

# Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση



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

Η φωτογραφία του τρέχοντος εξωφύλλου έχει ληφθεί από τον κ. Παναγιώτη Κουμαρά. Ο δρόμος είναι χιονισμένος και παγωμένος ωστόσο η περιοχή πάνω από τη σχάρα είναι καθαρός: το χιόνι έχει λιώσει. Γιατί συμβαίνει αυτό; Πώς μπορεί να αξιοποιηθεί στη διδακτική πράξη;

Στείλτε μας την απάντησή σας και τη διδακτική σας πρόταση στην ηλεκτρονική διεύθυνση [physcool@auth.gr](mailto:physcool@auth.gr). Οι πιο ενδιαφέρουσες θα δημοσιευτούν στο επόμενο τεύχος. Δείτε σχετικά με την ερμηνεία για τη φωτογραφία του 12<sup>ου</sup> τεύχους στη σελίδα 78.

<b>Editorial</b>	4
<b>Για το περιοδικό</b>	5-6
<b>Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες</b>	
<i>Οι εγκάρσιες έννοιες στο σχολικό εγχειρίδιο των Φυσικών επιστημών της Ε' τάξης του Δημοτικού σχολείου, Σ. Τσέτσος</i>	7-19
<b>Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο</b>	
<i>Γιατί οι μαθητές του Λυκείου έχουν πρόβλημα με τις εξισώσεις της Φυσικής; Η «συμβολική επανάσταση» στην άλγεβρα και οι συνέπειές της στη διδασκαλία της Φυσικής, Ν. Κανδεράκης</i>	21-27
<i>Η αξιοποίηση του επιταχυνσιόμετρου των smartphones στη διδασκαλία Μηχανικών φαινομένων και η σύγκρισή του με επαγγελματικό σειсмоγράφο, Α. Πάλλας</i>	29-40
<i>Video Based Laboratory: Διατήρηση μηχανικής ενέργειας, Β. Νούσης</i>	41-52
<b>Μέσα στην τάξη</b>	
<i>Κάνοντας Φυσική με τα λογισμικά Geogebra, Step και Mathematica στη σχολική τάξη, Π. Πετρίδης</i>	53-64
<i>Η μέθοδος jigsaw στη διδασκαλία των νουκλειικών οξέων, Σ. Γιαγτζόγλου</i>	65-72
<b>Σκουπιδομαζέματα-επιστημοσκορπίσματα</b>	
<i>Τα μπαλόνια έγιναν για να γεμίζουν με αέρα και τα μπουκάλια με νερό, Π. Κουμαράς</i>	73-75
<b>Πρόκειται να συμβούν</b>	77
<b>Γράψατε για το εξώφυλλο</b>	78

## Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση – ISSN 2241-7680

### Εκδοτική ομάδα

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

### Διαχείριση δικτυακού τόπου

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

### Συντακτική ομάδα

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

### Επιμέλεια Εξώφυλλου

**Μαΐδου Ανθούλα**, Εκπ/κος Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης

### Επιστημονική Επιτροπή

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

**Πράμας Χρήστος**, Δρ. Διδακτικής της Φυσικής, Σχ. Σύμβουλος Π/βάθμιας Εκπ/σης Σερρών  
**Πριμεράκης Γιώργος**, Δάσκαλος Π/βάθμιας Εκπ/σης  
**Ρούμελης Νικόλαος**, Δρ. Χημείας, Σχ. Σύμβουλος ΠΕ04 Κυκλάδων  
**Σκουμιός Μιχάλης**, Λέκτορας του Π.Τ.Δ.Ε. του Παν. Αιγαίου  
**Σολομωνίδου Χριστίνα**, π. Καθηγήτρια του Π.Τ.Δ.Ε. του Παν. Θεσσαλίας  
**Σπανός Σεραφεΐμ**, Δρ. Φυσικής, Εκπ/κός Δ/βάθμιας Εκπ/σης  
**Σταυρίδου Ελένη**, π. Καθηγήτρια του Π.Τ.Δ.Ε. του Α.Π.Θ.  
**Τσαγλιώτης Νεκτάριος**, Δάσκαλος Π/βάθμιας Εκπ/σης  
**Τσιτοπούλου-Χριστοδουλίδη Ευγενία**, Υπεύθυνη Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω  
**Φανουράκη Ελευθερία**, Δρ. Βιολογίας, Υπεύθυνη 1ου Ε.Κ.Φ.Ε. Ηρακλείου  
**Φασουλόπουλος Γιώργος**, Δρ. Διδακτικής της Φυσικής, Εκπ/κός Δ/βάθμιας Εκπ/σης  
**Χαλκιά Κρυσταλία**, Καθηγήτρια του Π.Τ.Δ.Ε. του Ε.Κ.Π.Α.  
**Χαραλάμπος Μάριος**, Δρ. Διδακτικής της Φυσικής, Εκπ/κός Π/βάθμιας Εκπ/σης Κύπρου

## Editorial – Δεκέμβριος 2016

Σας καλωσορίζουμε στο 13ο τεύχος του περιοδικού και σας ευχόμαστε ό,τι καλύτερο για το 2017.

Το παρόν τεύχος φιλοξενεί επτά εργασίες οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών τόσο στο Δημοτικό Σχολείο όσο στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο.

Οι εγκάρσιες έννοιες, μία έννοια που έχει κάνει την εμφάνισή της και στα αναλυτικά προγράμματα της Ελλάδας, αναλύονται σε ό,τι αφορά την εμφάνιση και αξιοποίησή τους στα εγχειρίδια Φυσικών Επιστημών της Ε' Δημοτικού, από τον Σταύρο Τσέτσο.

Οι δυσκολίες των μαθητών στην αξιοποίηση των μαθηματικών εννοιών και της Άλγεβρας στο μάθημα της Φυσικής αποτελούν το αντικείμενο της εργασίας του Νίκου Κανδεράκη. Η εννοιολογική περιπλοκότητα των αλγεβρικών εξισώσεων διερευνάται μέσα από την ιστορική εξέλιξη της Άλγεβρας και αναδεικνύονται οι λόγοι των προβλημάτων που συναντούν οι μαθητές.

Η χρήση των έξυπνων κινητών και των τάμπλετς, μέσω των αισθητήρων με τους οποίους είναι εξοπλισμένα, ξετυλίγεται και ολοκληρώνεται στο άρθρο του Αναστάσιου Πάλλα, που αποτελεί ουσιαστικά συνέχεια του άρθρου που φιλοξενήθηκε στο προηγούμενο τεύχος.

Η πειραματική μελέτη της αρχής διατήρησης της ενέργειας στο Λύκειο

προτείνεται, από το Βασίλη Νούση, με τη χρήση του λογισμικού Tracker. Το συγκεκριμένο λογισμικό, το οποίο έχει παρουσιαστεί και σε παλαιότερες εργασίες που φιλοξενήθηκαν στο περιοδικό, φαίνεται ότι μπορεί να αποτελέσει ένα ισχυρό διδακτικό εργαλείο που αξίζει της προσοχής όσων διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες.

Ο Παναγιώτης Πετρίδης στη δική του εργασία αντιπροτείνει τη χρήση των λογισμικών Geogebra, Step και Mathematica για τη διερευνητική μελέτη κρούσεων και της φθίνουσας ταλάντωσης. Οι συνάδελφοι που διδάσκουν Φυσική στη Γ' Λυκείου θα βρουν χρήσιμη, πέρα από το «πειραματικό» κομμάτι της εργασίας, και τη θεωρητική μελέτη των φθινουσών ταλαντώσεων.

Ο Στέφανος Γιαγτζόγλου, μας εισάγει στη διδακτική μέθοδο jigsaw και παρουσιάζει μία εφαρμογή από τη θεματική της Βιολογίας.

Τέλος, ο Παναγιώτης Κουμαράς προτείνει την αναπροσαρμογή ενός πειράματος που γίνεται τόσο στο Δημοτικό όσο και στο Γυμνάσιο αξιοποιώντας πιο εύκολα διαχειρίσιμα υλικά.

Ευελπιστούμε ότι θα βρείτε χρήσιμες όλες τις εργασίες και ότι θα εμπνεύσουν την δημιουργικότητά σας στην καθημερινή σχολική πραγματικότητα.

Καλή δύναμη σε όλους!

Εκ μέρους της εκδοτικής ομάδας  
Θοδωρής Πιερράτος

## **Πρόσκληση για εργασίες**

Καλωσορίζουμε εργασίες τριών κατηγοριών:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Επιπλέον στο περιοδικό σχεδιάζεται να υπάρχουν:

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

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

## **Οι εγκάρσιες έννοιες στο σχολικό εγχειρίδιο των Φυσικών επιστημών της Ε΄ τάξης του Δημοτικού σχολείου**

**Σταύρος Τσέτσος**

Το 2012 το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας (National Research Council) των Η.Π.Α δημοσίευσε ένα νέο πλαίσιο για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.), το οποίο στηρίζεται σε τρεις διαστάσεις μάθησης από την προσχολική εκπαίδευση μέχρι και την τελευταία τάξη του Λυκείου. Το πλαίσιο αυτό συγκρότησε τη βάση για τη διαμόρφωση νέων αναλυτικών προγραμμάτων και στόχων στην εκπαίδευση των Φ.Ε. των Η.Π.Α (NGSS, 2013). Το πλαίσιο και τα νέα αναλυτικά προγράμματα ενστερνίστηκαν 26 πολιτείες των Η.Π.Α. και επίκειται να ακολουθήσουν το παράδειγμα των παραπάνω και άλλες πολιτείες των Η.Π.Α (NRC, 2012).

Οι τρεις διαστάσεις της μάθησης είναι οι επιστημονικές πρακτικές, οι εγκάρσιες έννοιες και οι βασικές ιδέες. Επιστημονικές πρακτικές είναι οι διαδικασίες τις οποίες ακολουθούν οι επιστήμονες για την παραγωγή και τη μελέτη των μοντέλων καθώς και την κατασκευή των θεωριών που σχετίζονται με τον κόσμο σύμφωνα με το NCR (2012). Τις ίδιες διαδικασίες που ακολουθούν οι επιστήμονες θα ακολουθούν και οι μαθητές για την ανακάλυψη των γνώσεων των Φ.Ε. Οι βασικές ιδέες είναι οι γνώσεις που πρέπει να διδάσκονται οι μαθητές από το νηπιαγωγείο μέχρι και το Λύκειο και οι οποίες εκλεπτόνονται καθώς οι μαθητές φοιτούν σε μεγαλύτερη τάξη και βαθμίδα εκπαίδευσης. Η τρίτη διάσταση, οι εγκάρσιες έννοιες, είναι οι έννοιες που γεφυρώνουν τις βασικές ιδέες όλων των περιοχών των Φ.Ε.

Όμως ποιες είναι οι εγκάρσιες έννοιες και ποια τα χαρακτηριστικά τους;

Οι εγκάρσιες έννοιες είναι οι εξής (Duschl, 2011; NRC, 2012):

1. Μοτίβα (πρότυπα),
2. αιτία και αποτέλεσμα (μηχανισμός, εξήγηση),
3. κλίμακα, αναλογία και ποσότητα,
4. συστήματα και μοντέλα του συστήματος,
5. ενέργεια και ύλη (ροές, κύκλοι, διατήρηση),

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

6. δομή και λειτουργία,
7. σταθερότητα και αλλαγή.

Τα χαρακτηριστικά των εγκάρσιων εννοιών είναι τα ακόλουθα:

- Αποσκοπούν στην πληρέστερη αντίληψη των βασικών ιδεών, καθώς επίσης και σε μια επιστημονικά ευρύτερη θέαση εκ μέρους των μαθητών για τον κόσμο που μας περιβάλλει (NRC, 2012).
- Προπαρασκευάζουν τη σύνδεση των γνώσεων που προσλαμβάνουν από περιοχή σε περιοχή των Φ.Ε. (ΑΑΑΣ, 1989; ΑΑΑΣ, 2009; NRC, 1996).
- Δεν απαιτείται η εκμάθηση και διαχείρισή τους ως ρητός μαθησιακός στόχος από τους μαθητές, αλλά η εκμάθηση και η διαχείρισή τους επιτυγχάνεται ύστερα από τη διαρκή ενασχόλησή τους με τις έννοιες και τα φαινόμενα των Φ.Ε. και συγχρόνως με τη δραστηριοποίησή τους στις επιστημονικές πρακτικές (College Board, 2010).
- Προσδίδουν στους μαθητές διάφορα νοητικά εργαλεία όταν προσπαθούν να διερευνήσουν, να προβλέψουν ή να εξηγήσουν ένα φαινόμενο (College Board, 2010).
- Συντελούν στη βαθύτερη κατανόηση των επιστημονικών πρακτικών (ΑΑΑΣ, 2009; NRC, 2012), αφού συχνά κάποια επιστημονική πρακτική συνδέεται με κάποια εγκάρσια έννοια.
- Η συνεχής ενασχόληση με τις εγκάρσιες έννοιες σε όλη τη διάρκεια της φοίτησης εξοικειώνουν τους μαθητές στη χρήση τους (NRC, 2012).
- Εκλεπτύνονται από τάξη σε τάξη ακολουθώντας την εκλέπτυνση των βασικών ιδεών, γεγονός που συντελεί στην καλύτερη κατανόησή τους (NRC, 2012).
- Οδηγούν τους μαθητές στη χρήση ενός κοινού λεξιλογίου για όλες τις περιοχές της Φ.Ε. ώστε, από τη μια οι μαθητές να αντιλαμβάνονται πληρέστερα τις έννοιες και από την άλλη να υποβοηθούνται οι μαθητές που παρουσιάζουν μαθησιακές δυσκολίες ή προβλήματα στη χρήση της γλώσσας (ΑΑΑΣ, 2009; NRC, 2012).

