάζονται νέα φαινόμενα), πέρα από το ότι εξοικειώνουν τους μαθητές με τα νέα φαινόμενα από πρώτο χέρι (πράγμα που λείπει από τις θεωρητικές διδασκαλίες), είναι άμεσα και σύντομα, περιέχουν εκπλήξεις και πυροδοτούν ερωτήματα, και επομένως προκαλούν ενδιαφέρον και συμμετοχή.

## Βιβλιογραφία

- Barbour, J. (2001). *The Discovery of Dynamics*. Oxford, Oxford University Press.
- Chang, H. (2004). *Inventing Temperature: Measurement and Scientific Progress*. Oxford, Oxford University Press.
- Coulomb C. (1785, publ. 1788). *Second Mémoire sur l' Électricité et de Magnétisme: Oú l' on Determine, suivant quelles Loix le Fluide Magnétique, ainsi que le Fluide Électrique, Agissent, soit par Répulsion, soit par Attraction*. *Histoire de l' Académie Royale des Sciences*, année 1785, 578-611.
- Dufay C. (1733, publ. 1735). *Quatrième Mémoire sur l' Électricité: De l' Attraction & Répulsion des Corps Électriques*. *Histoire de l' Académie Royale des Sciences*, année 1735, 457-476.

- Gillies, D. (1993). *Philosophy of Science in the Twentieth Century*. Oxford, Blackwell.
- Godfrey-Smith, P. (2003). *Theory and Reality: An Introduction to the Philosophy of Science*. Chicago, The University of Chicago Press.
- Fara, P. (2002). *An Entertainment for Angels: Electricity in the Enlightenment*. Cambridge, Icon Books.
- Hankins, T. (1998). *Επιστήμη και Διαφωτισμός*. Μεταφρ. Γ. Γκουνταρούλης, Ηράκλειο, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Heilbron, J. L. (1999). *Electricity in the 17<sup>th</sup> and 18<sup>th</sup> Centuries: A Study in Early Modern Physics*. Mineola N.Y., Dover.
- Steinle, F. (2002). *Experiments in History and Philosophy of Science*. *Perspectives on Science*, 10:4, 408-432.



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

## **Ένα κιλό σίδηρο κι ένα κιλό βαμβάκι. Οι έννοιες μάζα και όγκος και η Φυσική στην Α' Γυμνασίου**

**Ανδρέας Ιωάννου Κασσέτας**

### **Η έννοια μάζα και ο Isaac Newton**

Στην πρώτη έκδοση των Principia, ο Newton παρουσιάζει την έννοια μάζα με τρόπο που φέρνει σε σχετική αμηχανία, τουλάχιστον τους αμύητους. Την παρουσιάζει μέσα από τρεις εννοιολογικές πτυχές, οι οποίες, στα πλαίσια της κλασικής Φυσικής θα διατηρηθούν αναλλοίωτες.

Στον ορισμό I των Principia η μάζα ορίζεται ως «ποσότητα της ύλης»<sup>1</sup>. Στον δεύτερο νόμο της κίνησης εμφανίζεται ως μέτρο της αδράνειας. Στον νόμο της παγκόσμιας έλξης θεωρείται υπεύθυνη για την αμοιβαία βαρυτική έλξη. Πώς γεφυρώνονται οι τρεις αυτές εκδοχές;

*α. Από τη μάζα/ποσότητα ύλης στη μάζα/μέτρο της αδράνειας.*

Ο Newton θα ορίσει τη μάζα ως ποσότητα ύλης, αλλά θα μεριμνήσει και για την απάντηση τόσο στο ερώτημα «τι θεωρεί ως ύλη» αλλά και στο ερώτημα «ποιο στοιχείο της

υλικότητας θα χρησιμοποιεί για να ποσοτικοποιεί την ύλη». Υλικό σώμα θα θεωρεί κάθε αντικείμενο το οποίο έχει όγκο και αδράνεια. Από τα δύο αυτά «κριτήρια» υλικότητας εκείνο το οποίο επιλέγει για να προσδιορίζει την ποσότητα ύλης ενός σώματος είναι η αδράνειά του. Και η αδράνεια κάθε σώματος ποσοτικοποιείται με τον Δεύτερο νόμο της κίνησης.

*β. Η μάζα/αδράνεια ανάλογη με το βάρος*

Ακολουθεί το εγχείρημα να δείξει ότι η μάζα/αδράνεια οποιουδήποτε σώματος είναι ανάλογη προς το βάρος του σώματος αυτού. Αυτά που θα μπορούσαν να ενισχύουν την ιδέα για «αναλογία» είναι φαινόμενα στα οποία θα συνυπάρχουν η αδρανειακή διάσταση και η βαρυτική. Και ο Νεύτων, προκειμένου να πειστεί αλλά και να πείσει για την αναλογία εστιάζει σε δύο φαινόμενα. Στην αιώρηση του εκκρεμούς και στην ελεύθερη πτώση<sup>2</sup>.

Πειραματίστηκε επανειλημμένα με εκκρεμή μετρώνοντας αιωρήσεις μικρού πλάτους και διαπιστώνοντας το ισόχρονο. Και δεδομένου ότι η θεωρητική σκέψη οδηγούσε στο ότι η περίοδος του εκκρεμούς εξαρτάται από το πηλίκο μάζα/βάρος (σχηματοποιώντας το ζήτημα οδηγούσε στη σχέση  $περίοδος = 2\pi \sqrt{\frac{(μήκος) \times (μάζα)}{(βάρος)}}$ ) ενώ η πειραματική εμπειρία έδειχνε την τιμή της περιόδου ανεξάρτητη από τη μάζα και το βάρος του σφαιριδίου, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το  $(μάζα)/(βάρος)$  είναι σταθερό για όλα τα σφαιρίδια: ότι η μάζα είναι ανάλογη με το βάρος.

Όσο για την ελεύθερη πτώση στον σωλήνα κενού η εμφανής εκδήλωση του ταυτόχρονου της πτώσης, οδηγεί τη σκέψη στο ότι από το ταυτόχρονο της πτώσης του νομίσματος και του φτερού μπορεί κανείς να συμπεράνει ότι εάν το βάρος του νομίσματος είναι 100 φορές, λόγου χάρη, μεγαλύτερο από το βάρος του φτερού και η «δυσφορία» της στις αλλαγές της κίνησης, η μάζα του, είναι 100 φορές – όχι 99, αλλά 100 – μεγαλύτερη από τη δυσφορία-μάζα του φτερού.

Με τον τρόπο αυτό νομιμοποίησε, για τους αιώνες που ακολούθησαν, τη μέτρηση της μάζας με ζυγό, παρακάμπτοντας τις τεχνικές δυσκολίες της μέτρησης της αδρανειακής μάζας. Οι φυσικοί και οι χημικοί, διέθεταν ένα ιδιαίτερα «βολικό» όργανο για να μετρούν τόσο την αδράνεια όσο και την ποσότητα ύλης. Στις δεκαετίες που ακολούθησαν ο ζυγός απετέλεσε το βασικό εργαλείο για την οικοδόμηση της Χημείας.

Συμπερασματικά: στην κλασική Φυσική η μάζα εμπεριέχει και τις τρεις εννοιολογικές της πτυχές α. Η μάζα ως μέτρο της αδράνειας β. Η μάζα ανάλογη προς το βάρος γ. Η μάζα ως ποσότητα ύλης.

Η Χημεία ενδιαφέρεται ουσιαστικά μόνο για τις δύο από τις τρεις αυτές εκδοχές και στις δικές της αναζητήσεις η μάζα συνιστά ποσότητα της ύλης, η οποία είναι ανάλογη με το βάρος ώστε να μπορούμε να τη μετρήσουμε με το ζυγό. Στην οικοδόμηση της Χημείας βασίστηκε στις δύο αυτές πτυχές και δεν «χρειάστηκε» την πτυχή αδράνεια αν και στον 20ο αιώνα η μάζα ενός σωματιδίου, όπως το πρωτόνιο, δεν μετρήθηκε βέβαια με ζυγό αλλά μέσα από καταγραφές τις αδράνειας του σωματιδίου.

### **Οικοδόμηση της έννοιας μάζα μέσα από τη διδασκαλία της<sup>3</sup> στη Φυσική**

Ο δρόμος της εμπειρίας. Ως αφετηρία επιλέγουμε ένα πείραμα που να φωτίζει και τις τρεις πτυχές της έννοιας. α. Η μάζα ως μέτρο της δυσκολίας στη μετακίνηση<sup>4</sup> β. η μάζα ανάλογη προς το βάρος γ. η μάζα ως ποσότητα ύλης.

Το καταλληλότερο, κατά την εκτίμησή μου, πείραμα είναι αυτό με τα δύο όμοια τενεκεδένια κουτιά κρεμασμένα από δύο διαφορετικά αλλά ισομήκη νήματα, με το διδάσκοντα να δηλώνει ότι το ένα είναι άδειο, το άλλο γεμάτο με άμμο και να καλεί κάθε μαθητή και κάθε μαθήτριά να επινοήσει έναν τρόπο ώστε να βρει ποιο είναι το γεμάτο χωρίς να κοιτάξει «μέσα», ενθαρρύνοντας την ιδέα να σπρώξει οριζόντια και τα δύο κουτιά<sup>5</sup> ώστε να

διαπιστωθεί ποιο αντιστέκεται περισσότερο. Αφού διαπιστωθεί ποιο ήταν το γεμάτο με άμμο κουτί, καλείται κάθε διδασκόμενος να εκτιμήσει «ποιο από τα δύο είναι βαρύτερο» μέσα από αισθητηριακή εμπειρία, πιάνοντας κάθε κουτί από κάτω ώστε να στηρίζεται στο χέρι του, χωρίς το νήμα να είναι τεντωμένο, και δοκιμάζοντας να το σηκώσει. Επιβεβαιώνεται εμπειρικά ότι το γεμάτο με άμμο κουτί είναι εκείνο που αντιστέκεται περισσότερο σε ένα σπρώξιμο αλλά και ταυτόχρονα εκείνο που είναι βαρύτερο.

Από κει και πέρα το τρίπτυχο α. ποσότητα ύλης β. μέτρο της αδράνειας και γ. ανάλογη προς το βάρος, οφείλει να συνοδεύει την έννοια μάζα στη διδασκαλία της στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Ως ποσότητα ύλης θα αξιοποιηθεί από τη Χημεία, ως μέτρο της αδράνειας θα συμβάλλει στη διατύπωση του δεύτερου νόμου της κίνησης και στην οικοδόμηση εννοιών όπως η ορμή και η κινητική ενέργεια και η αναλογία της με το βάρος θα αξιοποιηθεί για τη πιο «βολική» μέτρησή της σε συνθήκες βαρύτητας. Στη συνέχεια, στη βαθμίδα Λύκειο, θα εμφανιστεί η αδυναμία και της έννοιας μάζα αδράνειας στο να περιγράψει και να ερμηνεύσει το φαινόμενο στροφική κίνηση με συνέπεια την εμφάνιση της έννοιας ροπή αδράνειας. Στη βαθμίδα ωστόσο Γυμνάσιο η προσέγγιση του στόχου «κατανόηση της έννοιας μάζα» έχει ανάγκη την αναφορά στην έννοια όγκο. Ανακεφαλαιώνοντας:

α. Η διδασκαλία της έννοιας μάζα οφείλει να εστιάζει στο εμπειρικό τρίπτυχο «δυσκολότερο

να μετακινηθεί – βαρύτερο – περιέχει περισσότερο υλικό», και

β. ο δρόμος προς την κατανόηση οφείλει να περνά και από τη σχέση μάζας και όγκου μέσα από τις εμπειρίες για «ογκώδες» και για «αντιστεκόμενο στη μετακίνησή του».

### **Η μάζα και ο όγκος. Ένα κιλό σίδηρο κι ένα κιλό βαμβάκι**

Διδασκαλία της έννοιας μάζα χωρίς αναφορά στον όγκο<sup>6</sup> είναι, κατά κανόνα, προβληματική. Παρόλα αυτά μια τέτοιου διδασκαλία επιχειρείται στο “Φυσική με πειράματα για την Α΄ Γυμνασίου”.

Η υλικότητα του όγκου. Η έννοια όγκος ως πανάρχαια έννοια της Γεωμετρίας αναφέρεται σε γεωμετρικό στερεό, δεν είναι ο όγκος κάποιου υλικού σώματος, αλλά ο όγκος ενός «γεωμετρικού στερεού». Πολύ πριν από την εμφάνιση της Φυσικής, η Τεχνολογία είχε χρησιμοποιήσει την έννοια «όγκος ενός σώματος» προτείνοντας και μονάδες μέτρησης. Η Φυσική θα υιοθετήσει τον όγκο της Γεωμετρίας προκειμένου να μετρά «ποσότητες χώρου» αλλά θα εισάγει και την έννοια «όγκος υλικού σώματος». Για τη νευτωνική Φυσική ο «όγκος υλικού σώματος» συνιστά πρωταρχική ιδιότητα κάθε υλικού σώματος, συνιστά ένα από τα δύο βασικά στοιχεία υλικότητας.

Η έννοια «όγκος υλικού σώματος» είναι μία από τις «αδικημένες» στα Προγράμματα Σπουδών, θεωρούμενη, συνήθως, ως κάτι «σχεδόν γνωστό» ή ως γνωστικό αντικείμενο που ανήκει στη Γεωμετρία με συνέπεια ουσιαστικά να μην φωτίζεται η διαφορά της με την έννοια μάζα. Η κρίσιμη, λόγου χάρη, διατήρηση

της τιμής της μάζας, όταν το σώμα γίνεται πιο ζεστό και η αντίστοιχη αλλαγή του όγκου δεν παρουσιάζονται ποτέ.

### **Η διδασκαλία της έννοιας μάζα και ο «αντίπαλος γλώσσα»**

Ο όγκος, η μάζα, το βάρος. Τρεις έννοιες, τέκνα της ανθρώπινης αφαιρετικής σκέψης, καθεμιά με το δικό της σημαινόμενο. Κατά τη διδασκαλία μας, μεταξύ των τριών, η μάζα εμφανίζεται ως η περισσότερο «αντιστεκόμενη». Το δικό της σημαινόμενο δεν είναι εύκολο να διδαχθεί αλλά και η εννοιολογική σύγχυση, με τις άλλες δύο, δύσκολα αντιμετωπίζεται. Και ένας σοβαρός αντίπαλος είναι, εκτός των άλλων, η γλώσσα της καθημερινής ζωής.