Ο σκοπός αυτής της μελέτης είναι η ανάλυση του σχολικού εγχειριδίου των Φ.Ε. της Ε' τάξης του Δημοτικού Σχολείου ως προς τις εγκάρσιες έννοιες που εμπεριέχονται σ' αυτό. Συνεπώς, τα ερευνητικά ερωτήματα που αναδύονται είναι τα εξής:

A. Ποιες εγκάρσιες έννοιες συμπεριλαμβάνονται στο περιεχόμενο του σχολικού εγχειριδίου «Ερευνώ και Ανακαλύπτω – Τετράδιο Εργασιών» και σε ποιο βαθμό;

B. Από τις εγκάρσιες έννοιες που εντοπίζονται στο συγκεκριμένο σχολικό εγχειρίδιο, ποιες πτυχές τους υπεισέρχονται στο περιεχόμενό του και σε ποιο βαθμό;

### **Μεθοδολογία**

Η μεθοδολογική προσέγγιση που επιλέχθηκε ήταν η ανάλυση περιεχομένου. Η προσέγγιση αυτή



## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

χρησιμοποιείται από τη συντριπτική πλειοψηφία των ερευνητών τα τελευταία δώδεκα χρόνια σύμφωνα με την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας που διεξήχθη κατά τη διάρκεια της παρούσας μελέτης. Το δείγμα πορίστηκε από μέρος του διδακτικού πακέτου των Φ.Ε. που διδάσκεται στην Ε' τάξη του δημοτικού σχολείου «Ερευνώ και ανακαλύπτω» και συγκεκριμένα από «Το Τετράδιο Εργασιών» (Αποστολάκης κ.ά., 2006). Το πλέγμα ανάλυσης (παράρτημα Α, διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο του περιοδικού) συγκροτήθηκε από τις επτά εγκάρσιες έννοιες (ως εννοιολογικές κατηγορίες του πλέγματος) όπως καθορίζονται από το National Research Council (NRC, 2012) και από τις πτυχές των εγκάρσιων εννοιών (ως εννοιολογικές υποκατηγορίες του πλέγματος), τα χαρακτηριστικά των οποίων αντλήθηκαν από το νέο εννοιολογικό πλαίσιο του NRC. Στην παρούσα εργασία οι εγκάρσιες έννοιες θα αναφέρονται συνοπτικά με τα αρχικά ΕΕ.

Ως μονάδα ανάλυσης επιλέχτηκε η δραστηριότητα. Ως δραστηριότητα ορίστηκε κάθε τμήμα του κειμένου με συγκεκριμένο νόημα. Τα τμήματα του κειμένου που ορίστηκαν ως δραστηριότητες είναι τα πειράματα με ή χωρίς συμπεράσματα (με εικόνες, διαγράμματα, πίνακες, σκίτσα ή και χωρίς αυτά), η εισαγωγή κάθε ενότητας (με τις τυχόν συνοδευόμενες εικόνες, διαγράμματα ή πίνακες), κάθε άλλο τμήμα του κειμένου που παρέχει πληροφορίες στον μαθητή ή τον καλεί να δραστηριοποιηθεί (συνοδευόμενο από τυχόν εικόνες, διαγράμματα ή πίνακες). Επίσης ως δραστηριότητα καταχωρήθηκε και κάθε αριθμημένη από τους συγγραφείς του εγχειριδίου «εργασία για το σπίτι» μαζί με τις εικόνες, διαγράμματα, πίνακες ή σκίτσα που τυχόν τη συνοδεύουν. Σύμφωνα με τις παραπάνω προϋποθέσεις καταμετρήθηκαν 313 μονάδες ανάλυσης (βλέπε Παράρτημα Β, διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο του περιοδικού).

Οι εννοιολογικές κατηγορίες προσδιορίστηκαν εκ των προτέρων, δεδομένου ότι προϋπήρχαν στο εννοιολογικό πλαίσιο NRC (2012) και αυτή η παράμετρος ενισχύει την εγκυρότητα του εργαλείου συλλογής δεδομένων. Οι πτυχές των εγκάρσιων εννοιών, που αποτελούν τις εννοιολογικές υποκατηγορίες του πλέγματος ανάλυσης, αντλήθηκαν από το εννοιολογικό πλαίσιο του NRC (2012) ύστερα από τη μελέτη δύο ερευνητών.

### **Ανάλυση δεδομένων**

Στο εγχειρίδιο της Ε' τάξης «Ερευνώ και Ανακαλύπτω – Βιβλίο του Μαθητή» καταμετρήθηκαν συνολικά 313 δραστηριότητες. Από αυτές οι 175 περιλαμβάνονται στις δραστηριότητες του περιεχομένου και οι υπόλοιπες 138 στις δραστηριότητες - «Εργασίες για το σπίτι». Για την εφαρμογή της ανάλυσης εφαρμόστηκαν δύο στάδια. Κατά το πρώτο στάδιο αναλύθηκαν αρχικά οι δραστηριότητες του περιεχομένου και κατά το δεύτερο στάδιο αναλύθηκαν οι δραστηριότητες-«εργασίες για το σπίτι».

Κατά τη διαδικασία του εντοπισμού των εγκάρσιων εννοιών επισημάνθηκαν δραστηριότητες που συμπεριλάμβαναν περισσότερες της μιας εγκάρσιας έννοιας. Επίσης επισημάνθηκαν δραστηριότητες, που η κάθε μια συμπεριλάμβανε όμοιες και ανόμοιες εγκάρσιες έννοιες. Η καταχώρηση όμοιων

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

εγκάρσιων εννοιών σε μια δραστηριότητα οφείλεται κυρίως στην εμφάνιση δυο εγκάρσιων εννοιών στην ίδια κατηγορία, αλλά με διαφορετικές υποκατηγορίες και δευτερευόντως στην επανεμφάνιση της ίδιας κατηγορίας με την ίδια υποκατηγορία. Επομένως, οι όμοιες εγκάρσιες έννοιες μιας δραστηριότητας καταχωρήθηκαν προσθετικά στο βαθμό εμφάνισης των συνολικών εγκάρσιων εννοιών.

Στη συνέχεια παρατίθεται ενδεικτικά μια μονάδα ανάλυσης (δραστηριότητα) και παρουσιάζεται η ανάλυση που ακολουθήθηκε.

*Μονάδα ανάλυσης (90η δραστηριότητα του περιεχομένου)*

Στις σελίδες 112-113, στο εγχειρίδιο «Ερευνώ και ανακαλύπτω – Τετράδιο Εργασιών», καταγράφεται η παρακάτω δραστηριότητα:

*«Κατασκεύασε το κύκλωμα που βλέπεις στην εικόνα. Ακούμπησε τους συνδετήρες στα αντικείμενα που είναι σημειωμένα στον πίνακα της επόμενης σελίδας. Με ποια υλικά ανάβει το λαμπάκι;»*



ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	ΥΛΙΚΟ	ΤΟ ΛΑΜΠΑΚΙ ΑΝΑΒΕΙ	ΤΟ ΛΑΜΠΑΚΙ ΔΕΝ ΑΝΑΒΕΙ
αλουμινόφυλλο	αλουμίνιο		
κουταλάκι	ατσάλι		
ποτήρι	γυαλί		
δαχτυλίδι	άργυρος		
καλαμάκι	πλαστικό		
λαστιχάκι	καουτσούκ		
μπλουζάκι	ύφασμα		
κλαδί	ξύλο		
μολύβι ξυσμένο από τις δύο άκρες	γραφίτης		
σύρμα από καλώδιο	χαλκός		

*Ανάλυση της δραστηριότητας ως προς τις εγκάρσιες έννοιες που τη διατρέχουν*

Τα συστήματα και μοντέλα συστήματος (ΕΕ4) και δομή και λειτουργία (ΕΕ6) (βλέπε Πίνακα Α.1, Παράρτημα Α, διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο του περιοδικού ) είναι οι κατηγορίες που συνδέονται με

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

τη δραστηριότητα, αφού εμπλέκουν το μαθητή στη συγκρότηση μοντέλου (υποκατηγορία) από τη μια και στην κατανόηση της λειτουργίας του μοντέλου (υποκατηγορία) από την άλλη με τη χρήση διαφόρων υλικών.

### Αποτελέσματα

Υστερα από την ανάλυση όλων των δραστηριοτήτων του σχολικού εγχειριδίου «Ερευνώ και ανακαλύπτω – Τετράδιο Εργασιών» της Ε' τάξης του Δημοτικού Σχολείου (παράρτημα Β, διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο του περιοδικού) ακολούθησε ο προσδιορισμός των συχνοτήτων και των εκατοστιαίων συχνοτήτων των βασικών ιδεών (Πίνακας 1) καθώς και των επί μέρους ιδεών (Πίνακες 2 έως 8).

Εγκάρσιες έννοιες (EE)	Δραστηριότητες του περιεχομένου στο «Ερευνώ και Ανακαλύπτω-Τετράδιο Εργασιών» Ε' Δημοτικού	
	Συχνότητες	
	N	N%
Μοτίβα (EE1)	54	17,3
Αιτία και αποτέλεσμα (EE2)	192	61,3
Κλίμακα, αναλογία και ποσότητα (EE3)	85	27,2
Συστήματα και μοντέλα του συστήματος (EE4)	51	16,3
Ενέργεια και ύλη (EE5)	79	25,2
Δομή και λειτουργία (EE6)	88	28,1
Σταθερότητα και αλλαγή (EE7)	173	55,3

Πίνακας 1. Προσδιορισμός των συχνοτήτων και των εκατοστιαίων συχνοτήτων των βασικών ιδεών

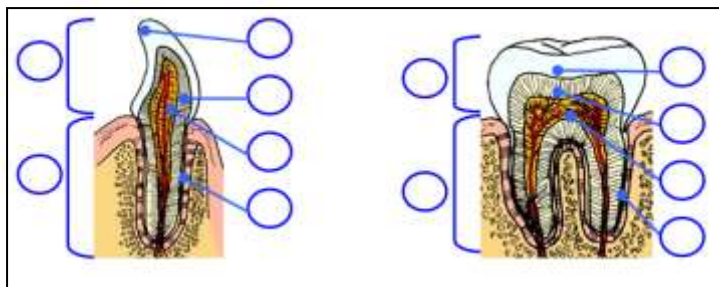
### EE1. Μοτίβα

Μοτίβα: Υποκατηγορίες	N	N%
	Συχνότητες	Συχνότητες
1. Ταξινόμηση	26	72,2
2. Κατανομές	6	16,7
3. Σχέσεις ανάμεσα σε μεταβλητές	3	8,3
4. Μεταβολές και ρυθμοί μεταβολής	1	2,8
Σύνολο	36	

Πίνακας 2. Προσδιορισμός των συχνοτήτων και των εκατοστιαίων συχνοτήτων της EE1 (μοτίβα)

Για παράδειγμα, στη σελ. 61 του εγχειριδίου η παρακάτω εικόνα συνδέεται με την εγκάρσια έννοια των μοτίβων και συγκεκριμένα με την υποκατηγορία της ταξινόμησης. Τα μέρη του κάθε είδους δοντιού χαρακτηρίζονται από μια μόνιμη ακολουθία.

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο



ΕΕ2. Αιτία και αποτέλεσμα

Αιτία και αποτέλεσμα: Υποκατηγορίες	N	N%
	Συχνότητες	Συχνότητες
1. Διερεύνηση και χρήση αιτιακών_σχέσεων	45	33,6
2. Μηχανισμός αιτιακών σχέσεων	9	6,7
3. Εξήγηση αιτιακών σχέσεων	80	59,7
4. Αιτιότητα και συσχέτιση	0	0
Σύνολο	134	

Πίνακας 3. Προσδιορισμός των συχνοτήτων και των εκατοστιαίων συχνοτήτων της ΕΕ2 (αιτία και αποτέλεσμα)

Για παράδειγμα στη σελ. 82 του εγχειριδίου η παρακάτω δραστηριότητα συνδέεται με την εγκάρσια έννοια της αιτίας και του αποτελέσματος και συγκεκριμένα με την υποκατηγορία της διερεύνησης και της χρήσης αιτιακών σχέσεων.

«Τα μαλλιά μας στεγνώνουν μετά το λούσιμο, ακόμη κι αν δεν τα σκουπίσουμε. Αν μάλιστα τα φυσά ζεστός αέρας, στεγνώνουν πιο γρήγορα. Γιατί άραγε συμβαίνει αυτό;»



ΕΕ3. Αναλογία, κλίμακα και αποτέλεσμα

Αναλογία, κλίμακα, ποσότητες: Υποκατηγορίες	N	N%
	Συχνότητες	Συχνότητες
1. Σχέσεις μεταξύ κλιμάκων	0	0
2. Μονάδες μέτρησης	16	32
3. Δυνατότητα εκτίμησης	9	18
4. Έννοια και σχέσεις μεταξύ των ποσοτήτων	15	30
5. Δυνατότητα πρόβλεψης	0	0
6. Αναγνώριση και εφαρμογή υπολογιστικών και στατιστικών σχέσεων	10	20

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

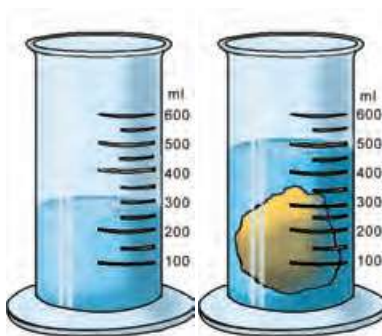
Σύνολο

50

Πίνακας 4. Προσδιορισμός των συχνοτήτων και των εκατοστιαίων συχνοτήτων της ΕΕ3 (αναλογία, κλίμακα και αποτέλεσμα)

Για παράδειγμα, η δραστηριότητα στη σελ. 22 του εγχειριδίου συνδέεται με την εγκάρσια έννοια της αναλογίας, της κλίμακας και των ποσοτήτων. Ειδικότερα συνδέεται με την υποκατηγορία της αναγνώρισης και εφαρμογής υπολογιστικών και στατιστικών σχέσεων.

«Παρατήρησε τις εικόνες. Μπορείς να υπολογίσεις τον όγκο του βυθισμένου σώματος;»



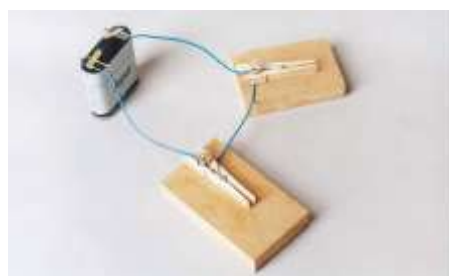
ΕΕ4. Συστήματα και μοντέλα συστήματος

Συστήματα και μοντέλα του συστήματος: Υποκατηγορίες	N Συχνότητες	N% Συχνότητες
1. Συγκρότηση μοντέλου	16	51,6
2. Ανάλυση μοντέλου	5	16,1
3. Βελτίωση μοντέλου	0	0
4. Αναθεώρηση μοντέλου	0	0
5. Δυνατότητα περιγραφής του μοντέλου	8	25,8
6. Εξειδίκευση του μοντέλου	2	6,5
7. Σχέσεις των υποσυστημάτων και συστημάτων	0	0
Σύνολο	31	

Πίνακας 5. Προσδιορισμός των συχνοτήτων και των εκατοστιαίων συχνοτήτων της ΕΕ4 (συστήματα και μοντέλα συστήματος)

Για παράδειγμα στη σελ. 120 του εγχειριδίου η δραστηριότητα συνδέεται με την εγκάρσια έννοια των συστημάτων και μοντέλων του συστήματος και συγκεκριμένα με την υποκατηγορία της συγκρότηση μοντέλου.

« Κατασκεύασε το κύκλωμα της εικόνας»



## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

### EE5.Ενέργεια και ύλη

Ενέργεια και ύλη: Υποκατηγορίες	N Συχνότητες	N% Συχνότητες
1. Μετατροπή της ενέργειας	25	53,2
2. Διατήρηση της ύλης και της ενέργειας	8	17
3. Η ύλη και η ενέργεια απαραίτητα στοιχεία των οργανισμών	12	25,5
4. Κύκλοι της ύλης και της ενέργειας στα διάφορα συστήματα	0	0
5. Εκροές και εισροές	2	4,3
Σύνολο	47	

Πίνακας 6. Προσδιορισμός των συχνοτήτων και των εκατοστιαίων συχνοτήτων της EE5 (ενέργεια και ύλη)

Για παράδειγμα η δραστηριότητα στη σελ.47 του εγχειριδίου συνδέεται με την εγκάρσια έννοια της Ενέργειας και της ύλης και ειδικότερα με την υποκατηγορία της μετατροπής της ενέργειας.

«Παρατήρησε τις συσκευές στις εικόνες. Τι συμβαίνει με την ενέργεια όταν χρησιμοποιούμε κάθε μία από αυτές τις συσκευές;»



### EE6.Δομή και λειτουργία

Δομή και λειτουργία: Υποκατηγορίες	N	N%
1. Σχέσεις και σχήματα βασικών στοιχείων	17	28,8
2. Ιδιότητες των υλικών	22	37,3
3. Επιλογή ανάλογης κλίμακας για κατανόηση ενός φαινομένου	0	0
4. Κατανόηση δομής και λειτουργίας	20	33,9
Σύνολο	59	

Πίνακας 7. Προσδιορισμός των συχνοτήτων και των εκατοστιαίων συχνοτήτων της EE6 (δομή και λειτουργία)

Για παράδειγμα, στη δραστηριότητα της σελ. 122 παρατηρείται σύνδεση με την εγκάρσια έννοια της δομής και λειτουργίας και ειδικότερα με την υποκατηγορία της κατανόησης της δομής και της λειτουργίας.

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

«Παρατήρησε στο παρακάτω σκίτσο την ηλεκτρική εγκατάσταση σπίτι. Ποιες συσκευές είναι συνδεδεμένες και ποιο είδος σύνδεσης χρησιμοποιείται;»



ΕΕ7.Σταθερότητα και αλλαγή

Σταθερότητα και αλλαγή: Υποκατηγορίες	N	N%
1. Μεταβολές των προτύπων του συστήματος	75	72,1
2. Ευμετάβλητα πρότυπα του συστήματος	20	19,2
3. Αμετάβλητα πρότυπα του συστήματος	5	4,8
4. Δυναμική ισορροπία	4	3,8
5. Μακροπρόθεσμες μεταβολές σε αντικείμενα μεγάλης κλίμακας	0	0
Σύνολο	104	

Πίνακας 8. Προσδιορισμός των συχνοτήτων και των εκατοστιαίων συχνοτήτων της ΕΕ7 (σταθερότητα και αλλαγή)

Για παράδειγμα, η δραστηριότητα στη σελ. 168 του εγχειριδίου συνδέεται με την εγκάρσια έννοια της σταθερότητας και της αλλαγής και με την υποκατηγορία της: μεταβολές των προτύπων του συστήματος.

«Πίεσε με το χέρι σου ένα άδειο κουτάκι αναψυκτικού. Τι παρατηρείς;»



### Συζήτηση-συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία επιχειρήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετική με την ανάλυση διεθνώς σχολικών εγχειριδίων από το 2003 έως και το 2014. Η αναζήτηση έγινε στο διαδίκτυο, στις βάσεις δεδομένων Springer Link, Eric, Intute, Science.gov., Scholar Google, Word Wide Science. Org., SciELO, EBSCOhost, Doaj, στην VT Libraries, στο Tailor & Francis online, στη βιβλιοθήκη του ΕΑΠ και σε πρακτικά συνεδρίων. Συνολικά εντοπίστηκαν 285 έρευνες (Παράρτημα Γ, διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο του περιοδικού) οι οποίες ταξινομήθηκαν σύμφωνα με την ταξινόμηση Κουλαϊδή, Δημόπουλου, Σκλαβενίτη, & Χρηστίδου (2002) που αφορά το περιεχόμενο ((επιλογή - ανάλυση - δομή

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

περιεχομένου-μέθοδοι διδασκαλίας-οδηγίες για τη διδασκαλία συγκεκριμένων θεμάτων)), τις ιστορικές προσεγγίσεις, την ολιστική προσέγγιση, την επιστημολογία, την κατανόηση, τα κοινωνικά και γλωσσικά θέματα. Καμία από τις παραπάνω έρευνες δεν εστίασε στις εγκάρσιες έννοιες του περιεχομένου των σχολικών εγχειριδίων.

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης καταδεικνύεται ότι όλες οι εγκάρσιες έννοιες υπεισέρχονται στις δραστηριότητες του περιεχομένου (βλ. Πίνακα 1). Δεν παρατηρείται υπερβολική εμφάνιση του βαθμού συχνότητας εμφάνισης κάποιας κατηγορίας ούτε ο βαθμός της συχνότητας κάποιας εμφάνισης υπολείπεται κατά πολύ από τις υπόλοιπες. Τα ποσοστά του βαθμού εμφάνισης όλων των κατηγοριών των εγκάρσιων εννοιών κυμαίνονται από 61,3% έως 16,3%. Φαίνεται, δηλαδή να υπάρχει ικανοποιητική σύνδεση των μονάδων ανάλυσης του περιεχομένου με όλες τις κατηγορίες των εγκάρσιων εννοιών.

Η εγκάρσια έννοια (EE2), της αιτίας και του αποτελέσματος, εμφανίζεται περισσότερο από όλες τις εγκάρσιες έννοιες με ποσοστό εμφάνισης 61,3% (βλ. Πίνακα 1). Η EE2 υπεισέρχεται σχεδόν στην πρώτη μονάδα ανάλυσης κάθε ενότητας (υποκατηγορία: διερεύνηση και χρήση αιτιακών σχέσεων) του εγχειριδίου (βλ. Παράρτημα Β, διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο του περιοδικού), όπου οι συγγραφείς παρουσιάζοντας κάποιο φυσικό φαινόμενο προτρέπουν τους μαθητές να εξηγήσουν τις αιτιακές σχέσεις ή να ερμηνεύσουν το μηχανισμό των αιτιακών σχέσεων με τη διατύπωση υποθέσεων. Στις μονάδες ανάλυσης που συνδέονται με την EE2, υπεισέρχονται άλλες δύο υποκατηγορίες: μηχανισμός αιτιακών σχέσεων και εξήγηση αιτιακών σχέσεων (βλ. Πίνακα 3). Η υποκατηγορία: αιτιότητα και συσχέτιση απουσιάζει από τις μονάδες ανάλυσης που συνδέονται με την EE2.

Ακολουθεί η εγκάρσια έννοια (EE7), που σχετίζεται με τη σταθερότητα και την αλλαγή, με ποσοστό εμφάνισης 55,3% (βλ. Πίνακα 1) στις μονάδες ανάλυσης. Η EE7 εμφανίζεται κυρίως σε μονάδες ανάλυσης που σχετίζονται με πειράματα (βλέπε Παράρτημα Β, διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο του περιοδικού). Κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων οι μαθητές παρατηρούν τις μεταβολές ή μη, τμημάτων ή ολόκληρων των προτύπων ενός συστήματος. Οι μεταβολές που υφίστανται τα μέρη των προτύπων του συστήματος είναι αυτές που διεγείρουν τους μαθητές και ενισχύουν το κίνητρο για να εμπλακούν στη μαθησιακή διαδικασία. Από τις υποκατηγορίες της εγκάρσιας έννοιας: σταθερότητα και αλλαγή δεν εμφανίζεται (βλ. Πίνακα 8) η υποκατηγορία των μακροπρόθεσμων μεταβολών σε αντικείμενα μεγάλης κλίμακας αφού απουσιάζουν δραστηριότητες που σχετίζονται με τις βασικές ιδέες των Επιστημών της Γης και του διαστήματος.

Έπεται η EE6, εγκάρσια έννοια της δομής και λειτουργίας των αντικειμένων, των οργανισμών και των συστημάτων με ποσοστό εμφάνισης 28,1% (βλ. Πίνακα 1). Η EE6 εμφανίζεται περισσότερο στις μονάδες ανάλυσης του κεφαλαίου της Θερμότητας π.χ. τα μέρη ενός θερμομέτρου και πώς λειτουργεί και του Ηλεκτρισμού π.χ. τα στοιχεία ενός κλειστού κυκλώματος και πώς λειτουργεί (βλ. Παράρτημα Β, διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο του περιοδικού). Ακόμη φαίνεται ότι υπεισέρχονται όλες οι



## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

υποκατηγορίες της (βλ. Πίνακα 7). Η ΕΕ6 πρέπει να διαχέεται στις Φ.Ε. από την αρχή της φοίτησης των μαθητών στο δημοτικό σχολείο, ώστε να αρχίσει το ενδιαφέρον τους να μετατοπίζεται από το όλον προς τα μέρη από τα οποία αποτελείται ένα αντικείμενο, ένας οργανισμός ή ένα σύστημα καθώς και των σχέσεων που τις διέπουν και οι οποίες ρυθμίζουν τη λειτουργία του όλου (NRC, 2012).

Η εγκάρσια έννοια της κλίμακας, της αναλογίας και της ποσότητας (ΕΕ3) έπεται με ποσοστό εμφάνισης 27,2% (βλ. Πίνακα 1). Η εμφάνιση της ΕΕ3 αποδίδεται σε μονάδες ανάλυσης που εμφανίζουν μαθηματικές σχέσεις μεταξύ ποσοτήτων, συγκρίσεις μεταξύ ποσοτήτων, διάταξη ποσοτήτων, αναγνώριση κλιμάκων, χρήση μονάδων μέτρησης κλπ. στα κεφάλαια των Υλικών Σωμάτων, των Μιγμάτων, της Θερμότητας, του Πεπτικού συστήματος, της Μηχανικής και της Ενέργειας. Όλες οι υποκατηγορίες της ΕΕ3 υπεισέρχονται στις μονάδες ανάλυσης που συνδέονται με την ΕΕ3 εκτός της υποκατηγορίας: δυνατότητα πρόβλεψης (βλ. Πίνακα 4).

Εκτός από την υποκατηγορία: κύκλος της ενέργειας και της ύλης στα διάφορα συστήματα (ΕΕ5) της εγκάρσιας έννοιας της ύλης και της ενέργειας που δεν υπεισέρχεται στις μονάδες ανάλυσης, όλες οι άλλες υποκατηγορίες της ΕΕ5 εμφανίζονται σε μικρή συχνότητα (βλ. Πίνακα 6).

Η ΕΕ1 (μοτίβα) εμφανίζεται με ποσοστό 17,3% επί των μονάδων ανάλυσης του περιεχομένου (βλ. Πίνακα 1). Στις μονάδες ανάλυσης του περιεχομένου που συνδέονται με την ΕΕ1 δεν υπεισέρχεται η υποκατηγορία που αφορά στις μεταβολές και τους ρυθμούς μεταβολής (βλ. Πίνακα 2).

Η εγκάρσια έννοια ΕΕ4 που σχετίζεται με τα συστήματα και τα μοντέλα του συστήματος, εμφανίζεται στις δραστηριότητες του περιεχομένου με ποσοστό 16,3% (βλ. Πίνακα 1). Υπεισέρχεται κυρίως σε μονάδες ανάλυσης των κεφαλαίων του Ηλεκτρισμού και του Φωτός, περιοχές του εγχειριδίου όπου οι μαθητές καλούνται να κατασκευάσουν μοντέλα. Από την ΕΕ4 απουσιάζουν οι υποκατηγορίες που αναφέρονται στη βελτίωση και την αναθεώρηση του μοντέλου καθώς και στην εξειδίκευση του μοντέλου (βλ. Πίνακα 5).