Ενώ δηλαδή η γλώσσα των μαθητών μας είναι κατά πρώτο λόγο, σύμμαχος της διδασκαλίας μας και μέσα από αυτή ελπίζουμε να επικοινωνήσουμε, ενίοτε λειτουργεί και ως «αθόρυβος» αντίπαλος της διδασκαλίας.

Η Φυσική είναι ένα ον που μιλά δύο ανταγωνιζόμενες «διαλέκτους», την κοινή – αυτήν της καθημερινής ζωής– και την επιστημονική (Κασσέτας, 2000). Στο εσωτερικό της, η εμπειρέχουσα το οικείο γλώσσα της καθημερινής μας ζωής συστεγάζεται με μια παράξενη γλώσσα με έννοιες με ειδικά σημαινόμενα.

Η μέσα από τη διδασκαλία οικοδόμηση των εννοιών μάζα, βάρος και «όγκος υλικού σώματος» έχει ως μοναδική αφετηρία τις προϋπάρχουσες εμπειρίες, μνήμες και προσωπικές ιδέες κάθε μαθητή, πολλές από τις οποίες αναπνέουν μόνο με το οξυγόνο «γλώσσα».

Στο πλαίσιο αυτό, στην αφετηρία της οικοδόμησης της έννοιας «όγκος υλικού σώματος», μπορούμε επικαλούμενοι και την αισθητηριακή «οπτική» εμπειρία, να αξιοποιήσουμε τη γλώσσα της καθημερινότητας λέγοντας ότι «το σώμα Α είναι ογκωδέστερο από το Β, είτε πιο μεγάλο σε μέγεθος από αυτό» και να διδάξουμε ότι στη γλώσσα της Φυσικής λέμε «το Α έχει μεγαλύτερο όγκο». Στο συνειδέναι του μαθητή καταγράφεται ότι «μεγαλύτερο όγκο έχει αυτό που είναι πιο ογκώδες από τα δύο, το μεγάλο σε μέγεθος».

Μπορούμε, επίσης, οικοδομώντας την έννοια βάρος να επικαλεστούμε είτε την άμεση αισθητηριακή εμπειρία, είτε προσωπικές μνήμες βαρύτητας, αυτό που έχει καταγραφεί στον διδασκόμενο, κρατώντας στο χέρι το κινητό ή το τηλεκοντρόλ, κρατώντας με τα δύο χέρια το βαρύ καρπούζι, ή παίρνοντας αγκαλιά το μικρό νεογέννητο αδελφάκι. Αξιοποιώντας τη γλώσσα της καθημερινότητας να πούμε ότι το σώμα Γ είναι βαρύτερο από το Δ, και να διδάξουμε ότι στη γλώσσα της Φυσικής λέμε «το Γ έχει μεγαλύτερο βάρος από το Δ». Η γλώσσα λειτουργεί ως σύμμαχος της διδασκαλίας και στο συνειδέναι του μαθητή κατάγεται ότι μεγαλύτερο βάρος έχει αυτό που το νιώθει βαρύτερο.

Στην περίπτωση όμως της οικοδόμησης της έννοιας μάζα, η ελληνική μας γλώσσα δεν είναι σύμμαχος. Δεν υπάρχουν λέξεις. Για να περιγράψουμε το τι σημαίνει «το σώμα  $\Sigma_1$  έχει μεγαλύτερη μάζα από το  $\Sigma_2$ » δεν έχουμε λέξη αντίστοιχη με την «ογκώδες» και με την «βαρύ». Ελληνική λέξη όπως το αγγλικό massive, το γαλλικό massif, το γερμανικό massiven,



το αλβανικό *masiv*, το ρώσικο *массивный*, το τουρκικό *massif*, το σέρβικο *масиван*, το ισπανικό *masivo*, το ιταλικό *massiccia*, δεν υπάρχει στην ελληνική.

Το να προσφύγουμε στη λέξη «συμπαγές» δεν είναι εύστοχη επιλογή. Ένα κομμάτι σίδηρο μισού κιλού, είναι πιο συμπαγές από ένα κιλό βαμβάκι αλλά έχει μικρότερη μάζα. Επιλέγουμε τον δρόμο της εμπειρίας.

### **Αναφορικά με το “Φυσική με πειράματα για την Α΄ Γυμνασίου”**

Σε ένα εκπαιδευτικό σύστημα όπως το δικό μας, έχει εδραιωθεί μια παράδοση «η Φυσική να διδάσκεται σχεδόν χωρίς εργαστηριακή διδασκαλία» με συνέπεια η διδασκαλία να απαντά από ελάχιστα έως καθόλου στο τι είναι Φυσική. Μια από τις συνέπειες της αρνητικής αυτής παράδοσης είναι και η διάδοση απόψεων του τύπου «εάν τα παιδιά μας

κάνουν πειράματα ή, ακόμα χειρότερα, εάν κάνουν μετρήσεις, πράττουν χωρίς λογικομαθηματικές δομές ακόμα και χωρίς να σκέφτονται, η διδασκαλία της Φυσικής θα απογειωθεί ή τουλάχιστον θα μετακινηθεί από το σημερινό της τέλμα». Η άποψη δεν στηρίζεται πουθενά. Εξάλλου η Φυσική ήταν και είναι ένα «εκκρεμές» αιωρούμενο συμμετρικά από τον Αριστοτέλη προς τον Πλάτωνα και με επιστροφή. Αυτό είναι και το μεγάλο της πλεονέκτημα σε σχέση με άλλες μορφές ανθρώπινης γνώσης. Χωρίς εμπειρία δεν υπάρχει Φυσική αλλά και χωρίς λογικομαθηματικές δομές πάλι δεν υπάρχει.

Η διδασκαλία της Φυσικής στη Δευτεροβάθμια πρέπει, από τη μια τάξη στην επόμενη, να μοιάζει όλο και περισσότερο με «αυτό που είναι η Φυσική». Και η Φυσική είναι μία αδιάκοπη αφομοίωση του πειραματικού δεδομένου σε λογικομαθηματικές δομές.

### **Παραπομπές**

1. Newton Isaac, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, Definitio I:

α. *Quantitas materias est mensura ejusdem orta ex illius Densitate et Magnitudine conjunctim*: Η ποσότητα της ύλης είναι μέτρο της ύλης το οποίο απορρέει από τη σύζευξη πυκνότητας και όγκου.

β. *Hanc autem Quantitatem sub nomine Corporis vel Massae in sequentibus passim inteligo*: Αυτή την ποσότητα θα την αποκαλώ από δω και πέρα με το όνομα *corpus* ή μάζα.

γ. *Densitas est ratio massae corporis ad illius volume*: Πυκνότητα είναι ο λόγος της μάζας προς τον όγκο.

2. «Τα βάρη των σωμάτων που βρίσκονται σε ίσες αποστάσεις από το κέντρο της Γης είναι όπως και οι ποσότητες της ύλης των σωμάτων. Αυτό προκύπτει από τις ίσες επιταχύνσεις όλων των σωμάτων όταν πέφτουν από την κατάσταση ηρεμίας, λόγω του βάρους τους. Έτσι, οι δυνάμεις από τις οποίες ανόμοια σώματα επιταχύνονται εξίσου πρέπει να είναι ανάλογες προς τις ποσότητες ύλης που θα μετακινηθούν. Τώρα, το ότι όλα τα σώματα που πέφτουν επιταχύνονται εξίσου, προκύπτει από το γεγονός ότι όταν η αντίσταση του αέρα παραληφθεί, όπως συμβαίνει σε ένα σωλήνα κενού του κ. Boyle, διανύουν ίσα διαστήματα σε ίσους χρόνους. Ωστόσο, αυτό αποδεικνύεται με ακόμη μεγαλύτερη ακρίβεια με εκκρεμή.» [Πρόλογος του Roger Cotes στη δεύτερη έκδοση του *Principia*. Cambridge, May 12, 1713]

3. Στο Πρόγραμμα “Φυσική με πειράματα για την Α΄ Γυμνασίου”, η οικοδόμηση της έννοιας μάζα ουσιαστικά απουσιάζει. Χωρίς καμία αναφορά σε κάποιο, τέλος πάντων, καρότσι που μετακινείται πιο εύκολα αν είναι άδειο σε σχέση με το «να είναι μέσα και το μωρό», σε κάποια μπίλια που μετακινείται πιο εύκολα από μian άλλη παρόμοια και συγχρόνως είναι και βαρύτερη, χωρίς καμία αναφορά σε τενεκεδάκια άδεια και γεμάτα με περισσότερο υλικό, που θα οδηγούσε στο τρίπτυχο «μεγαλύτερη δυσφορία στη μετακίνηση, βαρύτερο, περισσότερο υλικό», η προσέγγιση του στόχου «κατανόηση της έννοιας μάζα» είναι, κατά τη γνώμη μου δύσκολη έως αδύνατη.

4. Στην πρώτη αυτή γνωριμία με την έννοια μάζα θεωρούμε το αντικείμενο αρχικά ακίνητο και εστιάζουμε στη μετακίνησή του θεωρώντας τη μάζα ως μέτρο της δυσκολίας στη μετακίνηση. Σε μεγαλύτερη τάξη της βαθμίδας Γυμνάσιο η έννοια εμπλουτίζεται με το «μεταβολή της κινητικής κατάστασης», η διδασκαλία δηλαδή εστιάζει στη γενικότερη εκδοχή της αδράνειας αναφερόμενη και σε αρχικά κινούμενο αντικείμενο το οποίο αντιστέκεται στο να κινηθεί πιο αργά ή πιο γρήγορα και η μάζα θεωρείται «μέτρο της αδράνειας». Εισάγεται επίσης η «διατήρηση της μάζας». Στη βαθμίδα Λύκειο η μάζα θεωρείται μέτρο της αντίστασης του υλικού σημείου ή του μεταφορικά κινούμενου σώματος ακόμα και για την περίπτωση που η ταχύτητά του, χωρίς να αυξομειώνεται, «αλλάζει κατεύθυνση» και παράλληλα η έννοια αξιοποιείται για την οικοδόμηση άλλων εννοιών όπως η ορμή.

5. Μέσα από τη διδασκαλία μας χρειάζεται να αποδίδεται ο μέχρι σήμερα περίπου ανύπαρκτος «σεβασμός στα αντικείμενα». Η μπίλια, ο σπάγκος, το υποδεκάμετρο, η μετροταινία, το εκκρεμές, το ελατήριο, το χρονόμετρο, ο ζυγός, το θερμόμετρο, το βαρόμετρο, η τροχαλία, το πρίσμα, να γίνουν αντικείμενα τα οποία οι διδασκόμενοι από μας «άνθρωποι του μέλλοντος» να φτάσουν σε σημείο να «αγαπήσουν». Και για να συμβεί αυτό χρειάζεται να τα πιάσουν, να τα τεντώσουν, να τα σπρώξουν, να μετρήσουν με αυτά να τα δουν με «άλλο» μάτι με εκείνο του «αυτό το υπέροχο υποδεκάμετρο» και το όλο εγχείρημα να συνδυαστεί με την απόλαυση του «πράττω». Παράλληλα καθένας από τους διδάσκοντες, χρειάζεται να αναζητήσει μια θέση ισορροπίας ανάμεσα στην εργαστηριακή εμπειρία -την παραδοσιακή- και στις Νέες Τεχνολογίες. Ανεξάρτητα του πόσο διαφωνούμε μεταξύ μας για τον ρόλο τους, οι Νέες Τεχνολογίες, αξιοποιούμενες με μέτρο, μπορούν να προσφέρουν εξαιρετική βοήθεια -σε ορισμένες μάλιστα περιπτώσεις εντυπωσιακή- στην επίτευξη των διδακτικών μας στόχων.

6. Στο Πρόγραμμα “Φυσική με πειράματα για την Α΄ Γυμνασίου”, η διάκριση των εννοιών μάζα και όγκος απουσιάζει εντελώς αλλά και κάθε αναφορά στην έννοια «όγκος υλικού σώματος» είναι ανύπαρκτη. Με τον τρόπο αυτό η αναγνώριση της διαφοράς του ογκώδους από το μεγάλης μάζας αντικείμενο δεν προσεγγίζεται, ώστε οι διδασκόμενοι να διακρίνουν, τουλάχιστον, ότι το ογκώδες των εσωτερικών τους αναπαραστάσεων (ένα κιλό βαμβάκι) είναι κάτι διαφορετικό από το βαρύ (ένα κιλό σίδηρο). Χωρίς την παραμικρή αναφορά στο εμπειρικό δεδομένο ότι «θερμαίνοντας ένα σώμα η μάζα του διατηρείται ενώ ο όγκος μεταβάλλεται», οι 12χρονοι μαθητές θα διδαχθούν στην επόμενη ενότητα ότι η «μέτρηση της θερμοκρασίας» θα βασιστεί στις μεταβολές του όγκου. Και αντί γι αυτό, φαινόμενα όπως η διαστολή των σωμάτων και η ανωμαλία διαστολής του νερού κάνουν αιφνίδια την εμφάνισή τους ως θραύσματα από το πουθενά. Στο «Φυσική με πειράματα» ιδιαίτερα αισθητή είναι και η απουσία εννοιολογικού δικτύου. Μια έννοια δεν υπάρχει ποτέ μεμονωμένη στη σκέψη μας εφόσον α. για να τη σκεφτούμε είμαστε υποχρεωμένοι να επικαλεστούμε άλλες έννοιες και β. όταν εμφανιστεί στη σκέψη μας πυροδοτούνται συνειρμοί που μας οδηγούν σε άλλες έννοιες σχετιζόμενες με

ποικίλους τρόπους μαζί της. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι κάθε έννοια δεν υπάρχει παρά μόνο λόγω των σχέσεών της με άλλες έννοιες.

### **Βιβλιογραφία**

Κασσέτας, Ι., Α. (2000). *Το μακρόν Φυσική προ του βραχέως διδάσκω*, σελ. 15. Εκδόσεις Κάτοπτρο.