Συνοψίζοντας μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι εγκάρσιες έννοιες συμπεριλαμβάνονται σε ικανοποιητικό βαθμό στις δραστηριότητες του περιεχομένου του σχολικού εγχειριδίου «Ερευνώ και Ανακαλύπτω – Τετράδιο εργασιών». Επίσης, υπάρχει σχεδόν ομοιόμορφη κατανομή των υποκατηγοριών της κάθε εγκάρσιας έννοιας στις μονάδες ανάλυσης του περιεχομένου. Οι παραπάνω τάσεις των εγκάρσιων εννοιών και των υποκατηγοριών τους που κινούνται σε φυσιολογικά όρια, πιθανολογείται ότι κινούνται μέσα στα πλαίσια του εφικτού επειδή, αποτελούν έννοιες που είναι αναπόσπαστα συνδεδεμένες με τα φυσικά φαινόμενα και τις περιοχές των Φ.Ε.

Τέλος, όσον αφορά τη διδακτική πράξη και γνωρίζοντας ότι:

- α) Οι εγκάρσιες έννοιες αποτελούν σημαντικό παράγοντα για τη βαθύτερη κατανόηση των Φυσικών Επιστημών από την πρωτοβάθμια εκπαίδευση μέχρι και το τέλος της δευτεροβάθμιας,
- β) Οι εγκάρσιες έννοιες καθώς και οι πτυχές τους συμπεριλαμβάνονται σε ικανοποιητικό βαθμό στο σχολικό εγχειρίδιο της Ε΄ Δημοτικού, θα μπορούσαν να προταθούν στους συναδέλφους της Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης τα εξής:

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

- Χρήση της ανάλυσης του περιεχομένου του σχολικού εγχειριδίου (Παράρτημα Β, διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο του περιοδικού) ως οδηγό.
- Συμπερίληψη των εγκάρσιων εννοιών στο διδακτικό σχεδιασμό ως καλή διδακτική πρακτική. Είναι γνωστό ότι για τα ελληνικά εκπαιδευτικά δεδομένα σύμφωνα με τα αναλυτικά προγράμματα σπουδών η σκόπιμη, οργανωμένη και συγκροτημένη διδασκαλία των Φ.Ε. έχει ως εφιαλτήριο την Ε΄ Δημοτικού. Επομένως, μια πιο ολοκληρωμένη διδακτική προσέγγιση με την υποστήριξη των εγκάρσιων εννοιών θα συντελέσει στη βαθύτερη κατανόηση των ιδεών και των φυσικών φαινομένων καθώς και στην ομαλή προσέγγιση των μαθητών με το νέο μαθησιακό αντικείμενο.
- Χρήση κατάλληλων διδακτικών τεχνικών (ερωτήσεις προβληματισμού, συζήτηση, ιδεοκαταιγισμό κ.λπ.) με στόχο τη σταδιακή ανάδυση της ικανότητας των μαθητών για τη σύνδεση των ιδεών των Φ.Ε. με τις κατάλληλες εγκάρσιες έννοιες, αλλά και την ενδυνάμωση των μαθησιακών κινήτρων.
- Καλό θα είναι να δοθούν σημειώσεις στους μαθητές για τις εγκάρσιες έννοιες οι οποίες θα χρησιμοποιούνται στις πρώτες διδακτικές ενότητες για να είναι σε θέση να αναγνωρίζουν ποια ή ποιες από αυτές εμπλέκονται σε κάθε διδακτική ενότητα. Ο στόχος μας δε θα είναι να τις απομνημονεύσουν αλλά να τις διαχειρίζονται ως μαθησιακό εργαλείο.
- Χρήση του προβολικού οργανωτή με ενσωμάτωση της διδακτικής πρακτικής των εγκάρσιων εννοιών στην αρχή της διδασκαλίας για να δοθεί δυνατότητα στους μαθητές να προβλέπουν ή να εξηγούν ή να διερευνούν ένα φυσικό φαινόμενο.
- Κατά τον εντοπισμό μιας νέας εγκάρσιας έννοιας οι μαθητές ύστερα από την υποβοήθηση του εκπαιδευτικού μπορεί να κληθούν να κάνουν τη σύνδεση της νέας έννοιας με ιδέες και φαινόμενα που έχουν διδαχθεί σε προηγούμενο χρόνο. Στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση η παραπάνω πρακτική διευκολύνει τη γεφύρωση των ιδεών των Φ.Ε. δεδομένου ότι το μάθημα των Φ.Ε. είναι ενιαίο έχοντας ενσωματωμένες γνωστικές περιοχές από τη Φυσική, τη Χημεία και τη Βιολογία γεγονός που δεν ισχύει για τα σχολικά εγχειρίδια των Φ.Ε. στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση.
- Χρήση κοινού λεξιλογίου με τη συμβολή των εγκάρσιων εννοιών για όλες τις γνωστικές περιοχές των Φ.Ε., ώστε να παγιωθεί στη συνείδηση των μαθητών η σύνδεση των ιδεών και φαινομένων της Φυσικής, της Χημείας, της Βιολογίας αλλά και στοιχείων της Γεωλογίας που είναι ενσωματωμένα στα μάθημα της Γεωγραφίας των δύο μεγαλύτερων τάξεων.

Οι παραπάνω προτάσεις μπορούν να εφαρμοστούν τόσο από τους συναδέλφους που διδάσκουν το μάθημα των Φ.Ε. στις δύο μεγαλύτερες τάξεις του Δημοτικού Σχολείου, αφού τα σχολικά εγχειρίδια αποτελούν προϊόντα της ίδιας συγγραφικής ομάδας με τις ίδιες συγγραφικές αρχές, όσο και από αυτούς των μικρότερων τάξεων που διδάσκουν το μάθημα της Μελέτης του Περιβάλλοντος το οποίο ενσωματώνει γνωστικές περιοχές των Φ.Ε.

# Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

## Αναφορές

- American Association for the Advancement of Science. (1989). Science for All Americans. Project 2061. New York: Oxford University Press. Available: <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm>
- American Association for the Advancement of Science. (2009). Benchmarks for Science Literacy. Project 2061. New York: Oxford University Press. Available: <http://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php>
- Αποστολάκης, Ε., Παναγοπούλου, Ε., Σάββας, Σ., Τσαγλιώτης, Ν., Πανταζής, Γ., Σωτηρίου, Σ., ... & Καλκάνης, Γ. (2006). Φυσικά Ε΄ Δημοτικού. Ερευνώ και Ανακαλύπτω – Τετράδιο Εργασιών. Αθήνα: ΟΕΒΔ.
- College Board. (2009). Science College Board Standards for College Success. Available: <http://professionals.collegeboard.com/profdownload/cbscs-sciencestandards-2009>
- Duschl, R. (2012). The second dimension-Crosscutting concepts. Uderstuding a frame work for K-12 Science Education. Science and Children, 49 (6), 10-14. Ανακτήθηκε από: [http://static.nsta.org/files/ss1206\\_6.pdf](http://static.nsta.org/files/ss1206_6.pdf)
- Haggarty, L., & Pepin, B. (2002). An investigation of mathematics textbooks and their use in English, French and German classrooms: who gets an opportunity to learn about? British Educational Research Journal, 28(4), 567 – 590.
- Κουλαϊδής, Β., Δημόπουλος, Κ., Χρηστίδου, Β., & Σκλαβενίτη, Σ. (2002). Τα Κείμενα της Τεχνο-Επιστήμης στον Δημόσιο Χώρο. Αθήνα: Μεταίχιμο.
- National Research Council. (1996). National Science Education Standards. National Committee for Science Education Standards and Assessment. Washington, DC: National Academy Press. Ανακτήθηκε από <https://goo.gl/B12IBO>
- National Research Council. (1996). National Science Education Standards. National Committee for Science Education Standards and Assessment. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council, (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Washington, DC: National Academy Press. Ανακτήθηκε από <http://goo.gl/TQMMAQ>
- NGSS Lead States. (2013). Next Generation Science Standards: For States, By States. Washington, DC: The National Academies Press.



Ο Σταύρος Τσέτσος είναι δάσκαλος, πτυχιούχος του ΠΤΔΕ στο ΔΠΘ. Έχει μετεκπαιδευτεί στο Διδασκαλείο «Θεόδωρος Κάστανος» του ΔΠΘ. Ολοκλήρωσε τις μεταπτυχιακές σπουδές στο ΕΑΠ. Σήμερα υπηρετεί στο 9ο Δ.Σ. της Αλεξανδρούπολης και παράλληλα είναι υποψήφιος διδάκτορας της εκπαιδευτικής τεχνολογίας στο ΤΕΕΠΗ του ΔΠΘ. Τα ερευνητικά του ενδιαφέροντα εστιάζονται στις τρεις διαστάσεις της μάθησης των Φ.Ε., καθώς επίσης και στην υποστήριξη της μάθησης των μαθητών του Δημοτικού Σχολείου μέσω των ανοικτών εκπαιδευτικών πόρων.

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή

**Γιατί οι μαθητές του Λυκείου έχουν πρόβλημα με τις εξισώσεις της Φυσικής; Η «συμβολική επανάσταση» στην άλγεβρα και οι συνέπειές της στη διδασκαλία της Φυσικής**

**Νίκος Κανδεράκης**

Είναι κοινή εκτίμηση των εκπαιδευτικών στα Λύκεια, και σε αυτό συμφωνούν και οι έρευνες από τη διδακτική της Φυσικής, ότι πολλοί μαθητές του Λυκείου (από 50% έως 70%) αντιμετωπίζουν μεγάλες δυσκολίες με τη διαχείριση των εξισώσεων της Φυσικής. Πιο συγκεκριμένα, οι έρευνες δείχνουν ότι οι μαθητές δυσκολεύονται:

- Να αποδώσουν σωστά το νόημα των μαθηματικών συμβολικών εκφράσεων με λεκτικές εκφράσεις. Για παράδειγμα, στην εξίσωση  $\Sigma F = m \cdot a$ , ερμηνεύουν την έκφραση  $\Sigma F$  ως «δύναμη» και όχι ως «συνισταμένη δύναμη».
- Να προσδιορίσουν τις συνθήκες εφαρμογής μιας εξίσωσης. Παραδείγματος χάριν, χρησιμοποιούν την εξίσωση  $s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$  ακόμα και όταν η επιτάχυνση δεν είναι σταθερή.
- Να μετασχηματίσουν τη λεκτική περιγραφή ενός προβλήματος (με όρους της Φυσικής) στις κατάλληλες εξισώσεις. Για παράδειγμα, κάθε φορά που αναφέρεται η ταχύτητα, επιστρατεύουν την εξίσωση  $v = s/t$ , ανεξάρτητα από το είδος της κίνησης που εξετάζουν.
- Να διακρίνουν τις παραμέτρους από τις μεταβλητές σε μια εξίσωση.
- Να χειρισθούν τις μονάδες των μεγεθών σε μια εξίσωση (Bagno et al., 2008; Uhdén & Pospiech 2012).

Οι εκπαιδευτικοί συνήθως αποδίδουν τις δυσκολίες αυτές στην ανεπαρκή μαθηματική γνώση των μαθητών (Karam & Pietrocola, 2009). Η έρευνα στη διδακτική της Φυσικής από την άλλη μεριά, πέρα από την ελλιπή κατανόηση των εννοιών και των αρχών της Φυσικής, τις αποδίδει όχι τόσο στις ελλείψεις των μαθητών στη διαδικαστική μαθηματική γνώση (π.χ. στην επίλυση εξισώσεων) όσο

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

στην ανεπαρκή κατανόηση του νοήματος των συμβολικών αλγεβρικών εκφράσεων, δηλαδή στην έλλειψη μιας βαθιάς, «σχεσιακής», κατανόησης των μαθηματικών (Karam, Pospiech & Pietrocola, 2010; Uhden & Pospiech, 2012; Skemp, 1976). Επίσης τις αποδίδει στην έλλειψη της εξοικείωσης των μαθητών με «δομικές μαθηματικές δεξιότητες» όπως είναι η μεταγραφή της λεκτικής περιγραφής ενός προβλήματος σε αλγεβρικές εξισώσεις, η ερμηνεία των παραγόμενων μαθηματικών αποτελεσμάτων και η εξαγωγή συμπερασμάτων για την εξεταζόμενη φυσική κατάσταση κ.λπ. (Uhden & Pospiech, 2012).

Στο κείμενο αυτό, ενώ δεν απορρίπτονται οι παραπάνω ερμηνείες, θα εξετασθούν δύο ειδικότερα ζητήματα τα οποία συμβάλλουν σημαντικά στην περιπλοκότητα των εξισώσεων της σχολικής Φυσικής:

- Στις εξισώσεις της σχολικής Φυσικής ενυπάρχουν μαθηματικές έννοιες ('μεταβλητές', 'συναρτήσεις', 'παράμετροι' κ.λπ.) με σημαντικές εννοιολογικές δυσκολίες που συνήθως παραβλέπονται.
- Οι εξισώσεις της σχολικής Φυσικής έχουν ιδιαιτερότητες που τις καθιστούν σημασιολογικά και εννοιολογικά πιο σύνθετες από τις εξισώσεις των μαθηματικών.

Τα ζητήματα αυτά θα εξετασθούν μέσα από δύο παράλληλες διερευνήσεις. Η εννοιολογική περιπλοκότητα των αλγεβρικών εξισώσεων θα διερευνηθεί μέσα από την ιστορική εξέλιξη της άλγεβρας, ενώ οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές με τις αλγεβρικές εξισώσεις θα εξετασθούν μέσα από μια ανασκόπηση των σχετικών ερευνών από τη διδακτική των μαθηματικών, και θα συνδεθούν με την κατανόηση των εξισώσεων της Φυσικής αλλά και με τις ιδιαιτερότητες των εξισώσεων αυτών. Ο στόχος δεν είναι να προταθούν πρακτικές λύσεις, αλλά να εντοπισθούν τα προβλήματα.

### **Η συμβολική επανάσταση στην άλγεβρα και η νέα Φυσική**

Μια σημαντική αλλά παραμελημένη συνιστώσα της επιστημονικής επανάστασης είναι η εισαγωγή και η καθιέρωση τον 17<sup>ο</sup> αιώνα της συμβολικής γραφής στην άλγεβρα. Σύμφωνα με τον ιστορικό και φιλόσοφο των μαθηματικών Michel Sherfati, η καθιέρωση της νέας αλγεβρικής γραφής, αλλά και η χρήση της στη νέα «φυσική φιλοσοφία» (ή Φυσική), συνιστά μια συμβολική και εννοιολογική επανάσταση που αποτελεί αναπόσπαστο συστατικό της επιστημονικής επανάστασης (Sherfati, 2010).

Τις αλλαγές του νοήματος των αλγεβρικών εκφράσεων, συνεπεία του νέου συμβολικού τρόπου γραφής, επεσήμανε πρώτος, το 1932, ο γερμανο-αμερικανός φιλόσοφος Jacob Klein, σε μια διάλεξη στο πανεπιστήμιο του Marburg (Klein, 1998a) και στη συνέχεια σε βιβλίο του για την ιστορία της άλγεβρας που δημοσιεύθηκε το 1968 (Klein, 1998b). Σύμφωνα με τον Klein, το νόημα του «αγνώστου» στις αλγεβρικές εξισώσεις υπέστη μια σημαντική μεταβολή τον 17<sup>ο</sup> αιώνα. Στις παλαιότερες εκδοχές της άλγεβρας (στο Διόφαντο, στους Άραβες, στους Αναγεννησιακούς

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

μαθηματικούς κ.λπ.), το σύμβολο αυτό αντιπροσώπευε έναν άγνωστο αλλά πάντοτε συγκεκριμένο αριθμό. Μετά τον Viète, το σύμβολο του αγνώστου παριστάνει «τον γενικό αριθμητικό χαρακτήρα ενός εκάστου και κάθε αριθμού» (Klein 1998a, σελ. 64). Αυτό συμβαίνει γιατί, μεταξύ άλλων, ο Viète εισάγει γράμματα στη θέση των αριθμητικών συντελεστών, γενικεύοντας τα δεδομένα του προβλήματος που επιλύουν οι εξισώσεις σε παραμέτρους που αντιπροσωπεύουν γενικευμένους και όχι συγκεκριμένους αριθμούς (Sherfati, 2010), και μετατρέπει τις απλές εξισώσεις (π.χ.  $5x + 1 = 16$ ) σε παραμετρικές εξισώσεις (π.χ.  $ax + b = c$ ). Έτσι, οι λύσεις των εξισώσεων δεν αντιπροσώπευαν πια συγκεκριμένους αριθμούς αλλά επίσης γενικούς και αφηρημένους αριθμούς (Klein, 1998b). Με τον τρόπο αυτό, οι αλγεβρικές εξισώσεις μπορούν να εξετασθούν στη γενικότητά τους και όχι μέσω συγκεκριμένων παραδειγμάτων όπως γινόταν μέχρι τότε. Το παράπλευρο αποτέλεσμα όμως είναι ότι οι αλγεβρικές συμβολικές εκφράσεις δε αντιπροσωπεύουν πια αριθμούς αλλά «είδη», δηλαδή γενικευμένους, μη καθορισμένους, αριθμούς, και η άλγεβρα δε είναι πια «λογιστική των αριθμών» αλλά «λογιστική των ειδών» (Viète, 1983, σελ. 17). Η άλγεβρα αυτή μπορεί τώρα να εφαρμοσθεί και σε γεωμετρικά μεγέθη αλλά και σε κάθε είδους μεγέθη, και να αναπαραστήσει και διερευνήσει σχέσεις μεταξύ μεγεθών (Klein, 1998b; Katz & Parshal, 2014). Όπως γράφει ο Viète:

*[Η αναλυτική τέχνη - άλγεβρα] δεν περιορίζει πια τη συλλογιστική της στους αριθμούς, ένα περιορισμό των παλιών αναλυτών, αλλά δουλεύει με τη νέο-ανακαλυφθείσα συμβολική λογιστική, η οποία είναι περισσότερο ισχυρή και παραγωγική για τη σύγκριση των μεγεθών μεταξύ τους (Viète, 1983, σελ. 13).*

Οι απόψεις του Klein, οι οποίες πέρασαν μάλλον απαρατήρητες από τους ιστορικούς και τους φιλοσόφους των μαθηματικών, επανέρχονται στο προσκήνιο από τον ιστορικό των μαθηματικών Sabetai Unguru (2006, 1<sup>η</sup> δημοσίευση 1975), στα πλαίσια της διαμάχης του με τους παραδοσιακούς ιστορικούς των μαθηματικών, και πιο πρόσφατα από την καθηγήτρια της διδακτικής των μαθηματικών Anna Sfard (1991, 1995), η οποία αναζητούσε εξηγήσεις για τις δυσκολίες των μαθητών με τις αλγεβρικές έννοιες. Σύμφωνα με τον Unguru, η έννοια του αριθμού, η οποία μέχρι τότε υποδήλωνε ένα πλήθος αντικειμένων, μετεξελίσσεται μετά τον Viète σε μια νέα αφηρημένη-συμβολική οντότητα, ενώ τα μαθηματικά μετασχηματίζονται σε μια επιστήμη στην οποία η συμβολική έκφραση των εννοιών και των προτάσεων είναι στενά συνδεδεμένη με το περιεχόμενο που αντιπροσωπεύουν. Ο νέος τρόπος γραφής, υποστηρίζει ο φιλόσοφος Sören Stenlund, δεν είναι απλώς άλλος ένας τρόπος έκφρασης των κατά τα άλλα αναλλοίωτων μαθηματικών εννοιών, αλλά καθορίζοντας τον τρόπο χρήσης των εννοιών αυτών μέσα στον αλγεβρικό λογισμό, προσδιορίζει σε μεγάλο βαθμό και το ίδιο το νόημά τους (Stenlund, 2015). Κατά συνέπεια, αν έτσι έχουν τα πράγματα, και μάλλον φαίνεται ότι έτσι έχουν, οι αλγεβρικές έννοιες υφίστανται τον 17<sup>ο</sup> αιώνα μια βαθιά αλλά υπόρρητη εννοιολογική μεταβολή, η οποία δε γίνεται εύκολα ορατή και συνήθως δεν καταγράφεται στα σχολικά εγχειρίδια.

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Τις συμβολικές (αλλά και εννοιολογικές) καινοτομίες του Viète τις χρησιμοποιεί ο Descartes στην (αναλυτική) γεωμετρία του, προκειμένου να περιγράψει τις σχέσεις ανάμεσα στα γεωμετρικά μεγέθη (Descartes, 1954), όχι όμως και στη φυσική φιλοσοφία για τις σχέσεις ανάμεσα στα φυσικά μεγέθη (Hyslop, 2014). Αυτό θα το κάνουν οι φιλόσοφοι-μαθηματικοί του 18<sup>ου</sup> αιώνα (Varignon, Johann και Daniel Bernoulli, d' Alembert, Euler κ.λπ.), οι οποίοι αναδιατυπώνουν τη νευτώνεια μηχανική, από τη γλώσσα της ευκλείδειας γεωμετρίας που είχε χρησιμοποιήσει ο Νεύτων (Newton, 1999), στη συμβολική γλώσσα της άλγεβρας και του απειροστικού λογισμού. Έτσι, οι βασικές έννοιες της μηχανικής ορίζονται τώρα με συντομία, αυστηρότητα και ακρίβεια, ενώ μεταγράφονται στη γλώσσα αυτή σταδιακά και οι νόμοι και οι αρχές της μηχανικής. Για παράδειγμα, ο Varignon (1700) ορίζει τη στιγμιαία ταχύτητα ως  $v = dx/dt$ , και τη στιγμιαία επιτάχυνση ως  $a = d^2x/dt^2$ , παραμερίζοντας παλιότερες μακροσκελείς λεκτικές διατυπώσεις με αναλογίες, ενώ ο Euler (1752) διατυπώνει το 2<sup>ο</sup> νόμο του Νεύτωνα με τη μορφή  $F = m \frac{d^2x}{dt^2}$  (για την ακρίβεια με τη μορφή  $2Md^2x = \mp Pdt^2$ , όπου P είναι η δύναμη), στη θέση της λεκτικής περιγραφής με αναλογίες που είχε χρησιμοποιήσει ο Νεύτων. Από τα τέλη του 18<sup>ου</sup> αιώνα μέχρι τα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα, η διαδικασία αυτή επεκτείνεται σταδιακά και σε άλλους κλάδους της Φυσικής, όπως στον ηλεκτρισμό, στη φυσική οπτική, στη θερμοδυναμική, στον ηλεκτρομαγνητισμό κ.λπ. (Kuhn, 1977).

Τα πλεονεκτήματα της νέας γραφής, όπως επισημαίνει ο d' Alembert (1749), είναι ότι οι εξισώσεις μπορούν εύκολα να συνδυάζονται μεταξύ τους, να υφίστανται επεξεργασία με τους κανόνες της άλγεβρας και να παράγουν νέες εξισώσεις, οι οποίες θα υποδηλώνουν νέες σχέσεις μεταξύ των εμπλεκόμενων μεγεθών. Οι νέες αυτές σχέσεις μπορούν τότε να ελεγχθούν με πειράματα, ώστε να αξιολογηθεί η εμπειρική επάρκειά τους αλλά και η επάρκεια των αρχικών εξισώσεων και θεωριών.

### **Η ελλιπής κατανόηση των αλγεβρικών συμβολικών εκφράσεων στην άλγεβρα και στη Φυσική**

Όπως είδαμε προηγουμένως, η νεώτερη άλγεβρα έχει αποκτήσει συμβολικό χαρακτήρα και έχει μετατοπίσει την εστίασή της από τον υπολογισμό αγνώστων αριθμών στην περιγραφή και διερεύνηση σχέσεων μεταξύ μεγεθών. Κάποιες από τις εννοιολογικές μεταβολές που έχει υποστεί είναι οι εξής:

- Οι αριθμητικοί συντελεστές έχουν γίνει παράμετροι (τουλάχιστον στις εξισώσεις που χρησιμοποιεί η σχολική Φυσική), οι οποίες αντιπροσωπεύουν αφηρημένους γενικευμένους αριθμούς, ενώ οι απλές εξισώσεις έχουν γίνει γενικές παραμετρικές εξισώσεις.
- Τα σύμβολα των αγνώστων δεν αντιπροσωπεύουν πια αγνώστους συγκεκριμένους αριθμούς αλλά επίσης γενικευμένους αφηρημένους αριθμούς ή μεγέθη, τα οποία μπορούν να πάρουν διάφορες τιμές. Αντιπροσωπεύουν μεταβλητές.
- Οι εξισώσεις δεν είναι μόνο εργαλεία υπολογισμού, αλλά περιγράφουν και σχέσεις μεταξύ μεγεθών. Αναπαριστούν συναρτήσεις.



## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Έρευνες από τη διδακτική των μαθηματικών δείχνουν ότι πολλοί μαθητές δεν καταφέρνουν στην πράξη να περάσουν από το Διόφαντο στο Viète (Harper, 1987) και αντιμετωπίζουν προβλήματα και με τις τρεις αυτές εννοιολογικές μεταβολές. Πιο συγκεκριμένα:

- i. Οι μαθητές δυσκολεύονται ιδιαίτερα να χειρισθούν παραμετρικές εξισώσεις. Πιο συγκεκριμένα, δυσκολεύονται να επιλύσουν μια παραμετρική εξίσωση, εκτός εάν τους δοθεί ποιο σύμβολο είναι ο άγνωστος και ποιές οι παράμετροι, και αντίστροφα να γράψουν τις εξισώσεις που περιγράφουν ένα απλό πρόβλημα, αν αυτό περιλαμβάνει παραμέτρους (Sfard, 1995; Ursini & Trigueros, 2004). Οι δυσκολίες αυτές αφορούν άμεσα τη Φυσική, αφού όλες οι εξισώσεις της Φυσικής είναι παραμετρικές. Μια επιπλέον δυσκολία είναι ότι οι μεταβλητές και οι παράμετροι σε μια εξίσωση της Φυσικής (π.χ.  $PV = nRT$ ) δεν προσδιορίζονται από την εξίσωση (όπως συμβαίνει στα μαθηματικά, π.χ.  $y = ax + b$ ). Καθορίζονται από την εξεταζόμενη κάθε φορά φυσική κατάσταση και το ερώτημα το οποίο θέτουμε σε σχέση με αυτήν. Πράγμα που σημαίνει ότι πρέπει να προσδιορίζονται κάθε φορά από το μαθητή.
- ii. Για πολλούς μαθητές, τα σύμβολα των αγνώστων αντιπροσωπεύουν συγκεκριμένους και όχι γενικευμένους αριθμούς ή μεταβλητές (Booth, 1988; Macgregor & Stacey, 1997; Christou et al., 2007). Συνήθως, οι μαθητές θεωρούν ότι τα σύμβολα αυτά αντιπροσωπεύουν πρόσκαιρα μη προσδιορισμένους αριθμούς οι οποίοι όμως θα προσδιορισθούν κάποια στιγμή στο μέλλον (Bardini et al., 2005).
- iii. Πολύ συχνά, οι μαθητές αντιμετωπίζουν τις αλγεβρικές εξισώσεις ως μηχανισμούς υπολογισμών και όχι ως σχέσεις μεταξύ μεγεθών. Το δε σύμβολο της ισότητας ως τελεστή που δίνει μια εντολή υπολογισμού και όχι ως σύμβολο που συμβολίζει μια σχέση (Kieran, 1981; Thomson, 1994). Οι αδυναμίες αυτές έχουν άμεση επίπτωση στη Φυσική, αφού οι εξισώσεις της, εκτός από εργαλεία υπολογισμού των αγνώστων, είναι και συναρτήσεις που αναπαριστούν σχέσεις φυσικών μεγεθών.