Ο Ανδρέας Ιωάννου Κασσέτας γεννήθηκε στο Κουκάκι της Αθήνας και σπούδασε Φυσική στην Αθήνα και στο Παρίσι. Συνευθύνεται, ως μέλος ομάδων εμπειρογνομόνων, για εκπόνηση Προγραμμάτων Σπουδών στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση καθώς και για τη συγγραφή σχολικών εγχειριδίων. Έχει λειτουργήσει ως επιμορφωτής εκατοντάδων εκπαιδευτικών. Έχουν κυκλοφορήσει τα βιβλία του «Το μακρόν Φυσική προ του βραχέως διδάσκω»

και «Το μήλο και το κουάρκ».

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή

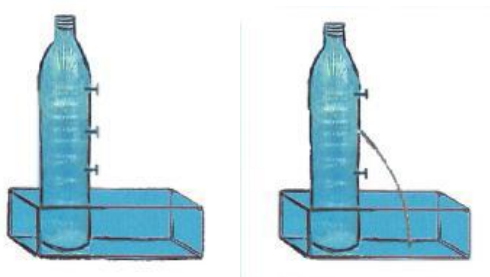
Ο όρος “Αστικός μύθος” ή “Αστικός θρύλος” χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει κάτι ευρύτατα διαδεδομένο το οποίο όμως δεν στηρίζεται σε γεγονότα, ούτε στη βιβλιογραφία. Στη στήλη “Αστικοί μύθοι και διδακτικοί θρύλοι” θα δημοσιεύονται απόψεις ευρύτατα διαδεδομένες και μάλλον αποδεκτές από πολλούς οι οποίες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

### **... δεν πάει πάντα πιο μακριά όποιος τρέχει πιο γρήγορα**

**Παναγιώτης Κουμαράς**

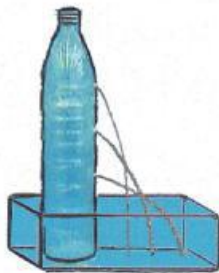
#### **Η αφορμή**

Ήταν Ιούνιος του 2013. Μπήκε στο γραφείο η Ελευθερία, η 12χρονη κόρη συναδέλφου που την προετοίμαζε να δώσει εξετάσεις στο Πειραματικό Γυμνάσιο. Κρατούσε στα χέρια της μερικές τυπωμένες σελίδες, ο τίτλος ήταν: “Ενδεικτικά θέματα (με ενδεικτικές λύσεις/απαντήσεις) για τη δοκιμασία/τεστ εισαγωγής από τα Δημοτικά στα Πρότυπα Πειραματικά Γυμνάσια. Ενδεικτικά θέματα Φυσικών”. Μου έδειξε την ερώτηση Φυσικά 7<sup>1</sup>. Σε γενικές γραμμές η ερώτηση: Δίδεται ένα πλαστικό μπουκάλι γεμάτο νερό. Τρεις πινέζες κλείνουν ισάριθμες τρύπες στο πλευρικό κατακόρυφο τοίχωμα (Εικόνα 1, αριστερά). Στη συνέχεια αφαιρείται η μεσαία πινέζα και στο δεύτερο σχέδιο δείχνεται η ροή του νερού από την τρύπα που δημιουργήθηκε (Εικόνα 1, δεξιά). Ζητείται από το παιδί να ζωγραφίσει τη ροή του νερού από τις άλλες δύο τρύπες που δημιουργούνται αν αφαιρεθούν οι δυο άλλες πινέζες, δικαιολογώντας την απάντησή του.



Εικόνα 1. Η πειραματική διάταξη της ερώτησης.

Και στη συνέχεια την απάντηση που δίνονταν στο ίδιο κείμενο<sup>1</sup>:



«Το νερό από την τρίτη χαμηλότερη τρύπα φθάνει μακρύτερα από αυτό της δεύτερης, μεσαίας τρύπας, ενώ το νερό από την πρώτη τρύπα πιο κοντά από αυτό της μεσαίας.

Αυτό συμβαίνει γιατί η πίεση του νερού αυξάνεται όσο μεγαλώνει το βάθος».

Και η ερώτηση της Ελευθερίας: «Καλά αν το τρυπήσουμε κάτω – κάτω, εκεί που ακουμπάει το μπουκάλι στη λεκάνη, θα πάει ποιο μακριά; Πώς γίνεται αφού θα ακουμπάει ήδη στο κάτω;»

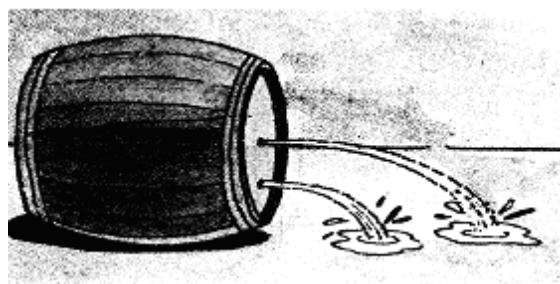
Πάγωσα και σκέφτηκα: Γιατί αυτό, το αυτονόητο του 12χρονου παιδιού, δεν το σκέφτηκαν τόσο αυτοί που έβαλαν την ερώτηση στα «ενδεικτικά θέματα» όσο και οι συγγραφείς σχολικών βιβλίων; Τι είναι αυτό που μπλοκάρει τη σκέψη; Θυμήθηκα ένα άρθρο μου πριν 10 χρόνια (Κουμαράς, 2003): το πρόβλημα αυτό είναι παγκόσμιο.

### Ένα συνηθισμένο λάθος των βιβλίων

Ας δούμε δυο παρόμοια παραδείγματα αξιολόγησης από βιβλία του δημοτικού.

#### 1<sup>ο</sup> παράδειγμα

Στο βιβλίο της Ε' τάξης του δημοτικού (Δασκαλάκης κ.ά. 1999, δεύτερο μέρος σελ. 84) υπάρχει η εικόνα 1 που ακολουθεί συνοδευόμενη από την ερώτηση «Τι λάθος παρατηρείς στη διπλανή εικόνα;»



Εικόνα 2. Αν το βαρέλι είναι γεμάτο η εικόνα είναι σωστή;

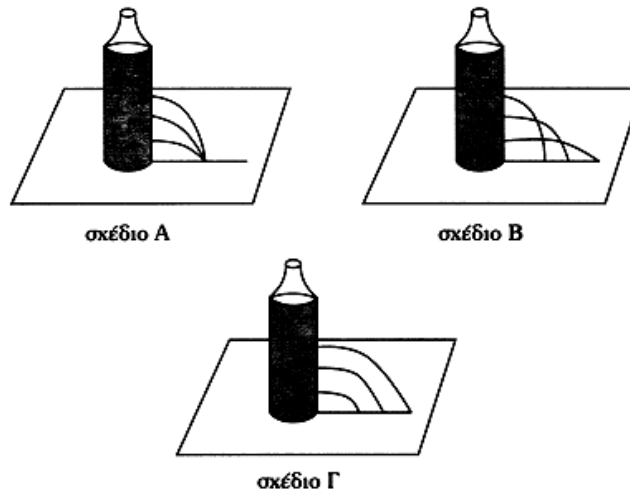
Μη βιαστείς να απαντήσεις. Αν το βαρέλι είναι γεμάτο, και επικοινωνεί βέβαια με την ατμόσφαιρα, η εικόνα είναι σωστή!

#### 2<sup>ο</sup> παράδειγμα

Στο 9<sup>ο</sup> φύλλο (Η πίεση, σελ. 21) αξιολόγησης του μαθήματος “Φυσικές Επιστήμες” της Ε' τάξης (Κόκκοτας Π., κ.ά. 2001, Φύλλα αξιολόγησης) υπάρχει η ερώτηση που φαίνεται στην Εικόνα 3.

1α. Τα παρακάτω σχέδια αναπαριστούν τη ροή του νερού καθώς αυτό βγαίνει από τις τρύπες ενός μπουκαλιού. Οι τρύπες βρίσκονται σε απόσταση 5 εκ., 9εκ. και 11εκ. αντίστοιχα από τον πυθμένα του μπουκαλιού.

- Ποιο από τα τρία σχέδια θεωρείς ότι είναι το σωστό;
- Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

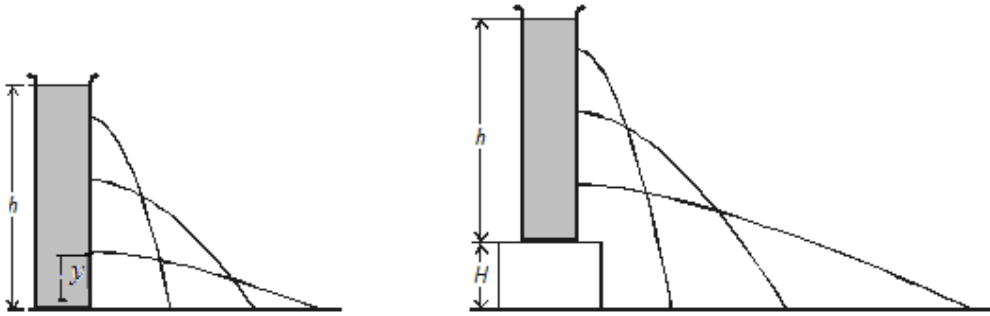


Εικόνα 3. Ερώτηση από τα φύλλα αξιολόγησης των μαθητών της Ε' Δημοτικού

Στο βιβλίο του δάσκαλου (Κόκκοτας Π. *et al.*, 2001, σελ. 420), δίνεται η επιθυμητή απάντηση: «Θεωρώ ότι το σχέδιο B είναι το σωστό γιατί η υδροστατική πίεση εξαρτάται από το βάθος. Έτσι από την τρύπα που βρίσκεται κοντά στον πυθμένα του μπουκαλιού θα πεταχτεί πιο μακριά».

Το πρόβλημα δεν σταματάει όμως στα βιβλία του Δημοτικού, απλώνεται και σε βιβλία της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, όχι μόνο σε ελληνικά, και σε πολλές ιστοσελίδες. Ακόμη και σε γνωστούς πειραματικούς οδηγούς (UNESCO, 1973 σελίδα 143).

Συνήθως, για να δείχτεί ότι η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη του βάθους (πέρα από μέτρηση με χρήση μανομετρικής κάψας), ως κατάλληλο πείραμα προτείνεται το εξής: Στο πλευρικό τοίχωμα ενός μεγάλου πλαστικού μπουκαλιού (η του δοχείου Mariotte) ανοίγονται τρεις τρύπες πάνω στην ίδια κατακόρυφο. Στη συνέχεια, αφού κλειστούν οι τρύπες (με πλαστελίνη, πινέζες ή σελοτέιπ), το μπουκάλι γεμίζεται με νερό και τοποθετείται όρθιο σε μια οριζόντια επιφάνεια. Αν αφαιρεθεί η πλαστελίνη αναφέρεται ότι το νερό από την κατώτερη τρύπα πετάγεται πιο μακριά (Σχήμα 1α). Μία παραλλαγή του πειράματος είναι με το δοχείο τοποθετημένο σε ένα υποστήριγμα ύψους H (Σχήμα 1β) (Johnson 1983, Ζενάκος *et al.*, 1995).



Σχήμα 1α και Σχήμα 1β. Εικόνες βιβλίων Φυσικής

## Και η Φυσική τι λέει

Το ερώτημα που τίθεται είναι: Υπάρχει ελάχιστο ύψος, πάνω από το οριζόντιο επίπεδο στο οποίο καταλήγει το νερό, στο οποίο πρέπει να βρίσκεται η κατώτερη τρύπα ώστε όντως το νερό από αυτή να φτάνει πιο μακριά; Το θέμα είχε στο παρελθόν προκαλέσει μια σειρά άρθρων (Atkin, 1988; Avison, 1988; Tamouli, 1988; Rickus 1988) που συνεχίζεται ακόμη (Planinšič, Ucke & Viennot, 2011) πράγμα που δείχνει ότι το πρόβλημα είναι και διεθνώς υπαρκτό.

Για να απλοποιήσουμε τη μελέτη του προβλήματος κάνουμε τις εξής παραδοχές:

- Η διατομή του δοχείου που περιέχει το υγρό είναι μεγάλη σε σχέση με τη διατομή της τρύπας έτσι ώστε το υγρό, προσεγγιστικά, ηρεμεί στο επάνω μέρος του δοχείου (Serway, 1990) επιπλέον το δοχείο να είναι αρκετά πλατύ ώστε να ελαχιστοποιηθεί η επίδραση της επιφανειακής τάσης.
- Οι τρύπες είναι όλες του ίδιου μεγέθους και είναι κατασκευασμένες ώστε ο άξονάς τους να είναι παράλληλος με το οριζόντιο επίπεδο.
- Το υγρό θεωρείται αμελητέου ιξώδους.
- Η ροή του υγρού από τις τρύπες δεν είναι στροβιλώδης.
- Η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα.

Ας εξετάσουμε αρχικά την περίπτωση του Σχήματος 1.1α. Ας υποθέσουμε ότι  $h$  είναι η απόσταση της στάθμης του νερού από το οριζόντιο επίπεδο που πατά το δοχείο (εδώ από τον πυθμένα του) και  $y$  η απόσταση της τρύπας από το ίδιο οριζόντιο επίπεδο (Σχήμα 1.1α). Η ταχύτητα με την οποία εκρέει το νερό από την τρύπα θα είναι

$$v^2 = 2g(h - y) \rightarrow v = \sqrt{2g(h - y)} \quad (1)$$

σχέση που είναι ο νόμος του Torricelli (Serway, 1990).

Το νερό μετά την έξοδό εκτελεί οριζόντια βολή. Το βεληνεκές είναι:

$$s = v \cdot t \quad (2)$$

Επειδή  $y = \frac{1}{2}gt^2$  προκύπτει ότι ο χρόνος που κινείται το νερό στον αέρα είναι:

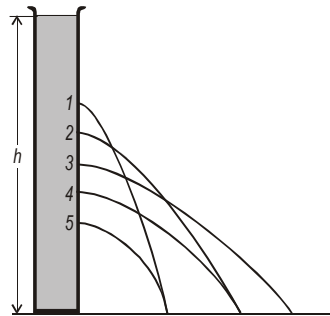
$$t = \sqrt{\frac{2y}{g}} \quad (3)$$

Η σχέση (2) από τις σχέσεις (1) και (3) γίνεται:



$$s = vt \Rightarrow s = \sqrt{2g(h-y)\frac{2y}{g}} \Rightarrow s = 2\sqrt{y(h-y)} \quad (4)$$

Από την (4) φαίνεται ότι το βεληνεκές  $s$  γίνεται μέγιστο όταν  $(h-y) = y$  (το άθροισμα των δυο παραγόντων είναι σταθερό, άρα το γινόμενο γίνεται μέγιστο όταν οι παράγοντες γίνουν ίσοι). Το ίδιο αποτέλεσμα προκύπτει βέβαια και με χρήση διαφορικού λογισμού. Έχουμε λοιπόν το μέγιστο βεληνεκές όταν  $y = h/2$ , δηλ. η τρύπα βρίσκεται στο μέσο της στήλης του νερού, και αυτό είναι ίσο με  $h$ . Επίσης από τη σχέση (4) προκύπτει ότι για τρύπες που ισαπέχουν από το μέσο της στήλης του νερού (δηλ. συμμετρικές ως προς το μέσο τη στήλης, Σχήμα 2), έχουμε το ίδιο βεληνεκές. Π.χ. για τις τρύπες 1 και 5 αν η κάτω τρύπα (τρύπα 5) απέχει  $y$  από το επίπεδο που καταλήγει το νερό, θα απέχει  $(h-y)$  από την επιφάνεια του νερού. Κατά το ίδιο  $y$  θα απέχει η πάνω τρύπα (τρύπα 1) από την επιφάνεια όμως του νερού και κατά το ίδιο  $(h-y)$ , αλλά τώρα από το επίπεδο όπου καταλήγει το νερό. Σύμφωνα με τα παραπάνω:



Σχήμα 2. Για τρύπες συμμετρικές, ως προς το μέσο της στήλης, έχουμε ίδιο βεληνεκές

Για την τρύπα 5 (Σχήμα 2) θα είναι  $v = \sqrt{2g(h-y)}$ ,  $t = \sqrt{\frac{2y}{g}}$  και  $s = 2\sqrt{(h-y)y}$ .

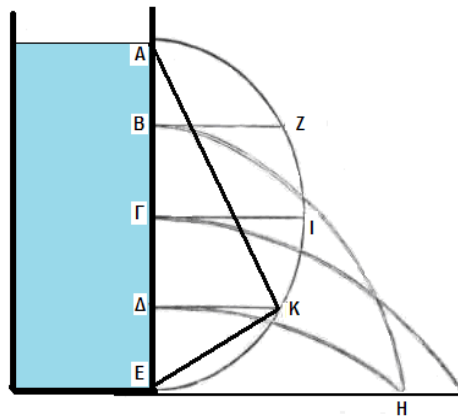
Για την τρύπα 1 θα είναι αντίστοιχα  $v = \sqrt{2gy}$ ,  $t = \sqrt{\frac{2(h-y)}{g}}$  και  $s = 2\sqrt{y(h-y)}$ .

Δηλαδή, για τρύπες συμμετρικές ως προς το μέσο της υδάτινης στήλης προκύπτει το ίδιο βεληνεκές. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι:

- Όταν το νερό εκρέει από τρύπες ευρισκόμενες μεταξύ της ελεύθερης επιφάνειας και του μέσου της στήλης του νερού (δηλ. για τιμές του  $y$ :  $\frac{h}{2} \leq y \leq h$ , όπου  $h$  το ύψος της ελεύθερης επιφάνειας του νερού και  $y$  η απόσταση της τρύπας από τον πυθμένα του δοχείου) το νερό από την τρύπα που βρίσκεται πιο χαμηλά φτάνει και πιο μακριά (τρύπες 1,2,3 στο Σχήμα 2),
- Όταν το νερό εκρέει από τρύπες ευρισκόμενες μεταξύ του μέσου της στήλης του νερού και του πυθμένα (δηλ. για τιμές του  $y$ :  $0 \leq y \leq \frac{h}{2}$ ) το νερό από την τρύπα που βρίσκεται πιο χαμηλά φτάνει και πιο κοντά (τρύπες 3, 4, 5 στο Σχήμα 2).

Αν το δοχείο με τις τρύπες τοποθετηθεί σε υποστήριγμα ύψους  $H$  (Σχήμα 1β) τότε ανάλογη αντιμετώπιση δείχνει ότι το νερό από την κατώτερη τρύπα φτάνει στη μεγαλύτερη απόσταση, αν η κατώτερη τρύπα είναι σε ύψος, μετρούμενο από το επίπεδο στο οποίο καταλήγει το νερό, ίσο ή μεγαλύτερο από το  $\frac{H+h}{2}$ . Από τη σχέση αυτή, σε συνδυασμό με τα παραπάνω προκύπτει ότι αν το δοχείο τοποθετηθεί σε βάθος ύψους ίσου ή μεγαλύτερου από το δικό του θα ισχύει πάντα ότι το νερό από την κατώτερη τρύπα φτάνει πιο μακριά.

Μια απόδειξη, χωρίς την ανάγκη γνώσης διαφορικού λογισμού, δίνεται στην “The American Cyclopaedia”<sup>2</sup> του 1873, από όπου προέρχεται και το Σχήμα 3.

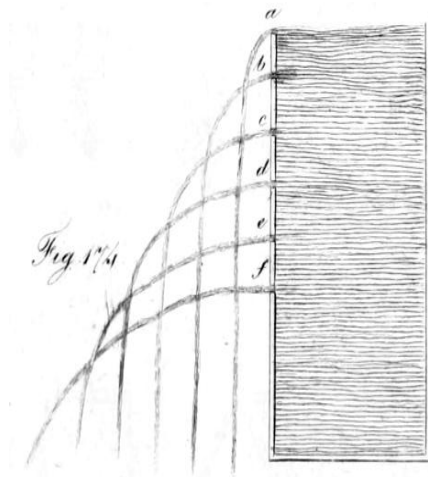


Σχήμα 3. Γεωμετρική απόδειξη για τη σχέση βεληνεκών.

Έστω ότι το δοχείο είναι γεμάτο με νερό μέχρι το σημείο A, Σχήμα 3. Με διάμετρο την πλευρά AE γράφω ημιπεριφέρεια. Έστω ότι το νερό φεύγει από την τρύπα Δ και καταλήγει στο έδαφος στο σημείο H. Από την παραπάνω σχέση (4) για το βεληνεκές EH έχουμε:  $(EH) = 2\sqrt{(\Delta E)(\Delta A)}$ . Στο ορθογώνιο τρίγωνο EKA ισχύει  $(\Delta K)^2 = (\Delta E)(\Delta A)$  Άρα  $(EH) = 2(\Delta K)$ . Αν το νερό έφευγε από την τρύπα B, συμμετρική της Δ ως προς το κέντρο της ημιπεριφέρειας Γ, θα είχαμε για το βεληνεκές πάλι τη σχέση 4 και αν φέρουμε τις EZ και ZA έχουμε το ορθογώνιο τρίγωνο EZA και δείχνουμε ομοίως ότι το βεληνεκές είναι το  $2(BZ) = 2(\Delta K)$  [είναι  $\Gamma\Delta = \Gamma B$  λόγω της συμμετρίας].

Άρα, το νερό από τρύπες συμμετρικές ως προς το κέντρο της στήλης του νερού πέφτει στο ίδιο σημείο. Επειδή το ΓI είναι το μεγαλύτερο όλων, το νερό που φεύγει από το Γ έχει το μεγαλύτερο βεληνεκές.

Οι Planinšič, Ucke & Viennot (2011) αναφέρουν ότι στην εικονογράφηση του βιβλίου “*Del moto e misura dell' acqua*” του Leonardo da Vinci παρουσιάζεται η ίδια αντίληψη: «Το νερό που φεύγει από την χαμηλότερη τρύπα έχει και το μεγαλύτερο βεληνεκές» (Εικόνα 4). Από τους ίδιους σημειώνεται ότι το θέμα έχει αντιμετωπιστεί σωστά έναν αιώνα αργότερα, περίπου το 1640, από τον Τορικέλλι. Επίσης αναφέρουν ότι αντιμετωπίζονταν σωστά από τους περισσότερους συγγραφείς βιβλίων το 19<sup>ο</sup> αιώνα, αλλά η λανθασμένη αντιμετώπιση του θέματος επανήλθε (Planinšič, Ucke & Viennot, 2011).



DEL  
**MOTO E MISURA  
DELL'ACQUA**  
DI  
**LEONARDO DA VINCI**



**B O L O G N A**  
A SPESE DI FRANCESCO CARDINALI  
1828.

Εικόνα 4. Εικόνα από το βιβλίο του Leonardo da Vinci.

Σημείωση: Το λάθος της εικόνας φαίνεται πιο εύκολα αν δεχτούμε ότι το νερό καταλήγει σε ένα οριζόντιο επίπεδο λίγο πιο κάτω από την τρύπα f.

### Και γιατί γίνεται το λάθος;

Θεωρώ ότι το λάθος προκαλείται από την εστίαση σε μία μεταβλητή με συνέπεια να παραμελείται όποια άλλη υπεισέρχεται στο πρόβλημα. Έτσι: πράγματι το νερό από την τρύπα που βρίσκεται στο μεγαλύτερο βάθος πετάγεται με μεγαλύτερη ταχύτητα, αφού υπάρχει μεγαλύτερη πίεση και άρα ασκείται μεγαλύτερη δύναμη πάνω σε μια στοιχειώδη μάζα του. Αυτό όμως δεν συνεπάγεται και ότι θα φτάσει μακρύτερα. Παραμελείται εδώ η μεταβλητή του χρόνου, το ότι δηλαδή κατά πόσο το νερό θα πέσει μακριά ή κοντά εξαρτάται και από τον χρόνο για τον οποίο θα κινηθεί και άρα και από ύψος που βρίσκεται η τρύπα. Η απόσταση της τρύπας από την επιφάνεια του νερού καθορίζει την ταχύτητα, η απόσταση της ίδια τρύπας από το επίπεδο στο οποίο καταλήγει το νερό καθορίζει το χρόνο πτήσης. Μας ενδιαφέρει το γινόμενο ταχύτητα – χρόνος να γίνεται μέγιστο.

### Πρόταση για διδακτική εκμετάλλευση

Αν διδάσκεις σχετικά με υδροστατική πίεση και βολές ζήτησε από τους μαθητές σου να κάνουν το πείραμα: “Στο πλευρικό τοίχωμα ενός μεγάλου πλαστικού μπουκαλιού ανοίγονται τρεις τρύπες πάνω στην ίδια κατακόρυφο. Στη συνέχεια, αφού κλειστούν οι τρύπες με πλαστελίνη, το μπουκάλι γεμίζεται με νερό και τοποθετείται όρθιο σε μια οριζόντια επιφάνεια. Αν αφαιρεθεί η πλαστελίνη αναφέρεται ότι το νερό από την κατώτερη τρύπα πετάγεται πιο μακριά (Σχήμα 1α)” και εστίασε την συζήτηση στους λόγους για τους οποίους αυτό τελικά δεν “πετυχαίνει”. Θα κερδίσουν περισσότερα από ότι εκτελώντας ένα “πετυχημένο” πείραμα.

### Επίλογος

Ας γυρίσουμε στην αρχή της ιστορίας: Καθησύχασα την Ελευθερία λέγοντας ότι δεν θα μπει τέτοια ερώτηση γιατί η πίεση έχει αφαιρεθεί από την ύλη Δημοτικού. Στη συνέχεια βγήκαμε στη βεράντα του γραφείου μου, κάναμε το πείραμα και το φωτογραφίσαμε (Φωτογραφία 1). Η εξήγηση στην Ελευθερία: «Αν εσύ πηγαίνεις βόλτα σιγά – σιγά και σε προσπεράσει με μεγάλη ταχύτητα μια Πόρσε, δε σημαίνει ότι αυτή θα πάει σίγουρα πιο μακριά από σένα, μπορεί και να παρκάρει λίγο πιο κάτω». Τελικά η Ελευθερία δεν πέρασε στο Πειραματικό Γυμνάσιο. Αναμενόμενο;



Φωτογραφία 1. Το νερό πηγαίνει πιο μακριά από την πάνω τρύπα.

### Παραπομπές

1. Όλες οι ερωτήσεις και οι απαντήσεις είναι διαθέσιμες στο: [http://blogs.sch.gr/depps/files/2013/05/Fysika\\_Gymnasio\\_2.pdf](http://blogs.sch.gr/depps/files/2013/05/Fysika_Gymnasio_2.pdf)
2. <http://chestofbooks.com/reference/American-Cyclopaedia-5/Hydromechanics.html>

### Βιβλιογραφία

- Atkin, K., 1988. The great water-jet scandal. *Physics Education* **23** pp. 137-138.
- Avison, J., 1988. The whole truth about water jets. *Physics Education* **23** p. 265.
- Johnson, K., 1983. *Physics for You 2*. Hutchinson & Co Ltd, London
- Planinšič, G., Ucke, C., Viennot, L., 2011. Holes in a bottle filled with water: which water-jet has the largest range? <http://education.epsdivisions.org/muse/> (Σεπτέμβριος 2012)
- Rickus, A., 1988. Demonstrating pressure at depths. *Physics Education* **23** pp. 328-329.
- Tamouli, A., 1988. Liquid flow from orifices. *Physics Education* **23** pp. 190-191.
- Serway, R., 1990. *Physics for Scientists & Engineers*. Τόμος Ι Μηχανική. Ελληνική μετάφραση Λ. Ρεσβάνης, κεντρική διάθεση Βιβλιοπωλείο Γ. Κορφιάτη, Αθήνα
- UNESCO 1973. *Ειδικός οδηγός διδασκαλίας Φυσιγνωστικών Μαθημάτων*. Εκδόσεις Αθηνά. Αθήνα
- Δασκαλάκης Δ., Ζηκίδης Μ., Θεοδοσιάδης Αλ., Κώνστας Κ., Λυμπεροπούλου Στ., Σπηλιώτης Μ., 1999. Ερευνώ το φυσικό κόσμο. Φυσικά Ε΄ Τάξης, δεύτερο μέρος. ΟΕΔΒ, Αθήνα
- Ζενάκος, Α., Λεκάτης, Ν., Σχοινάς, Α., 1995. *Φυσική Β΄ Γυμνασίου*. Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων.