Μια επιπρόσθετη δυσκολία στη Φυσική οφείλεται στο γεγονός ότι τα σύμβολα των μεγεθών είναι φορτωμένα με φυσικό νόημα ευθύς εξ αρχής και μεταφέρουν πληροφορίες που δεν υπάρχουν στη μαθηματική δομή (Redish, 2005). Για παράδειγμα, το σύμβολο  $m$  στην εξίσωση  $\Sigma F = m \cdot a$  αντιπροσωπεύει το φυσικό μέγεθος «μάζα», το οποίο έχει πάντα θετικό μέτρο ενώ (σε πολλές κατηγορίες φαινομένων) διατηρείται σταθερό. Αυτά δεν προκύπτουν από τη μαθηματική δομή της εξίσωσης, αλλά από το φυσικό νόημα του αντιπροσωπευόμενου μεγέθους.

### **Συμπεράσματα**

Κατά τον 17<sup>ο</sup> αιώνα η άλγεβρα αποκτά ένα αφηρημένο συμβολικό σύστημα για να αναπαριστά τις έννοιες και τις διαδικασίες της, και μετασχηματίζεται από ένα εργαλείο επίλυσης εξισώσεων σε ένα μαθηματικό κλάδο πολλαπλών χρήσεων, με τη βοήθεια του οποίου μπορούν να περιγραφούν με ακρίβεια και συντομία οι σχέσεις ανάμεσα στα μεγέθη της αναπτυσσόμενης φυσικής φιλοσοφίας ή

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Φυσικής (στον ορισμό των οποίων έχει παίξει σημαντικό ρόλο). Αυτό συνοδεύεται από μια βαθιά μεταβολή τόσο στο νόημα των συμβολικών εκφράσεων που χρησιμοποιεί όσο και στο επίπεδο της αφαίρεσης που αυτές αντιπροσωπεύουν. Οι «άγνωστοι» και οι αριθμητικοί συντελεστές γίνονται μεταβλητές και παράμετροι, οι εξισώσεις γίνονται γενικές και αφηρημένες (παραμετρικές) συμβολικές αναπαραστάσεις, ενώ συγχρόνως περιγράφουν και σχέσεις μεταξύ μεγεθών, δηλαδή αναπαριστούν συναρτήσεις.

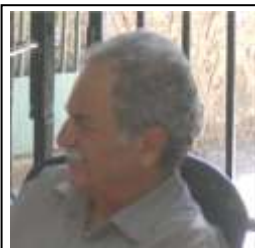
Όλες αυτές οι νέες μαθηματικές έννοιες και αφαιρέσεις υπάρχουν και στις εξισώσεις της σημερινής λυκειακής Φυσικής. Έτσι, οι σημερινοί μαθητές, για να επιλύσουν ακόμα και απλά αυθεντικά προβλήματα Φυσικής, πέρα από τα γνωστά και εξαντλητικά μελετημένα προβλήματα κατανόησης που έχουν με τις έννοιες της Φυσικής, έχουν να αντιμετωπίσουν και ένα εξαιρετικά σύνθετο σημασιολογικά και εννοιολογικά συμβολικό σύστημα (το οποίο έχει μεν μελετηθεί αρκετά στη διδακτική των μαθηματικών, σχεδόν καθόλου όμως στη διδακτική της Φυσικής). Όπως δείχνουν οι έρευνες από τη διδακτική της Φυσικής, πολλοί μαθητές δεν τα καταφέρνουν.

### Αναφορές

- d' Alembert, J. R. (1749). *Introduction aux Recherches sur la Précession des Equinoxes et sur la Nutation de l' Axe de la Terre dans le Système Newtonien*. Paris.
- Bagno E., Berger H. & Eylon B. (2008). Meeting the challenge of students' understanding of formula in high-school physics: a learning tool. *Physics Education*, 43 (1), 75-82.
- Bardini C., Radford L. & Sabena C. (2005). Struggling with variables, parameters, and indeterminate objects or how to go insane in mathematics. In H. Chick & J. Vincent (eds) *Proceedings of the 29th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, vol. 2, 129-136, University of Melbourne, Australia.
- Booth, L. R. (1988). Children's Difficulties in Beginning Algebra. In A. F. Coxford (ed), *The Ideas of Algebra, K-12, 1988 Yearbook*, 20-32. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Christou K., Vosniadou S. & Vamvakousi X. (2007). Students' Interpretations of Literal Symbols in Algebra. In S. Vosniadou, A. Baltas & X. Vamvakousi (eds), *Reframing the Conceptual Change Approach in Learning and Instruction*, 283-297. Elsevier, Amsterdam.
- Descartes R. (1954). *The Geometry*. Transl. by E. Smith & M. Latham. Dover, New York.
- Euler L. (1752). Découverte d' une Nouveau Principe de Mécanique. *Mémoire de l' Académie Royale des Sciences et Belles-Lettres de Berlin*, 6, 185-217.
- Harper, E. (1987). Gosts of Diofantus. *Educational Studies in Mathematics*, 18, 75-90.
- Hyslop S. (2014). Algebraic Collisions: Challenging Descartes with Cartesian Tools. *Foundations of Science*, 19, 35-51.
- Kanderakis N. (2016). The Mathematics of High School Physics: Models, Symbols, Algorithmic Operations and Meaning. *Science & Education*. On line first, DOI 10.1007/s11191-016-9851-5.
- Karam, R. & Pietrocola, M. (2009). Recognizing the Structural Role of Mathematics in Physical Thought. In M. Tasar & G. Cakmaki (eds), *Contemporary Science Education Research: International Perspectives, A Collection of Papers presented at ESERA 2009 Conference*, 65-76, Istanbul.
- Karam, R., Pospiech, G. & Pietrocola, M. (2010). Mathematics in Physics Lessons: Developing Structural Skills. In *Symposium: Addressing the Role of Mathematics in Physics Education*, GIREP 2010, Reims.
- Katz V. & Parshall K. H. (2014). *Taming the Unknown: A History of Algebra from Antiquity to the Early Twentieth Century*. Princeton University Press, Princeton.

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

- Kieran C. (1981). Concepts Associated with the Equality Symbol. *Educational Studies in Mathematics*, 12, 317-326.
- Klein, J. (1998a). Ο Κόσμος της Φυσικής και ο «Φυσικός Κόσμος». *Νεύσις*, 7, 41-74.
- Klein, J. (1998b, 1<sup>st</sup> publ. 1968). *Greek Mathematical Thought and the Origin of Algebra*. Dover, New York.
- Kuhn T. (1977). Mathematical versus Experimental Traditions in the Development of Physical Science. In *The Essential Tension*, 31-65. University of Chicago Press, Chicago.
- Macgregor M. & Stacey K. (1997). Students Understanding of Algebraic Notation: 11-15. *Educational Studies in Mathematics*, 33, 1-19.
- Newton, I. (1999). *The Principia* (transl. I. B. Cohen & A. Whitman). University of California Press, Berkeley.
- Redish, E. (2005). Problem Solving and the Use of Math in Physics Courses. In *Proceedings of the Conference World View on Physics Education in 2005: Focusing on Change*, Delhi, August 2005.
- Sfard, A. (1991). On the Dual Nature of Mathematical Conceptions: Reflections on Processes and Objects as Different Sides of the Same Coin. *Educational Studies in Mathematics*, 22, 1-36.
- Sfard, A. (1995). The Development of Algebra: Confronting Historical and Psychological Perspectives. *Journal of Mathematical Behavior*, 14, 15-39.
- Sherfati M. (2010). Symbolic Revolution, Scientific Revolution: Mathematical and Philosophical Aspects. In A. Heffer & M. van Dyck (eds), *Philosophical Aspects of Symbolic Reasoning in Early Modern Mathematics*, 103-122. King's College London: College Publications.
- Skemp, R. (1976). Relational understanding and instrumental understanding. *Mathematics Teaching*, 77, 20-26.
- Stenlund S. (2015). On the Origin of Symbolic Mathematics and its Significance for Wittgenstein's Thought. *Nordic Wittgenstein Review*, 4:1, 7-92.
- Thompson, P. W. (1994). Students, functions, and the undergraduate curriculum. In E. Dubinsky, A. H. Schoenfeld, & J. J. Kaput (eds), *Research in Collegiate Mathematics Education I*, 21-44. American Mathematical Society, Providence RI.
- Uhden O. & Pospiech G. (2012). Mathematics in Physics: Analysis of Students' Difficulties. In C. Bruguière, A. Tiberghien & P. Clément (eds), *E-book Proceedings of the ESERA Conference 2011: Science Learning and Citizenship*. Part 3 M. Michelini & R. Duit (co-eds), 218-22. European Science Education Research Association, Lyon, France.
- Unguru S. (2006, 1<sup>η</sup> δημ. 1975). Για την Ανάγκη να Ξαναγραφεί η Ιστορία των Αρχαίων Ελληνικών Μαθηματικών. Στο Γ. Χριστιανίδης & Δ. Διαλέτης (επιμ.), *Διαμάχες για την Ιστορία των Αρχαίων Ελληνικών Μαθηματικών*, 13-77. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο.
- Ursini S. & Trigueros M. (2004). How do High School Students Interpret Parameters in Algebra? In M. Johnsen Høines & A. B. Fuglestad (eds), *Proceedings of the 28<sup>th</sup> Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education vol. 4*, 361-368.
- Varignon P. (1700). Manière générale de déterminer les forces, les vitesses, les espaces, et les temps, une seule de ces quatre choses étant donnée dans toutes fortes de mouvements rectilignes variés à discrétion. *Histoire de l'Académie Royale des Sciences*, année 1700, 22-27.
- Viète, F. (1983, 1<sup>st</sup> publ. in Latin in 1591). *The Analytic Art* (transl. R. Witmer). Dover, New York.



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

***Η αξιοποίηση του επιταχυνσιόμετρου των smartphones στη διδασκαλία Μηχανικών φαινομένων και η σύγκρισή του με επαγγελματικό σεισμογράφο***

**Αναστάσιος Πάλλας**

Στην εποχή μας οι διάφορες κινητές συσκευές (smartphone, iphone, tablet και ipad), ενώ χρησιμοποιούνται για επικοινωνιακούς και ψυχαγωγικούς σκοπούς, οι εκπαιδευτικές τους χρήσεις αγνοούνται σχεδόν καθολικά από την εκπαιδευτική κοινότητα. Ελάχιστοι γνωρίζουν ότι οι παραπάνω συσκευές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων με τη βοήθεια των ενσωματωμένων αισθητήρων που διαθέτουν. Οι περισσότερες από τις σύγχρονες κινητές συσκευές περιλαμβάνουν μικρόφωνο, κάμερες, αισθητήρες επιτάχυνσης (accelerometer) στις τρεις διαστάσεις, αισθητήρα φυσικού φωτός, μαγνητόμετρο για μετρήσεις της έντασης μαγνητικών πεδίων και αισθητήρα εγγύτητας (proximity) για να ανιχνεύονται αντικείμενα σε πολύ μικρές αποστάσεις. Τα τελευταία μοντέλα περιλαμβάνουν βαρόμετρο για τη μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης, γυροσκόπιο για τη μέτρηση της γωνιακής ταχύτητας, NFC για κοντινή επικοινωνία με συσκευές παρόμοιας τεχνολογίας, με τον κατάλογο των αισθητήρων να αυξάνεται χάρη στην εξέλιξη της τεχνολογίας και στην παράλληλη μείωση του κόστους κατασκευής των.

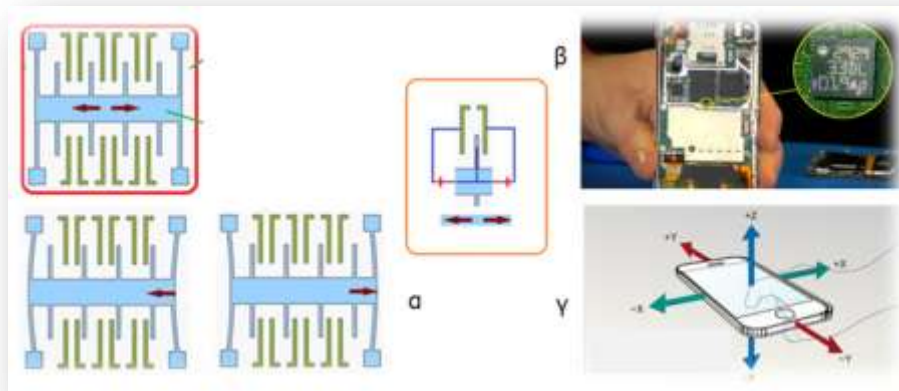
Η ραγδαία τεχνολογική εξέλιξη των κινητών συσκευών δεν επέτρεψε τη συστηματική εισαγωγή τους στο χώρο της εκπαίδευσης. ως πειραματικά εργαλεία με σκοπό να αντικαταστήσουν ακριβά εργαστηριακά όργανα. Για το λόγο αυτό λίγες είναι σχετικά οι προσπάθειες ερευνητών να διερευνήσουν τη χρήση τους στην πειραματική διαδικασία, που είναι απαραίτητο στοιχείο της διδασκαλίας της Φυσικής, όμως ο αριθμός τους φαίνεται να αυξάνεται με μεγάλη ταχύτητα ακολουθώντας τις τεχνολογικές βελτιώσεις και τη μείωση του κόστους αγοράς των.

Στο προηγούμενο τεύχος του παρόντος περιοδικού παρουσιάστηκαν πειραματικές διατάξεις και εφαρμογές της χρήσης του αισθητήρα ήχου στη διδασκαλία φαινομένων Ακουστικής ενώ έγινε και αναφορά σε παράδειγμα μέτρησης της ηχορύπανσης με τη βοήθεια του smartphone (Πάλλας, 2016).