Αθήνα

Κόκκοτας Π., Ριζάκη Αικ., Χαβιάρης Π., Χατζή Μ., 2001. Φυσικές Επιστήμες Ε΄ τάξης, Βιβλίο για το δάσκαλο.

ΟΕΔΒ. Αθήνα

Κουμαράς, Π., 2003. ... Όταν τα πειράματα δεν πετυχαίνουν! Φυσικός Κόσμος, 11(170) σελ. 24 - 28.



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

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 Φυσική στο Λούνα Παρκ: ένας διαγωνισμός Φυσικής με πολλά g**

**Κώστας Βουρλιάς και Φανή Σέρογλου**

Από την εποχή που ο Αϊνστάιν χρησιμοποιούσε το παράδειγμα του rollercoaster (τρενάκι) για να αναφερθεί στην αρχή διατήρησης της ενέργειας, μέχρι σήμερα που η NASA πραγματοποιεί διαγωνισμούς Φυσικής σε Λούνα Παρκ για να ανακαλύψει τους ικανότερους μαθητές, έχουν υλοποιηθεί πολλά σενάρια διδασκαλίας της Φυσικής σε τέτοιους χώρους (Bagee & Pendrill, 2002; Βουρλιάς, Βλαχάκης & Σέρογλου, 2013; Escobar, 1990; Κουμαράς & Κεραμιδάς, 2008; McGehee, 1988; Moll, 2010; Natale, 1985; Speers, 1992; Taylor *et al.*, 1984). Το Λούνα Παρκ είναι ένα ιδιότυπο εργαστήριο Φυσικής, ένα πολυδύναμο μαθησιακό περιβάλλον το οποίο μπορεί να δώσει κίνητρα για μάθηση αλλά και ερεθίσματα για την ανάπτυξη γνωστικών και μεταγνωστικών δεξιοτήτων (Anderson & Nashon, 2007; Nielsen, Nashon & Anderson, 2009; Pendrill, 2008; Roeder, 1975). Το «μάθημα» σε ένα πάρκο διασκέδασης μπορεί να ευνοήσει την ομαδική δουλειά και τη συνεργασία, να αναδείξει δεξιότητες των παιδιών και να μεταβάλει τη στάση τους απέναντι στο μάθημα της Φυσικής. Σε ένα τέτοιο περιβάλλον μπορούν να τεθούν πρωτότυπα, πραγματικά προβλήματα Φυσικής, με νόημα και φυσική σημασία και όχι τυπικές ασκήσεις και εφαρμογές κάποιων μαθηματικών εξισώσεων. Επίσης είναι πιθανότερο να προκαλέσουμε το ενδιαφέρον και να κινητοποιήσουμε τους μαθητές και τις μαθήτριες αφού συνδέουμε το περιεχόμενο των βιβλίων της Φυσικής με την ψυχαγωγία και τα ενδιαφέροντα τους.

#### **Ένα διαφορετικό διαγώνισμα**

Την άνοιξη του 2013 στο Γενικό Λύκειο Πεύκων, στη Θεσσαλονίκη, πραγματοποιήσαμε έναν πρωτότυπο διαγωνισμό Φυσικής σε ένα Λούνα Παρκ. Ο διαγωνισμός ήταν ανάμεσα στα έξι τμήματα της Β' τάξης και συμμετείχαν 51 μαθητές και 54 μαθήτριες, ενώ τη διαδικασία «διευκόλυναν» και συντόνισαν 4 συνοδοί καθηγητές διαφόρων κλάδων. Ο διαγωνισμός ξεκίνησε ουσιαστικά από το σχολείο μας και από τη στιγμή την οποία τα δύο λεωφορεία ξεκίνησαν για το πάρκο. Τότε οι

συντονιστές μοίρασαν στον πρόεδρο κάθε τμήματος ένα φάκελο με 9 φύλλα εργασίας, ένα για κάθε «παιχνίδι». Αυτή ήταν ουσιαστικά και η πρώτη δοκιμασία, η οργάνωση: κάθε τμήμα έπρεπε σε λιγότερο από μισή ώρα να οργανωθεί σε υποομάδες, αφού ήταν χρονικά αδύνατο σε λιγότερο από τρεις ώρες, 3-4 άτομα να συμπληρώσουν όλα τα φύλλα εργασίας του τμήματος τους. Κάθε ομάδα λοιπόν και κάθε μέλος της «έπρεπε» να συμμετέχει στην πειραματική διαδικασία και να ολοκληρώσει 2-3 φύλλα εργασίας. Ο διαγωνισμός πραγματοποιήθηκε λίγο πριν τις διακοπές του Πάσχα, οπότε η δράση αυτή είχε τον χαρακτήρα ενός άτυπου διαγωνισμού ενόψει εξετάσεων. Είχε προηγηθεί κατά τη διάρκεια της προηγούμενης εβδομάδας η προετοιμασία της επίσκεψης μας με μια επανάληψη των βασικών εννοιών, περιγραφής μεθόδων μέτρησης μήκους και αποστάσεων, όπως και μια περιγραφή των «κανόνων» του διαγωνισμού. Φυσικά σε αυτό το «διαγώνισμα» επιτρεπόταν τα πάντα: κάθε ομάδα μπορούσε να έχει μαζί της βιβλία, σημειώσεις και οποιοδήποτε εξοπλισμό επιθυμούσε όπως χρονόμετρα, μετροταινίες ή υπολογιστές τσέπης. Επιτρεπόταν ακόμα και τα κινητά τηλέφωνα, κάποιιοι μάλιστα, είχαν κατεβάσει από το διαδίκτυο κάποιες εφαρμογές με τις οποίες πήραν μετρήσεις ύψους, απόστασης, μήκους, ταχύτητας και επιτάχυνσης. Άλλωστε το κύριο πειραματικό όργανο για την πραγματοποίηση αυτών των πειραμάτων είναι το ανθρώπινο σώμα, ενώ η επιτήρηση σε ένα χώρο 50 στρεμμάτων είναι πρακτικά αδύνατη, όχι φυσικά ότι είχε κανείς τη διάθεση να αντιγράψει.

Το Λούνα Παρκ είναι ένα αχανές εργαστήριο Φυσικής και κάθε παιχνίδι του μια πειραματική διάταξη για να μελετήσουμε τις φυσικές έννοιες. Έτσι στο «μύλο» οι μαθητές και οι μαθήτριες έπρεπε να υπολογίσουν τη γωνιακή και τη γραμμική ταχύτητα του «καλαθιού» τους, ενώ έπρεπε (μπαίνοντας στη θέση του ηλεκτρονίου που έχει σπιν αλλά και περιστρέφεται γύρω από τον πυρήνα) να αναγνωρίσουν την αναλογία με το μοντέλο του ατόμου.

Ο «πύργος» ή «θερμόμετρο» είναι ένας κατακόρυφος σωλήνας στον οποίο ανεβαίνει κανείς δεμένος πάνω στην καρέκλα του με επιτάχυνση και στη συνέχεια πέφτει ελεύθερα. Σε αυτό το ιδανικό περιβάλλον μικροβαρύτητας οι μαθητές και οι μαθήτριες έπρεπε να αναγνωρίσουν τα τμήματα της διαδρομής στα οποία το «βάρος» τους αυξάνεται ή ελαττώνεται. Κατά την άνοδο τους διαπίστωσαν ότι με δυσκολία μπορούσαν να σηκώσουν το χέρι τους, ενώ όταν έφταναν στην κορυφή κουνούσαν ανέμελα πέρα – δώθε τα πόδια τους αφού τα αισθάνονταν ελαφρύτερα. Κάποιοι τολμηροί κράτησαν μαζί τους ένα πλαστικό μπουκάλι με νερό, στην βάση του οποίου υπήρχε μια μικρή τρύπα, ενώ κατά την ελεύθερη πτώση τους τράβηξαν το δάχτυλό τους από την τρύπα και διαπίστωσαν ότι το νερό δεν χυνόταν. Επιπλέον, ιδιαίτερα στο ψηλότερο σημείο της διαδρομής, οπότε η κίνηση σταματάει ιδιαίτερα απότομα, είχαν την ευκαιρία να συστηθούν για τα καλά με την έννοια της αδράνειας και να διαπιστώσουν το πόσο σημαντικό είναι να φοράμε ζώνη ασφαλείας στο αυτοκίνητο.

Στις περιστρεφόμενες αλυσίδες έπρεπε να συνδέσουν τη γωνία απόκλισης με την ταχύτητα της καρέκλας και τη μάζα του επιβάτη, να μετρήσουν την περίοδο, τη γωνιακή και τη γραμμική τους ταχύτητα και με τη βοήθεια του τύπου  $\epsilon\varphi\varphi = 4\pi^2 R/gT^2$  να εκτιμήσουν τις υπόλοιπες μεταβλητές και να υπολογίσουν, κατά προσέγγιση, μια τιμή για την επιτάχυνση της βαρύτητας  $g$ .



Το tagada είναι ένα «ταψί» που περιστρέφεται οριζόντια αλλά και υπό γωνία, ενώ ταυτόχρονα αναπηδά. Εδώ με την «φυγόκεντρο» να σπρώχνει τους μαθητές προς τα έξω, έπρεπε να δικαιολογήσουν την απουσία ζωνών ασφαλείας ενώ οι πιο τολμηροί δε δίστασαν να σηκωθούν όρθιοι (ακόμα και να χορέψουν) προκειμένου να διαπιστώσουν ότι στο κέντρο του δίσκου η γραμμική τους ταχύτητα είναι μικρότερη. Πετώντας ένα κουτί χαρτομάντιλα σε ένα συμμαθητή τους που βρισκόταν απέναντι είχαν την ευκαιρία να διαπιστώσουν με πολύ πειστικό τρόπο τη δράση της δύναμης Coriollis.

Στο carousel έπρεπε μεταξύ άλλων να υπολογίσουν τη γωνιακή ταχύτητα που έχουν τα αλογάκια, και να συγκρίνουν τη γωνιακή και τη γραμμική ταχύτητα που έχουν τα αλογάκια στον εσωτερικό και εξωτερικό κύκλο.

Στα συγκρουόμενα είχαν την δύσκολη αποστολή να συγκρουστούν με όλους τους δυνατούς τρόπους (μετωπικά, πλάγια, με ακίνητο όχημα) και να διαπιστώσουν ποια κρούση είχε τις πιο δυσάρεστες για αυτούς συνέπειες και σε ποια περίπτωση ασκούσαν μεγαλύτερη δύναμη στον «αντίπαλό» τους. Έπρεπε επίσης να «δούνε» την αναλογία της κίνησης του αυτοκινήτου τους με το μόριο ενός ιδανικού αερίου μέσα σε ένα δοχείο. Σε αυτό το παράξενο ηλεκτρικό κύκλωμα, έπρεπε μεταξύ άλλων να βρουν ποιος έχει το ρόλο του καλωδίου σύνδεσης (κεραία), το ρόλο του διακόπτη (γκάζι αυτοκινήτου), να ανακαλύψουν τι είδους σύνδεση είναι αυτή (παράλληλη). Οι μαθητές και οι μαθήτριες χρησιμοποίησαν τους νόμους του Νεύτωνα για να απαντήσουν τι θα συνέβαινε κατά τις κρούσεις τους αν η μάζα του οχήματός τους ήταν πολύ μεγαλύτερη ή μικρότερη και τι θα συνέβαινε αν δεν φορούσαν ζώνη ασφαλείας.

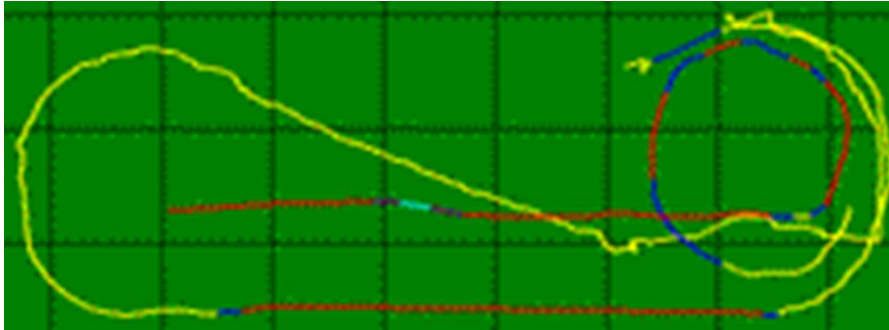
Στη «βάρκα» (Φωτογραφία 1) που ταλαντώνεται οι μαθητές και οι μαθήτριες υπολόγισαν την περίοδο, περιγράψανε τις ενεργειακές μετατροπές που πραγματοποιούνται, ενώ αναγνώρισαν τα σημεία στα οποία το «βάρος» τους γίνεται μεγαλύτερο ή μικρότερο.



Φωτογραφία 1. Η ταλάντωση της «βάρκας».

Στο rollercoaster ή τραινάκι, οι ομάδες έπρεπε να περιγράψουν τις ενεργειακές μετατροπές και να υπολογίσουν την ισχύ κατά την άνοδό τους στην «μεγάλη ανηφόρα». Επίσης χρησιμοποιώντας ένα

χάρτη διαδρομής, τον οποίο δημιουργήσαμε με την βοήθεια ενός συστήματος GPS σε προηγούμενη επίσκεψή μας στο Λούνα Παρκ (Εικόνα 1) έπρεπε να εντοπίσουν τη θέση της μέγιστης ταχύτητάς τους, τα σημεία στα οποία αισθάνθηκαν μια δύναμη να τους τραβά «προς τα μέσα» ή να τους σπρώχνει «προς τα έξω» και τέλος τα σημεία στα οποία το «βάρος» τους γινόταν μεγαλύτερο ή ακόμη και μηδενιζόταν.



Εικόνα 1. Η διαδρομή του rollercoaster όπως καταγράφεται από το GPS.

Τέλος, στο Bungee τραμπολίνο (στο οποίο δένεσαι με ειδικούς ελαστικούς ιμάντες και χοροπηδές πάνω σε ένα τραμπολίνο) οι μαθητές και οι μαθήτριες είχαν την ευκαιρία να μελετήσουν βιωματικά την ταλάντωση που κάνει το ίδιο τους το σώμα (Φωτογραφία 2). Συγκεκριμένα, τους ζητήθηκε να περιγράψουν τις ενεργειακές μετατροπές και να καταγράψουν τα σημεία στα οποία είχαν τη μέγιστη και την ελάχιστη ταχύτητα.