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται ορισμένα παραδείγματα εφαρμογής της χρήσης του επιταχυνσιόμετρου των κινητών συσκευών επικοινωνίας (smartphone, iphone, tablet και ipad) στη μελέτη και διδασκαλία φαινομένων της Μηχανικής.

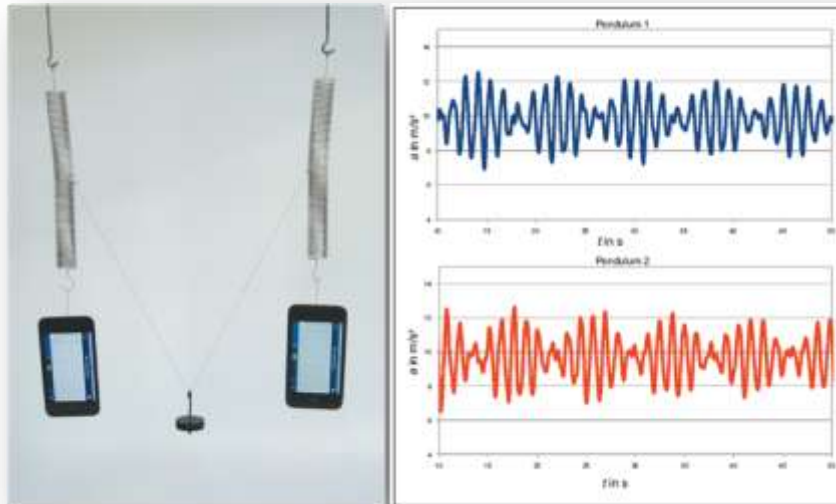
Γενικά, ένας αισθητήρας επιτάχυνσης αποτελείται από μια ταλαντευόμενη μάζα συνδεδεμένη με δυο σπειροειδή ελατήρια που μπορεί να κινείται ελεύθερα προς μια κατεύθυνση. Η αλλαγή της θέσης λόγω επιτάχυνσης μπορεί να μετρηθεί με πιεζοηλεκτρικές ή χωρητικές μεθόδους και οι μετρήσεις αυτές εκφράζουν την επιτάχυνση (Glück, 2005). Στην Εικόνα 1 παρουσιάζεται ένας αισθητήρας επιτάχυνσης (επιταχυνσιόμετρο), η λειτουργία του οποίου στηρίζεται στη μεταβολή της χωρητικότητας ενός πυκνωτή λόγω της ταλάντωσης μιας στοιχειώδους μάζας ανάμεσα στους σπλισμούς του (Εικόνα 1α). Το ολοκληρωμένο κύκλωμα του επιταχυνσιόμετρου καταλαμβάνει ιδιαίτερα μικρό χώρο σε σημείο που ποικίλλει ανάλογα με το μοντέλο του smartphone (Εικόνα 1β), ενώ η ταλάντωση μπορεί να γίνει και στις τρεις διαστάσεις (Εικόνα 1γ).



Εικόνα 1. Αισθητήρας επιτάχυνσης α) αρχή λειτουργίας, β) το ενσωματωμένο ολοκληρωμένο κύκλωμα και γ) σχηματική παράσταση χρήσης του

### **Παραδείγματα αξιοποίησης των κινητών συσκευών στη Μηχανική**

Το επιταχυνσιόμετρο (accelerator) είναι ο σημαντικότερος αισθητήρας για τη μελέτη μηχανικών φαινομένων, ιδιαίτερα αυτό της ταλάντωσης σε διάφορες μορφές. Με τη βοήθειά του μελετήθηκε η ταλάντωση ενός smartphone συνδεδεμένου ως μαθηματικό εκκρεμές (Vogt & Kuhn, 2012b; Briggles, 2013). Οι Kuhn και Vogt (2012) μελέτησαν επιπλέον τις συζευγμένες, μέσω ενός βαριδίου, ταλαντώσεις δυο smartphones που αναρτώνται από τα άκρα δυο ελατηρίων (Εικόνα 2), όπως επίσης τη φθίνουσα ταλάντωση που εκτελεί μια ταλαντευόμενη κούνια με μια κοπέλα που φέρει επάνω της ένα iPod (Vogt & Kuhn, 2012b).



Εικόνα 2. Συζευγμένες, μέσω ενός βαριδίου, ταλαντώσεις δυο smartphones που εξαρτώνται από τα άκρα δυο ελατηρίων (Kuhn & Vogt, 2012)

Οι ίδιοι ερευνητές μελέτησαν την ελεύθερη πτώση ενός smartphone (Vogt & Kuhn, 2012a), υπολόγισαν την επιτάχυνση με την οποία ολισθαίνει ένα iPod σε κεκλιμένο επίπεδο (Vogt & Kuhn, 2014a) (Εικόνα 3), αλλά και την γωνιακή επιτάχυνση με την οποία περιστρέφεται ένα smartphone (Vogt & Kuhn, 2013) (Εικόνα 4).

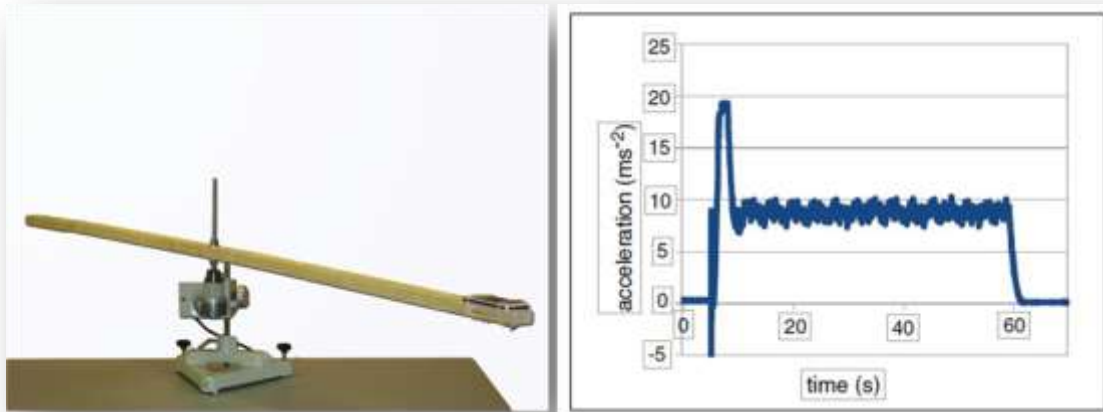


Εικόνα 3. Η καταγραφή της επιτάχυνσης ενός ολισθαίνοντος smartphone σε κεκλιμένα επίπεδα με διαφορετική κλίση (Vogt & Kuhn, 2014a)

Ακόμη, μελέτησαν με τη βοήθεια δυο smartphones την ελαστική και ανελαστική κρούση δυο αμαξιδίων μεταξύ τους (Vogt & Kuhn, 2014b). Παρόμοιες πειραματικές διατάξεις για τη μελέτη των ελεύθερων, συζευγμένων και φθινουσών ταλαντώσεων πραγματοποίησαν και άλλοι ερευνητές (Castro-Palacio, Velázquez-Abad, Serrano & Monsoriu, 2013; Castro-Palacio, Velázquez-Abad, Giménez & Monsoriu, 2013; Sans et al., 2015). Το smartphone χρησιμοποιήθηκε επίσης στη μελέτη

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

ταλαντώσεων δυο διαστάσεων και στη παραγωγή σχημάτων Lissajous (Tuset-Sanchis et. al. 2015). Ακόμη, μελετήθηκε η ταλάντωση ενός ανελκυστήρα (Kuhn, Vogt & Müller, 2014), ο υπολογισμός της γωνιακής ταχύτητας (Hochberg, Gröber, Kuhn & Müller, 2014) και της στροφορμής (Shakur & Sinatra, 2013).



Εικόνα 4. Υπολογισμός της γωνιακής επιτάχυνσης με την οποία περιστρέφεται ένα smartphone (Vogt & Kuhn, 2013)

Κάποιοι άλλοι (Monteiro, Cabeza & Marti, 2015) χρησιμοποίησαν το επιταχυνσιόμετρο σε συνδυασμό με το γυροσκόπιο ενός smartphone για να υπολογίσουν την γωνία περιστροφής και την γωνία περιστροφής μιας ρόδας, ενώ στο ίδιο μήκος κύματος μελετήθηκαν ενιαία και ομοιόμορφα με τη βοήθεια ενός smartphone επιταχυνόμενες κυκλικές κινήσεις (Castro-Palacio et.al., 2014). Τέλος, αρκετά ενδιαφέρουσα είναι η μελέτη του τρόπου που χύνεται ο καφές όταν εκτοξεύεται στον αέρα μέσα σε ποτήρι, ειδικό για την μεταφορά του χωρίς απώλειες (Tornarία, Monteiro & Marti, 2014). Ακόμη όμως και αν το smartphone δεν χρησιμοποιηθεί για τη διδασκαλία εννοιών της Φυσικής που δυσκολεύουν τους εκπαιδευόμενους, είναι ιδιαίτερα χρήσιμο ως ένα απλό και αξιόπιστο όργανο μέτρησης π.χ. αλφάδι (Πετρίδης, 2014). Οι περισσότερες καταγεγραμμένες προσπάθειες πάντως αφορούν τον χώρο της Τριτοβάθμιας εκπαίδευσης και λιγότερες αυτόν της Δευτεροβάθμιας, αν και υπάρχουν ήδη εκπαιδευτικές ιστοσελίδες που δημοσιεύουν προτάσεις για χρήση των smartphone στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών.

### **Η χρήση του tablet στη Σεισμολογία**

Μαθητές της Β' Λυκείου και στο πλαίσιο του μαθήματος «Ερευνητικές Εργασίες» διεξήγαγαν έρευνα στο πλαίσιο της οποίας μελέτησαν τα χαρακτηριστικά του επιταχυνσιομέτρου ενός tablet και τον συνέκριναν με τον επαγγελματικό σειсмоγράφο του Σεισμολογικού Κέντρου του Α.Π.Θ.

Τα δυο βασικά ερευνητικά ερωτήματα που έθεσαν οι μαθητές μεταξύ άλλων ήταν: α) Ποια είναι τα μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα των επιταχυνσιομέτρων των tablets απέναντι αυτών των



## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

σειсмоγράφων; και β) Σε ποιες περιπτώσεις μπορούν τα επιταχυνσιόμετρα των tablets να αντικαταστήσουν τους σεισμογράφους;

Η εκπαιδευτική δραστηριότητα έθεσε γνωστικούς στόχους όπως: να διατυπώνουν και να διακρίνουν τις έννοιες ταλάντωση, συχνότητα και ενέργεια ταλάντωσης, να διακρίνουν τα είδη κυμάτων και τις χαρακτηριστικές ιδιότητες τους, να οικοδομήσουν την έννοια «σεισμός», να χρησιμοποιούν το λογισμικό excel για την επεξεργασία των δεδομένων τους, να εξοικειωθούν με τη χρήση των εφαρμογών ενός smartphone στις Φυσικές Επιστήμες, αλλά και στόχους στάσεων και δεξιοτήτων όπως: να αποκτήσουν ενδιαφέρον για τις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία, να αποκτήσουν θετική στάση απέναντι στην επιστημονική έρευνα, να χρησιμοποιούν τα δεδομένα που έχουν συλλέξει για να διατυπώνουν μια εξήγηση, να παρουσιάζουν τα αποτελέσματα της έρευνάς τους, να συνεργάζονται, να επιχειρηματολογούν και να τεκμηριώνουν την άποψή τους στα μέλη της ομάδας αλλά και στον εκπαιδευτικό.

Για να απαντηθούν τα ερευνητικά ερωτήματα έπρεπε να ικανοποιηθούν δυο προϋποθέσεις: α) να επιλεγεί κάποια κατάλληλη κινητή συσκευή και β) να αποκτηθεί πρόσβαση σε επαγγελματικό σεισμογράφο.

Για smartphone επιλέχθηκε η ταμπλέτα (tablet) Galaxy Tab 2 της Samsung, λόγω της ευαισθησίας των διπλών αισθητήρων της. Για την επιλογή της κατάλληλης δωρεάν εφαρμογής (app) από το επίσημο ηλεκτρονικό κατάστημα της Google (<https://play.google.com/apps>), που να καταγράφει τις δονήσεις του κινητού, έγινε μια σχετική αξιολόγηση ανάμεσα σε αρκετές σχετικές εφαρμογές (Εικόνα 5).



Εικόνα 5. Τρεις (3) εφαρμογές του Google Play για σεισμογραφική καταγραφή

Τελικά, με κριτήρια την αξιοπιστία, την βαθμολογία της εφαρμογής από τους χρήστες και κυρίως, τη δυνατότητα καταγραφής, αποθήκευσης και εξαγωγής των μετρήσεων σε αρχείο excel, επιλέχθηκε η εφαρμογή Seismograph (Εικόνα 6).



Εικόνα 6. Η εφαρμογή (app) Seismograph για Android Smartphones

Ως προς τη δεύτερη προϋπόθεση, οι μαθητές αποτάθηκαν στο Σεισμολογικό Κέντρο του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, που διαθέτει τέτοιους επαγγελματικούς σειсмоγράφους (Εικόνα 7). Αρωγός στην προσπάθεια αυτή υπήρξε ο διευθυντής του Κέντρου καθηγητής κ. Παπαζάχος ο οποίος προθυμοποιήθηκε να ξεναγήσει, να διδάξει, να ενημερώσει και να διαθέσει τους επαγγελματικούς σειсмоγράφους του κέντρου για τη λήψη διαφόρων μετρήσεων.