Φωτογραφία 2. Η ταλάντωση μιας μαθήτριας.

### **Αισθάνομαι, μετρώ, υπολογίζω και μαθαίνω**

Το να κάνεις «μάθημα» σε ένα τέτοιο ανοικτό περιβάλλον απαιτεί πολύ καλή προετοιμασία και σχεδιασμό φύλλων εργασίας, αφού οποιαδήποτε παρέμβαση αφού ξεκινήσει η δραστηριότητα είναι εξαιρετικά δύσκολη. Το τελευταίο άλλωστε που έχουν στο μυαλό τους οι μαθητές και οι μαθήτριες όταν επισκέπτονται ένα τέτοιο χώρο είναι η Φυσική: στην πραγματικότητα πραγματοποιούν τις εκδρομές τους μάλλον για να την αποφύγουν. Το κλειδί είναι να υπάρχει κέφι και ένα ομαδικό πνεύμα συνεργασίας αλλά και υγιούς συναγωνισμού. Η προσπάθειά μας ήταν να υπάρξει μια ισορροπία

ανάμεσα σε ερωτήσεις γνωστικού περιεχομένου, ανάδειξης ικανοτήτων οργάνωσης και συνεργασίας, διερεύνησης και μεθοδολογίας, αλλά και την καταγραφή εντυπώσεων και συναισθημάτων (Σέρογλου, 2006). Έτσι πέρα από δραστηριότητες της μορφής «υπολόγισε», «μέτρησε» υπήρχαν ερωτήσεις όπως «πώς αισθάνθηκες;», «σε ποιο σημείο φοβήθηκες πιο πολύ;» που αφορούσαν τις εντυπώσεις, και τα συναισθήματα των συμμετεχόντων. Οι ερωτήσεις δεν έπρεπε να είναι πολύ εύκολες, οπότε κάποιιοι θα βαριόντουσαν, ούτε πολύ δύσκολες οπότε κάποιιοι θα απογοητεύονταν. Ο «διαγωνισμός» αποσκοπεί όχι τόσο στην ανάδειξη του καλύτερου μαθητή ή μαθήτριας, όσο το να δοθεί σε όλους τους μαθητές και τις μαθήτριες η δυνατότητα συμμετοχής αλλά και η πιθανότητα διάκρισης. Έτσι πρέπει να αναλάβουν ρόλους και να συνεργαστούν μέσα στην ομάδα τους: ο μαθητής ο οποίος έχει κατανοήσει τη θεωρία, με τον τολμηρό ο οποίος είναι έτοιμος να ανέβει στο «θερμόμετρο» για να περιγράψει την περιπέτειά του και με αυτόν που μπορεί να χειριστεί το κινητό του τηλέφωνο στην μεγάλη κατηφόρα του rollercoaster προκειμένου να πάρει μετρήσεις χρόνου. Το Λούνα Παρκ αποδείχτηκε περισσότερο αποτελεσματικό από τη σχολική αίθουσα αφού κινητοποίησε όλους τους μαθητές και τις μαθήτριες, ακόμα και κάποιους για τους οποίους το μάθημα της Φυσικής τους είναι αδιάφορο ή αυτούς τους οποίους οι εξισώσεις, ο πίνακας και η κιμωλία, έχει απομακρύνει από τη μαγεία της Φυσικής. Ιδιαίτερα κάποιιοι μαθητές και μαθήτριες που αντιμετωπίζουν γνωστικές ή γλωσσικές αδυναμίες, μπορούν να συμμετάσχουν πραγματικά ισότιμα. Τα παιδιά απέκτησαν μια είδους εργαστηριακή εμπειρία, έστω σε αυτό το άτυπο εργαστήριο. Για τα περισσότερα από αυτά ήταν η πρώτη φορά που συμμετείχαν σε ένα «αληθινό εργαστήριο», ίσως και η πρώτη φορά που μέτρησαν, εκτίμησαν ή υπολόγισαν κάτι. Ο διαγωνισμός τελείωσε με την επιστροφή μας στα λεωφορεία, ωστόσο ακολούθησε ο σχολιασμός των φύλλων εργασίας μέσα στις σχολικές αίθουσες όχι για να αναδειχτούν οι «σωστές» και οι «λανθασμένες» απαντήσεις όσο για να δούμε την ποικιλία στις απαντήσεις και τη μεθοδολογία που ακολούθησαν οι ομάδες. Έπαθλο δεν υπήρξε εκτός από την ανακοίνωση των τριών τμημάτων τα οποία συγκέντρωσαν την υψηλότερη «βαθμολογία».

Η πρόκληση του ενδιαφέροντος, η σύνδεση με την ψυχαγωγία τους, η αναγνώριση της σημασίας της Φυσικής στην ερμηνεία του πραγματικού κόσμου γύρω μας, ενθαρρύνει τις θετικές στάσεις και αξίες των μαθητών και μαθητριών για τις φυσικές επιστήμες (Σέρογλου, 2006). Το ωραιότερο σχόλιο που ακούσαμε από μαθητή ήταν: «το καλύτερο μάθημα είναι αυτό που γίνεται έξω από το σχολείο, και μάλιστα χωρίς καθηγητή».

### Βιβλιογραφία

- Anderson, D. & Nashon, S. (2007). *Predators of knowledge construction: interpreting students' metacognition in an amusement park physics program*. Science Education, 91, 298–320.
- Bagee, S. & Pendrill, A. M. (2002). *Classical physics experiments in the amusement park*. Physics Education, 37, 507–11.
- Escobar, C. (1990). *Amusement park physics*. Physics Teacher, 28, 446–53.

- McGehee, J. (1988). *Physics students' day at Six Flags/Magic Mountain*. *Physics Teacher*, 26, 12–17.
- Moll, R.F. (2010). *An amusement park physics competition*. *Physics Education*, 45, 362-367.
- Natale, K. (1985). *Final exam in an amusement park*. *Physics Teacher*, 23, 228.
- Nielsen, W. S., Nason, S. & Anderson, D. (2009). *Metacognitive engagement during field trip experiences: a case study of students in an amusement park physics program*. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 265–288.
- Pendrill, A. M. (2008). *Acceleration in one, two and three dimensions in launched roller coasters*. *Physics Education*, 43, 483–491.
- Roeder, J. L. (1975). *Physics and the amusement park*. *Physics Teacher*, 13, 327–332.
- Speers, R. (1992). *Perspectives on the world's tallest roller coaster*. *Physics Teacher*, 30, 217-218.
- Taylor, G., Page, J., Bentley, M. & Lossner, D. (1984). *A physics laboratory at Six Flags Over Georgia*. *Physics Teacher*, 22, 361–367.
- Βουρλιάς, Κ., Βλαχάκης, Π. & Σέρογλου, Φ. (2013). *Μια βόλτα στο Λούνα Παρκ: Μετασχηματίζοντας τη διδασκαλία της Φυσικής σε πραγματικά περιβάλλοντα*. Πρακτικά του 8<sup>ου</sup> πανελληνίου συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 623- 630.
- Κουμαράς, Π. & Κεραμιδάς, Κ. (2008). *Η παιδική χαρά ως εργαστήριο Φυσικής. Η διδασκαλία της επιταχυνόμενης κίνησης στο Λύκειο*. Πρακτικά του 4<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου της Ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (ΕΔΙΦΕ), 366-374.
- Σέρογλου, Φ. (2006). *Φυσικές επιστήμες για την εκπαίδευση του πολίτη*. Εκδόσεις Επίκεντρο, Θεσσαλονίκη.



Ο Κώστας Βουρλιάς εργάζεται ως Φυσικός στο Γενικό Λύκειο Πεύκων στη Θεσσαλονίκη και είναι υποψήφιος διδάκτορας στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης της Παιδαγωγικής Σχολής του Α.Π.Θ.. Προσπαθεί να συνδυάσει τη διδασκαλία της Φυσικής με τον αθλητισμό και αναζητάει τρόπους για να κάνει τη Φυσική περισσότερο ενδιαφέρουσα για όλους τους μαθητές και τις μαθήτριες.



Η Φανή Σέρογλου είναι επίκουρη καθηγήτρια στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης της Παιδαγωγικής Σχολής του Α. Π.Θ. και είναι η επιστημονική υπεύθυνη της ερευνητικής ομάδας ΑΤΛΑΣ. Τα ερευνητικά της ενδιαφέροντα αφορούν την Ιστορία, Φιλοσοφία και Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, τις Φυσικές επιστήμες και τον πολιτισμό στην εκπαίδευση, το σχεδιασμό δημιουργικών μαθησιακών περιβαλλόντων και διδακτικού υλικού, τη Φύση των Φυσικών Επιστημών και τις οπτικοακουστικές αφηγήσεις.

## **Διδάσκοντας για τις πρωτεΐνες στη Β' Τάξη του Γενικού Λυκείου**

### **Γαρυφαλλιά Δομουχτσίδου**

Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί είναι σε θέση να επιβεβαιώσουν ότι η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών περνάει κρίση, με ιδιαίτερο χαρακτηριστικό την καταγεγραμμένη μείωση του ενδιαφέροντος των νέων για αυτές (Rocard *et al*, 2007). Φαίνεται ότι ο παραδοσιακός τρόπος διδασκαλίας και η έκταση της ύλης δυσκολεύουν τους μαθητές στο χειρισμό και την κατανόηση των αφηρημένων εννοιών που διδάσκονται οδηγώντας τους να τις αποστρέφονται (Rocard *et al*, 2007). Την ίδια στιγμή, ως αντίδοτο σε αυτή την αποστροφή, φαίνεται να καταγράφεται μια διεθνής τάση εισαγωγής της διερευνητικής διδασκαλίας για να εμπλακούν περισσότερο ενεργά οι μαθητές στην εκπαιδευτική διαδικασία (Linn, Davis & Bell, 2004). Προτείνεται μάλιστα ότι μέρος της διερευνητικής διδασκαλίας μπορεί να υποστηριχθεί με την αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας (Τ.Π.Ε.).

Ιδιαίτερα για τη Βιολογία, όπου ο πολυμορφισμός και η μοναδικότητα των πολύπλοκων βιολογικών συστημάτων επηρεάζουν κατά απρόβλεπτο, πολλές φορές, τρόπο το αποτέλεσμα των πειραμάτων, η εισαγωγή των Τ.Π.Ε. μπορεί να προσφέρει πολλά οφέλη. Ενδεικτικά, είναι πλέον δυνατή η οπτικοποίηση και η μοντελοποίηση βιολογικών συστημάτων αλλά και η προσομοίωση διαδικασιών και φυσικών φαινομένων, που είναι εξαιρετικά δύσκολο, αν όχι αδύνατο, να παρασταθούν με παραδείγματα από την καθημερινή ζωή. Η αναδίπλωση μιας πρωτεΐνης στο χώρο αποτελεί αντιπροσωπευτικό παράδειγμα.

Στην παρούσα διδακτική πρόταση γίνεται μια προσπάθεια αξιοποίησης των Τ.Π.Ε. για τη διδασκαλία του κεφαλαίου «Πρωτεΐνες» του μαθήματος της Βιολογίας Γενικής Παιδείας της Β' τάξης Λυκείου, λαμβάνοντας υπόψη ότι το μάθημα διδάσκεται μία (1) ώρα την εβδομάδα για το σχολικό έτος 2013-2014.

Οι γενικοί στόχοι του σχεδίου είναι η ανάδειξη του ρόλου των πρωτεϊνών ως δομικών και λειτουργικών γνωρισμάτων των οργανισμών, η σχέση της δομής τους με τη λειτουργία τους, καθώς και η σχέση τους με ασθένειες. Επιδιώκεται, επομένως, οι μαθητές να είναι σε θέση να αναγνωρίζουν

την ποικιλομορφία των πρωτεϊνών και τη σχέση τους με τις δομές και τις λειτουργίες του οργανισμού, να συσχετίζουν τη δομή μιας πρωτεΐνης με τη λειτουργία της και με την αλληλουχία των αμινοξέων της, να ερμηνεύουν τη σχέση της δομής μιας πρωτεΐνης με παθολογικές καταστάσεις και να καταγράφουν το ρόλο των πρωτεϊνών ως συστατικό των τροφών. Επιχειρώντας την επίτευξη των παραπάνω στόχων αναμένεται ότι οι μαθητές θα αντιληφθούν τη σχέση μεταξύ δομής και λειτουργίας που εμφανίζεται σε όλα τα επίπεδα οργάνωσης της ζωής και της ύλης, άρα και στο μοριακό επίπεδο. Επίσης, εμπλέκοντας καταστάσεις από την καθημερινή ζωή, θα ανανεώσουν το ενδιαφέρον τους για τις Φυσικές Επιστήμες, θα αναπτύξουν κριτική στάση απέναντι στη πληθώρα των πληροφοριών που διατίθενται στο διαδίκτυο, θα ευαισθητοποιηθούν σε θέματα προστασίας του περιβάλλοντος και της αειφορίας, θα συνεργαστούν σε ομάδες για την επίλυση προβλημάτων και θα αναγνωρίσουν τη διαφορετικότητα του άλλου μέσα από τη συνεργασία.

Το σχέδιο μαθήματος ολοκληρώνεται σε δύο διδακτικές ώρες, αν όμως το γνωστικό υπόβαθρο των μαθητών ή οι επικοινωνιακές τους δεξιότητες είναι περιορισμένες ή εφόσον συμπληρωθεί το φύλλο εργασίας μέσα στην τάξη, ο χρόνος που απαιτείται για την επιτυχή του διαχείριση ανέρχεται στις 3 διδακτικές ώρες. Θεωρείται, επίσης, δεδομένο ότι έχει προηγηθεί η διδασκαλία της ενότητας «Η βιολογία στη ζωή μας» στην οποία ενσωματώνεται και η παρουσίαση της επιστημονικής μεθόδου, αλλά και η ενότητα «Η Χημεία της ζωής». Με τη σειρά του, το σχέδιο συνδέεται άμεσα με την ενότητα «Νουκλεϊκά οξέα» που ακολουθεί.

### Το διδακτικό σενάριο

#### 1η δραστηριότητα

Για να διερευνηθεί η προϋπάρχουσα γνώση και να καταγραφούν από τον εκπαιδευτικό τυχόν παρανοήσεις ή λανθασμένες αντιλήψεις, προβάλλονται με τη βοήθεια βιντεοπροβολέα διάφορες εικόνες, όπως αυτές της Εικόνας 1, και τίθεται αρχικά το ερώτημα: πού οφείλονται οι διαφορές των ανθρώπων σε εξωτερικά μορφολογικά χαρακτηριστικά ή σε λειτουργίες; Ενδεικτικά, άλλες περισσότερο διευκρινιστικές ερωτήσεις που μπορούν να τεθούν είναι οι εξής:

*Γιατί στο σφριγηλό νεανικό δέρμα σχηματίζονται ρυτίδες με την πάροδο του χρόνου;*

*Γιατί τα μαλλιά ασπρίζουν;*

*Γιατί άλλοι έχουν ίσια μαλλιά και άλλοι σγουρά;*

*Γιατί άλλοι “τρώνε τα πάντα” και δεν παχαίνουν ενώ άλλοι όχι;*



Εικόνα 1. Ενδεικτικές φωτογραφίες, από το διαδίκτυο ή από περιοδικά, οι οποίες χρησιμοποιούνται ως εργαλείο για την ανάδειξη των ιδεών των μαθητών και την εκκίνηση συζήτησης στην ολομέλεια.

Κάθε μαθητής καταγράφει τις σκέψεις του ατομικά.

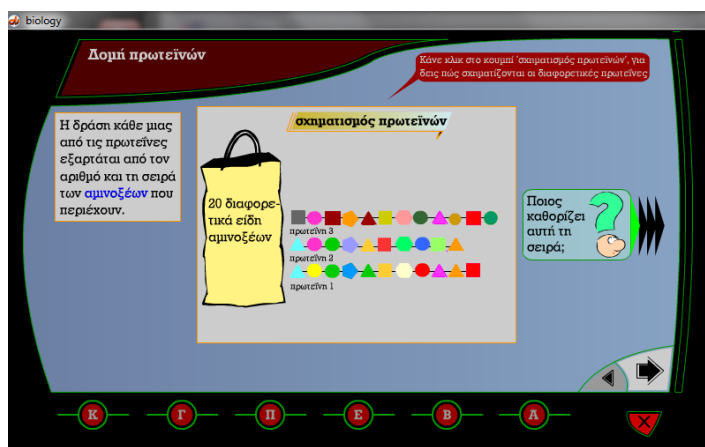
Στη συνέχεια οι μαθητές συνεργάζονται ανά δύο και συμπληρώνουν τον Πίνακα 1, με δομές και λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού. Με αυτό τον τρόπο επιχειρείται, μέσα από τη συνεργασία, να αναγνωρίσουν την πληθώρα των χαρακτηριστικών ενός ατόμου. Μετά από μερικά λεπτά, οι μαθητές καλούνται να συγκρίνουν το περιεχόμενο των πινάκων τους με μία γειτονική ομάδα, δημιουργώντας έτσι τετράδες. Τέλος, κάθε τετράδα παρουσιάζει τα αποτελέσματά της στην ολομέλεια της τάξης με κύριο στόχο την αναγνώριση και καταγραφή της μεγάλης ποικιλίας δομικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών.

Δομικά χαρακτηριστικά	Λειτουργίες του οργανισμού

Πίνακας 1

### 2η δραστηριότητα

Στη δεύτερη δραστηριότητα γίνεται παρουσίαση από τον εκπαιδευτικό του Λογισμικού Βιολογία Α'-Γ' Γυμνασίου<sup>1</sup> και πιο συγκεκριμένα του μέρους που αφορά στις πρωτεΐνες από το κεφάλαιο "Γενετική" (Εικόνα 2). Η παρουσίαση από τον εκπαιδευτικό και όχι η ελεύθερη περιήγηση από τους μαθητές διασφαλίζει το συγχρονισμό της διαδικασίας. Οι μαθητές απαντούν ατομικά σε ερωτήσεις με σκοπό να διαπιστωθεί και να αξιολογηθεί αν κατανόησαν την παρουσίαση που προηγήθηκε. Ουσιαστικά, καλούνται να ανακαλέσουν γνώσεις από τη Βιολογία της Γ' τάξης του Γυμνασίου.

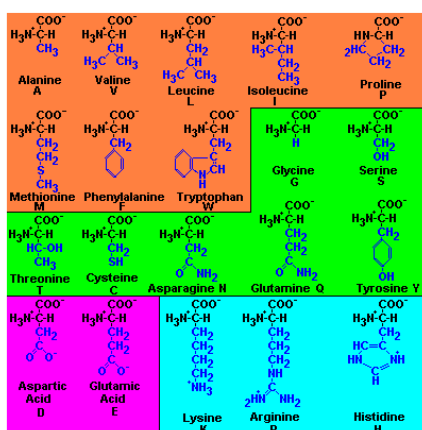


Εικόνα 2. Το λογισμικό Βιολογία Α'-Γ' Γυμνασίου προσφέρεται για ανάκληση εννοιών σχετικών με τις πρωτεΐνες. Ο διδάσκων μπορεί να εισάγει, για τις ανάγκες του συγκεκριμένου σεναρίου, τις έννοιες διπεπτιδίο, ολιγοπεπτιδίο, πολυπεπτιδίο.

Οι μαθητές συνεργαζόμενοι ανά δύο καλούνται να κατασκευάσουν τριπεπτίδια χρησιμοποιώντας δύο αμινοξέα. Με αυτόν τον τρόπο επιχειρείται η καλλιέργεια αφαιρετικής σκέψης και μαθηματικών δεξιοτήτων. Οι μαθητές κάνουν υποθέσεις για την ποικιλία των πρωτεϊνών και καταγράφουν τις απόψεις τους.

### 3η δραστηριότητα

Στην τρίτη δραστηριότητα γίνεται μια προσπάθεια σύνδεσης των εννοιών πρωτεΐνες- αμινοξέα με την καθημερινή ζωή και κυρίως με τη διατροφή. Ενδεικτικά, ζητείται από τους μαθητές να αναζητήσουν πληροφορίες για τα συμπληρώματα διατροφής στο διαδίκτυο ή σε σχετικές διαφημίσεις σε περιοδικά και εφημερίδες, και να καταγράφουν πρωτεϊνούχες τροφές.

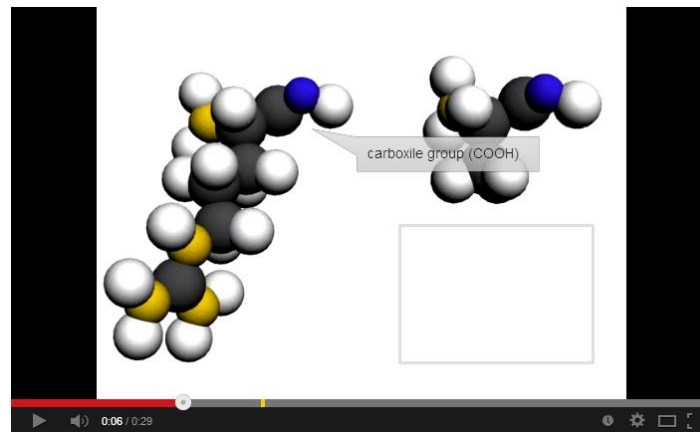


Εικόνα 3. Η σύγκριση των διαφορετικών αμινοξέων αναπτύσσει την παρατηρητικότητα, την κρίση, τη συνδυαστική σκέψη

Ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει στην τάξη τη δομή ενός αμινοξέος και έναν πίνακα όλων των αμινοξέων (Εικόνα 3) αξιοποιώντας το διαδίκτυο<sup>2</sup>. Οι μαθητές καλούνται να επισημάνουν τα κοινά και διαφορετικά χαρακτηριστικά των αμινοξέων, διαδικασία η οποία τους βοηθά να αναπτύξουν κριτική και συνδυαστική σκέψη.

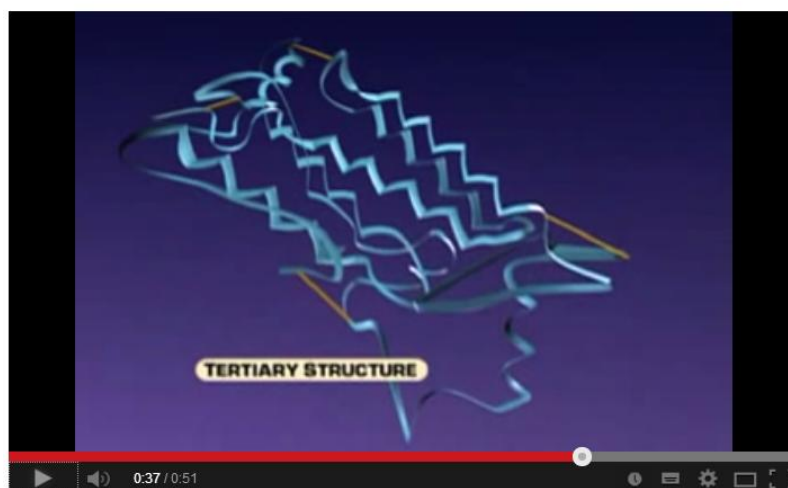
Ακολουθεί η προβολή σε βίντεο<sup>3</sup> προσομοίωσης τρισδιάστατων μοριακών μοντέλων που περιγράφουν το σχηματισμό του πεπτιδικού δεσμού (Εικόνα 4). Οι μαθητές καλούνται ανά δύο να περιγράψουν με λίγα λόγια τον τρόπο σχηματισμού του δεσμού, ασκούμενοι έτσι στη γραφή και την έκφραση.





Εικόνα 4. Η περιγραφή των γεγονότων εξασκεί νοητικές ικανότητες. Εισαγωγή της έννοιας του μοριακού μοντέλου μέσω βίντεο προσομοίωσης στη Βιολογία

Σε επόμενο βίντεο<sup>4</sup> οι μαθητές παρακολουθούν τα ανώτερα επίπεδα οργάνωσης των πρωτεϊνικών μορίων (Εικόνα 5). Ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει τους όρους πρωτοταγής, δευτεροταγής, τριτοταγής και τεταρτοταγής δομή. Οι μαθητές καλούνται να αποφασίσουν ποιο είναι εκείνο το στάδιο διαμόρφωσης μιας πρωτεΐνης που καθορίζει την τρισδιάστατη δομή της. Αναπτύσσουν έτσι κριτική σκέψη απέναντι στη νέα πληροφορία που τους παρέχεται και καλούνται να οικοδομήσουν μόνοι τους τη νέα γνώση, καταλήγοντας ότι η σειρά των αμινοξέων καθορίζει την τρισδιάστατη δομή άρα και τη λειτουργία μιας πρωτεΐνης.



Εικόνα 5. Κατά την περιγραφή των σταδίων διαμόρφωσης μιας πρωτεΐνης γίνεται ταυτόχρονα αναφορά και στο είδος των χημικών δεσμών (ομοιοπολικοί, δεσμοί υδρογόνου)

#### 4η δραστηριότητα

Στην τέταρτη δραστηριότητα, μέρος της οποίας γίνεται ως εργασία στο σπίτι, οι μαθητές ανακαλούν ονόματα πρωτεϊνών και καταγράφουν τη λειτουργία τους. Αναζητούν στο διαδίκτυο τη δομή και τη λειτουργία μιας πρωτεΐνης της επιλογής τους και αναφέρονται στις συνέπειες της

έλλειψης ή της ελαττωματικής σύνθεσής της (αιμοσφαιρίνη- αναιμία, μελανίνη- αλφισμός, ινσουλίνη- διαβήτης). Τέλος, οι μαθητές καλούνται να σχεδιάσουν ένα πείραμα για να αναδείξουν τη σχέση δομής και λειτουργίας (για παράδειγμα, τη μετουσίωση πρωτεΐνης). Η ωολευκωματίνη του αυγού είναι ένα πολύ καλό, και γνωστό, παράδειγμα για τη μελέτη της μετουσίωσης, που μπορεί εύκολα να πραγματοποιηθεί στην τάξη.

Μετά την ολοκλήρωση και μελέτη του σεναρίου στο σπίτι οι μαθητές συμπληρώνουν ένα φύλλο εργασίας. Το φύλλο εργασίας μπορείτε να το κατεβάσετε από το δικτυακό τόπο <http://physcool.web.auth.gr>.

### Συζήτηση

Η εφαρμογή του παραπάνω σχεδίου έγινε μέσα στην τάξη τα τρία τελευταία χρόνια. Καταγράφηκαν αρκετές δυσκολίες που αφορούσαν κυρίως το ωρολόγιο πρόγραμμα, τη χρήση των αιθουσών που διαθέτουν υποστηρικτικό υλικό για Τ.Π.Ε., το γνωστικό υπόβαθρο των μαθητών, το χρόνο που απαιτείται για την μετακίνηση σε κατάλληλη αίθουσα. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του σεναρίου είναι διαφορετικά για κάθε τμήμα. Άλλωστε οι ίδιοι οι μαθητές ως βιολογικά συστήματα είναι πολυμορφικοί, μοναδικοί και απρόβλεπτοι όπως και τα τμήματά τους.

Θα ήταν υπερβολικά αισιόδοξο να ισχυριστούμε ότι το σχέδιο καλύπτει όλο το φάσμα των εννοιών που αναφέρονται στις πρωτεΐνες. Πλήθος διαδραστικών εφαρμογών με τις οποίες μπορεί κανείς να κατασκευάσει μια πρωτεΐνη και να προβλέψει τη δομή της είναι διαθέσιμες στο διαδίκτυο (για παράδειγμα στη διεύθυνση <http://fold.it/>). Η προσθήκη και δεύτερης ώρας στην εβδομαδιαία διδασκαλία της Βιολογίας Γενικής Παιδείας της Β' Λυκείου από το έτος 2014-2015 (αναφορά), θα οδηγήσει σε αναπόφευκτες τροποποιήσεις στο χρονοδιάγραμμα αλλά ίσως και στο περιεχόμενο της διδασκαλίας, δίνοντας τη δυνατότητα για πραγματική εμβάθυνση στις έννοιες.

### Παραπομπές

1. Το λογισμικό Βιολογία Α'-Γ' Γυμνασίου είναι διαθέσιμο στη διεύθυνση: <http://www.pi-schools.gr/software/gymnasio/viologia/>
2. Πίνακας αμινοξέων είναι διαθέσιμος στη διεύθυνση: <http://users.sch.gr//dgspanos/RNA-DNA/Aminoxea/Aminoxea.htm>
3. Το βίντεο είναι διαθέσιμο στη διεύθυνση: [http://www.youtube.com/watch?v=va0DNJId\\_CM](http://www.youtube.com/watch?v=va0DNJId_CM)
4. Το βίντεο είναι διαθέσιμο στη διεύθυνση: <http://www.youtube.com/watch?v=lijQ3a8yUYQ>

### Βιβλιογραφία

Linn, M.C., Davis, E.A., & Bell, P. (2004). Internet environments for science education. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). Science Education now. A renewed pedagogy for the future of Europe. European Commission, Directorate-General for research, Information and Communication Unit, High Level group on Science education (EUR 22845)



Η Γαρυφαλλιά Δομουχτσίδου είναι Βιολόγος, Διδάκτορας του Α.Π.Θ. (2001) στο αντικείμενο Κυτταρική Βιολογία-Οικοτοξικολογία και καθηγήτρια Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης από το 2003. Υπηρετεί στο Γενικό Λύκειο Διαπολιτισμικής Εκπαίδευσης Ευόσμου από το 2007.

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή

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

### **Θέρμανση νερού σε ηλιακό συλλέκτη**

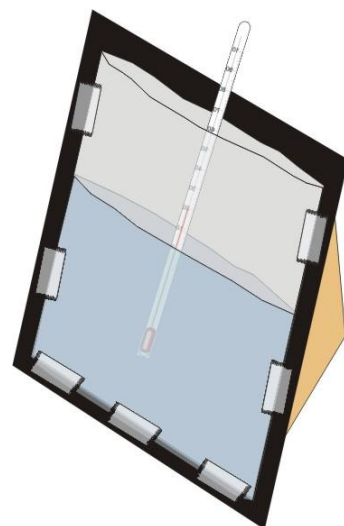
**Νεκτάριος Τσαγλιώτης**

Η Ελλάδα έχει περίπου το 1/5 των ηλιακών θερμοσίφωνων από εκείνους που είναι εγκατεστημένοι στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αυτό το διαπιστώνουμε εύκολα αν κοιτάξουμε στις ταράτσες των σπιτιών. Όμως, πώς ζεσταίνουν το νερό αυτοί οι ηλιακοί θερμοσίφωνες; Ας δοκιμάσουμε να φτιάξουμε ένα απλό ηλιακό συλλέκτη και να μελετήσουμε πως μπορούμε να ζεστάνουμε νερό μέσα σε μια πλαστική σακούλα.



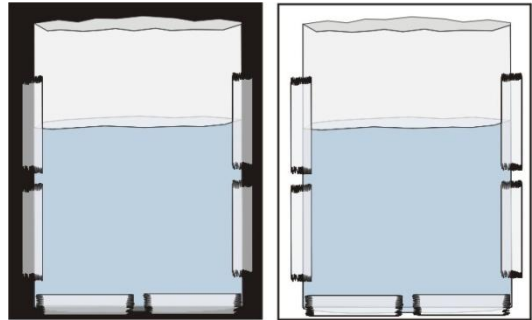
#### **Υλικά που χρειαζόμαστε**

- ✓ 2 χαρτόνια A<sub>4</sub>, ένα μαύρο και ένα άσπρο
- ✓ μερικές ίδιες πλαστικές σακούλες, λίγο μικρότερες σε μέγεθος από την επιφάνεια των χαρτονιών
- ✓ 2 θερμομέτρα οινόπνεύματος -10 έως 110 °C ή και απλά έως 50 °C
- ✓ ένα ογκομετρικό σωλήνα, κανάτα ή δοχείο 500 ml
- ✓ ισχυρή και διάφανη κολλητική ταινία
- ✓ μερικά βιβλία ή 2 χαρτόκουτες για τη στήριξη των χαρτονιών
- ✓ ψαλίδι, χάρακα, μαρκαδόρο ή μολύβι
- ✓ μηχανήμα πλαστικοποίησης για να πλαστικοποιήσουμε τα χαρτόνια, προκειμένου να μη μουλιάσουν ή χαλάσουν με το νερό που ενδέχεται να πέσει πάνω τους



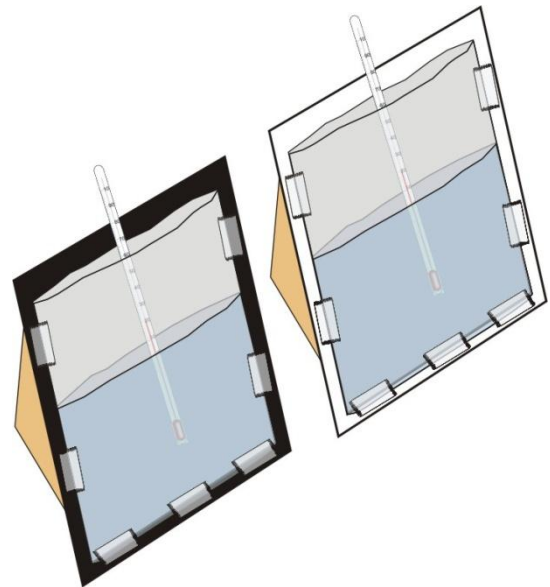
## Ας φτιάξουμε τον ηλιακό συλλέκτη

- 1 Πάρτε δύο χαρτόνια A4, ένα μαύρο και ένα άσπρο και δύο μικρές πλαστικές σακούλες που να χωρούν μέχρι 500 ml νερό και να έχουν διαστάσεις λίγο μικρότερες από τα χαρτόνια. Κολλήστε με δυνατή κολλητική ταινία τις σακούλες πάνω στα δύο χαρτόνια, στο μαύρο και στο άσπρο (βλ. διπλανό σχήμα). Χρησιμοποιήστε μια κανάτα ή ένα δοχείο για να βάλετε ίση ποσότητα νερού μέσα στις δύο σακούλες, ας πούμε 300 ml σε κάθε μία.



- 2 Πάρτε μερικά βιβλία ή ένα χαρτόκουτο για να στηρίξετε τα χαρτόνια και τις σακούλες με το νερό και βγείτε έξω στην αυλή σε μια ηλιόλουστη μέρα.

Στρέψτε τα χαρτόνια με τις σακούλες προς τον ήλιο και βάλτε από ένα θερμόμετρο οινόπνευματος μέσα στο νερό που υπάρχει σε κάθε σακούλα. Μετράτε τη θερμοκρασία του νερού και στις δύο σακούλες κάθε 5 λεπτά για μισή ώρα και φτιάχνετε έναν πίνακα ή ένα διάγραμμα με τις μετρήσεις σας.



### Πηγαίνοντας το πείραμα πιο πέρα:

Δοκιμάστε να βάλετε 200 ή 400 ml νερού σε κάθε σακούλα. Τι θα συμβεί;

Αν κλείσετε από πάνω με κολλητική ταινία τις σακούλες με το νερό θα αλλάξει κάτι;

Τι θα συμβεί εάν προσθέσετε 2-3 κουταλιές ζάχαρη ή αλάτι στο νερό που υπάρχει μέσα στις σακούλες;

Το πείραμα αυτό μπορεί να ενταχθεί στα κεφάλαια «Ενέργεια» και «Θερμότητα» του *Ερευνώ & Ανακαλύπτω* της Στ' τάξης. Για μια εφαρμογή του στην πράξη επισκεφτείτε τη διεύθυνση: <http://efepereth.wikidot.com/solar-collector>. Επιπλέον, μπορεί να αποτελέσει μια εισαγωγική δραστηριότητα για την κατασκευή ενός απλού ηλιακού θερμοσίφωνα (<http://efepereth.wikidot.com/serpentine-solar-water-heater>).



Ο Νεκτάριος Τσαγλιώτης είναι εκπαιδευτικός-ερευνητής στο πεδίο της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες. Διδάσκει στο δημοτικό σχολείο τα τελευταία 16 χρόνια και συμμετέχει ερευνητικά σε Ευρωπαϊκά Προγράμματα με έμφαση στη διερευνητική προσέγγιση διδασκαλίας και μάθησης των Φυσικών Επιστήμων. Ενδιαφέρεται για τον εκπαιδευτικό σχεδιασμό και την εργαστηριακή πρακτική μέσα από απλά πειράματα και κατασκευές, καθώς επίσης για τα αυθεντικά περιβάλλοντα διδασκαλίας και μάθησης στις φυσικές επιστήμες, μέσα από ένα ιστορικό και γνωσιοθεωρητικό υπόβαθρο.

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](mailto:physcool@auth.gr)

### **8οι Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών**

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

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

Στους αγώνες θα παρουσιαστούν εργασίες εκπαιδευτικών ή/και εργασίες εκπαιδευτικών που πραγματοποιήθηκαν με συμμετοχή μαθητών Δευτεροβάθμιας ή/και Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης με κεντρικό άξονα το θέμα: «Διαφωτίζοντας την εκπαίδευση των

Φυσικών Επιστημών». Οι εργασίες, ατομικές ή ομαδικές, μπορούν να είναι: κατασκευές, πειράματα, καινοτόμο εκπαιδευτικό υλικό σε μορφή έντυπη ή ηλεκτρονική (video, cd-rom, λογισμικό), θεατρική παράσταση, προτάσεις για workshop και on-stage activities (παρουσιάσεις). Όλες οι εργασίες θα πρέπει να είναι δομημένες στις μεθόδους της διερευνητικής μάθησης (Inquiry-based learning).

Δικαίωμα συμμετοχής έχουν οι εκπαιδευτικοί κλάδων ΠΕ04, ΠΕ03, ΠΕ12, ΠΕ19, ΠΕ20, ΠΕ60 και ΠΕ70, όλων των σχολείων Δευτεροβάθμιας και Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης της χώρας, καθώς και οι αποσπασμένοι εκπαιδευτικοί Δευτεροβάθμιας και Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης σε φορείς εποπτευόμενους από το Υ.ΠΑΙ.Θ. (Α.Ε.Ι., Τ.Ε.Ι., Π.Ε.Κ., Ε.Κ.Φ.Ε. κ.τ.λ.).

Η κεντρική εκδήλωση του προγράμματος Science on Stage – Europe θα πραγματοποιηθεί 17 έως 20 Ιουνίου 2015, στο Queen Mary University στο Λονδίνο. Οι εκπαιδευτικοί που θα συμμετέχουν στην κεντρική εκδήλωση του προγράμματος Science on Stage – Europe στο Queen Mary University στο Λονδίνο θα συμμετέχουν επίσης και στα σεμινάρια και τα

workshops που θα πραγματοποιηθούν κατά την διάρκεια της εκδήλωσης. Η γλώσσα της κεντρικής εκδήλωσης του προγράμματος είναι η Αγγλική.

Τα έξοδα διαμονής στο Λονδίνο των επτά εκπαιδευτικών που θα βραβευθούν στους 8<sup>ους</sup> Πανελλήνιους Αγώνες, θα καλυφθούν από το πρόγραμμα Science on Stage – Europe. Τα έξοδα μετάβασης στο Λονδίνο καθώς και τα έξοδα μετάβασης και διαμονής στην Αθήνα για τους 8<sup>ους</sup> Πανελλήνιους Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών θα βαρύνουν τους συμμετέχοντες στους Αγώνες.

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

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

### **3ο Πανελλήνιο Εκπαιδευτικό Συνέδριο Ημαθίας**

Η Πανελλήνια Ένωση εκπαιδευτικών για τις Φυσικές Επιστήμες «Μιχάλης Δερτούζος», η Ελληνική Ένωση για την Αξιοποίηση των ΤΠΕ στην Εκπαίδευση» (e-Δίκτυο-ΤΠΕ-Ε), και το Παράρτημα της Ένωσης Ελλήνων Φυσικών Ημαθίας, σε συνεργασία με το Δήμο Νάουσας, τη Δ/νση Δ/θμιας Εκπ/σης Ν. Ημαθίας, τη Δ/νση Π/θμιας Εκπ/σης Ν. Ημαθίας και το Σύλλογο Επιμορφωτών ΤΠΕ@Ε, διοργανώνουν το 3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Εκπαιδευτικό Συνέδριο Ημαθίας με θέμα: «Αξιοποίηση των Τ.Π.Ε. στη διδακτική πράξη».

Το συνέδριο απευθύνεται σε εκπαιδευτικούς όλων των βαθμίδων και ειδικοτήτων, νέους επιστήμονες, ερευνητές, φοιτητές και σε στελέχη εκπαίδευσης που ενδιαφέρονται για την αξιοποίηση των ΤΠΕ στην εκπαίδευση και την ανάπτυξη των σχετικών υποδομών και εφαρμογών στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα.

Κύριος σκοπός του συνεδρίου είναι να αναδείξει ιδέες και εμπειρίες σχετικές με την αξιοποίηση των Τ.Π.Ε. στη διδακτική πράξη.

Κατά τη διάρκεια του συνεδρίου θα πραγματοποιηθούν κεντρικές ομιλίες, workshops (εργαστήρια), tutorials, προφορικές ανακοινώσεις, παρουσιάσεις αφίσας και στρογγυλά τραπέζια σχετικά με τη θεματολογία του συνεδρίου, που θα πλαισιώνονται από παράλληλες συνεδρίες ειδικοτήτων.

Η Οργανωτική Επιτροπή καλεί όσους και όσες ενδιαφέρονται, να υποβάλουν εργασίες σχετικές με τη θεματολογία του Συνεδρίου, μέχρι 1 Φεβρουαρίου 2014. Για να παρουσιαστεί μια εργασία στο συνέδριο θα πρέπει να έχει θετική αξιολόγηση από 2 τουλάχιστον μέλη της επιτροπής κριτών. Πληροφορίες σχετικά με την υποβολή εργασιών είναι διαθέσιμες στο δικτυακό τόπο του Συνεδρίου: <http://hmathia14.ekped.gr/> και στο facebook: <https://www.facebook.com/hmathia2014>