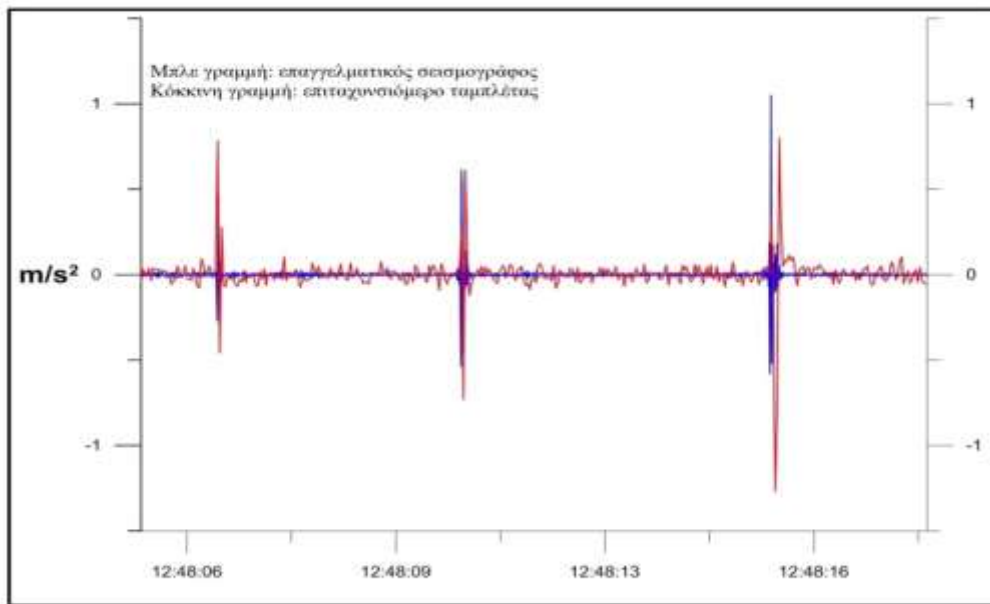
Εικόνα 7. Επαγγελματικοί σειсмоγράφοι του Σεισμολογικού Κέντρου Θεσσαλονίκης

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Μεθοδολογικά, έγινε μια ταυτόχρονη καταγραφή από τις δυο συσκευές (smartphone και σειсмоγράφο) τριών (3) διαδοχικών κρουστικών χτυπημάτων που προκλήθηκαν τεχνικά στο υπόγειο του Σεισμολογικού Κέντρου για τις ανάγκες της έρευνας. Οι συσκευές τοποθετήθηκαν πάνω σε ειδικό μάρμαρο με μεγάλη στρώση τσιμέντου, για να απομονωθούν τα τεχνικά προκληθέντα χτυπήματα από τον περιβάλλοντα κρουστικό θόρυβο και ρυθμίστηκε η ευαισθησία της εφαρμογής (calibration) έτσι ώστε να συμβαδίζει με αυτήν του σειсмоγράφου για να αποφευχθούν οι μεγάλες αποκλίσεις. Ακολουθώντας, με την ολοκλήρωση των μετρήσεων και τη συλλογή των αποτελεσμάτων, υπήρχαν διαθέσιμες 6002 μετρήσεις από τον επαγγελματικό σειсмоγράφο και 1805 μετρήσεις από το tablet διάρκειας ενός λεπτού, κατανεμημένες σε αρχεία excel. Στα αρχεία αυτά είχαν καταγραφεί η μεταβολή της επιτάχυνσης του σειсмоγράφου και του tablet σε συνάρτηση με το χρόνο. Αναλυτικότερα, ο επαγγελματικός σειсмоγράφος πραγματοποίησε 100 μετρήσεις/δευτερόλεπτο και το tablet 29 μετρήσεις/δευτερόλεπτο. Επειδή το πλήθος των μετρήσεων ήταν μεγάλο, αυτές ομαδοποιήθηκαν ανά μισό δευτερόλεπτο. Με βάση τα ομαδοποιημένα αυτά αποτελέσματα δημιουργήθηκαν νέα διαγράμματα excel εστιάζοντας στα σημεία που καταγράφονται τα τρία (3) χτυπήματα και μελετήθηκαν οι ομοιότητες και οι διαφορές των μετρήσεων που κατέγραψαν οι δυο συσκευές.

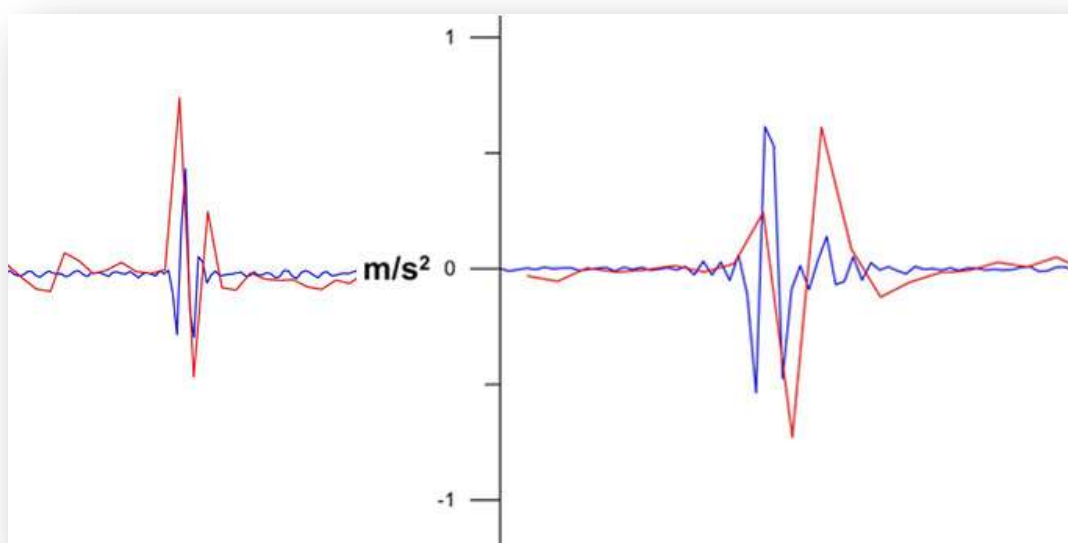
Στην Εικόνα 8 φαίνονται οι καταγραφές και των τριών κρουστικών χτυπημάτων από τις δυο συσκευές, μετά την επεξεργασία με το λογισμικό του Σεισμολογικού Κέντρου. Η κόκκινη γραμμή αφορά το επιταχυνσιόμετρο του tablet και η μπλε του σειсмоγράφου. Με μια πρώτη ανάγνωση φαίνεται ότι τα μέγιστα πλάτη των δονήσεων που προκάλεσαν τα χτυπήματα είναι του ίδιου μεγέθους ενώ το tablet εμφανίζει υψηλότερο θόρυβο στην περιοχή εκτός χτυπημάτων. Ακόμη, ο αισθητήρας του tablet δεν μπορεί να καταγράψει υψηλές κινήσεις, εν αντιθέσει με αυτόν του σειсмоγράφου.

Αρχικά (στο πρώτο χτύπημα), ως μέγιστη τιμή επιτάχυνσης από τον επαγγελματικό σειсмоγράφο καταγράφηκε η 0,4754 και ως ελάχιστη η -0,2844, ενώ από το tablet καταγράφηκε η 0,7975 και η -0,4388 αντίστοιχα. Στην Εικόνα 9 αριστερά, απεικονίζεται εμφανέστερα η διαφορά στη μέγιστη και στην ελάχιστη τιμή της συγκεκριμένης μέτρησης για τους δυο αισθητήρες. Ενώ δηλαδή η χρονική διάρκεια του χτυπήματος είναι πανομοιότυπη, υπάρχουν διαφορές στο πλάτος του χτυπήματος. Αυτές οφείλονται στην ευαισθησία που έχει το επιταχυνσιόμετρο της ταμπλέτας το οποίο υστερεί έναντι αυτού του σειсмоγράφου. Άλλωστε, ο πρωταρχικός λόγος ύπαρξης του επιταχυνσιομέτρου στις κινητές συσκευές είναι να επιτελούν πολύ πιο απλές λειτουργίες.



Εικόνα 8. Διαγράμματα τριων (3) κρουστικών χτυπημάτων μετρημένα με το λογισμικό του σεισμολογικού Κέντρου για το tablet και τον σειсмоγράφο

Έπειτα, αυτό που παρατηρήθηκε είναι ότι η αδυναμία επακριβούς ρύθμισης της ευαισθησίας προκαλεί προβλήματα όχι μόνο στη «μεγάλη» μεταβολή της επιτάχυνσης αλλά και στη πολύ μικρή. Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα, κατά τη διάρκεια τους ενός δευτερολέπτου, ο επαγγελματικός σειсмоγράφος (μπλε γραμμή) καταγράφει και τις μικρές διακυμάνσεις της επιτάχυνσης, σε αντίθεση με το επιταχυνσιόμετρο της ταμπλέτας (κόκκινη γραμμή) το οποίο καταγράφει μια ασαφή ευθεία.

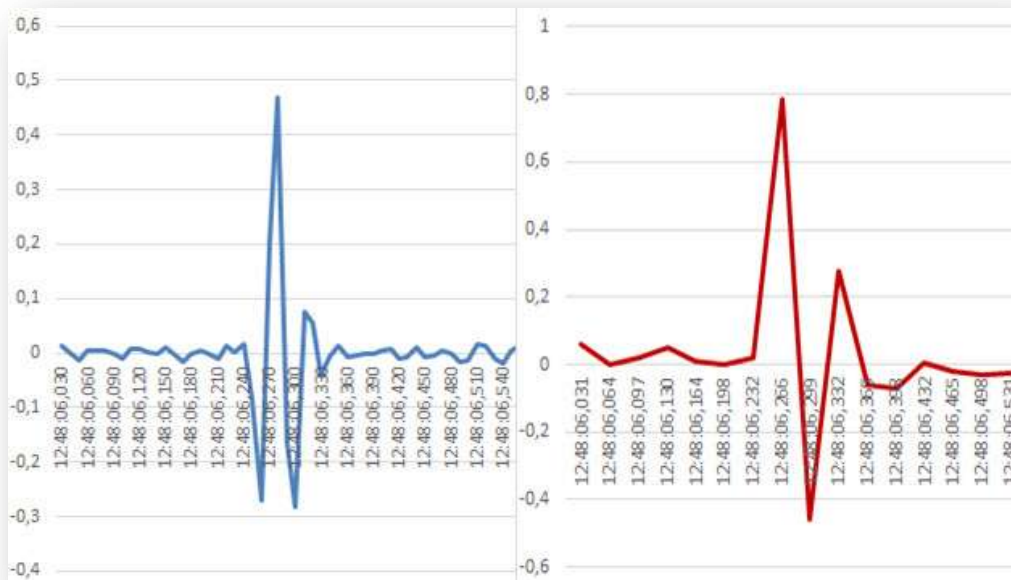


Εικόνα 9. Λεπτομερή διαγράμματα των δυο πρώτων κρουστικών χτυπημάτων

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Σε αντίθεση, το δεύτερο χτύπημα το οποίο παρουσιάζεται στην Εικόνα 9 δεξιά, φαίνεται ότι το πλάτος του χτυπήματος να καταγράφεται σχεδόν στην ίδια τιμή. Βέβαια, καθώς παρατηρούμε καθ' όλη τη διάρκεια της καταγραφής, υπάρχει μια ασαφής καταγραφή από το επιταχυνσιόμετρο της ταμπλέτας. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι το επιταχυνσιόμετρο της ταμπλέτας επηρεάζεται αρκετά από τους εξωτερικούς θορύβους, λόγω χάρη αμάξια, αέρας, περπάτημα ανθρώπων κ.λπ., σε αντίθεση με τον επαγγελματικό σειсмоγράφο ο οποίος είναι μονωμένος σε όλων των ειδών αυτά τα ερεθίσματα.

Επιπλέον, για τη διασταύρωση των σχεδιαγραμμάτων και για την περαιτέρω μελέτη τους δημιουργήθηκαν σχεδιαγράμματα με το λογισμικό Excel. Τα σχεδιαγράμματα αυτά μελετήθηκαν με την ίδια μεθοδολογία και τα συμπεράσματα ήταν τα ίδια με τα παραπάνω, όπως ήταν αναμενόμενο. Π.χ. στην Εικόνα 10 φαίνονται τα διαγράμματα του πρώτου κρουστικού χτυπήματος όπως κατεγράφησαν από τις δυο συσκευές στη διάρκεια μισού δευτερολέπτου (12.48.06,0 μέχρι 12.48.06,5).



Εικόνα 10. Το πρώτο κρουστικό χτύπημα σε διάγραμμα excel για τον σειсмоγράφο (μπλε) και smartphone (κόκκινη γραμμή)

Συνοψίζοντας, φαίνεται ότι οι μετρήσεις του tablet είναι εξίσου υψηλές σε μεγάλες δονήσεις ή κρουστικά χτυπήματα, υστερούν όμως σε συχνότητα, που σημαίνει ότι δεν μπορούν να παρακολουθήσουν τις μικροδονήσεις που συμβαίνουν με μεγάλες σχετικά συχνότητες. Με βάση τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των μετρήσεων και την βιβλιογραφική ανασκόπηση που προηγήθηκε, φαίνεται να επαληθεύονται εν μέρει τα μέχρι τώρα πορίσματα της διεθνούς κοινότητας που δείχνει ενδιαφέρον για τη χρήση των smartphones στη σεισμολογία (Tretkoff, 2010; Brandon,

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

2013; Zuberoa, 2012; Owano, 2012; Liat, 2013; Dale, 2013) και να απαντώνται τα ερευνητικά ερωτήματα που έθεσε αρχικά η έρευνα.

Πιο συγκεκριμένα, η απάντηση στο πρώτο ερώτημα για το αν το smartphone μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη σεισμολογία, η απάντηση είναι καταφατική. Ο βαθμός συμβολής του στην καταγραφή των μετρήσεων εξαρτάται φυσικά από τον βαθμό ακρίβειας που επιθυμείται. Αν και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ερευνητικούς σκοπούς οι οποίοι απαιτούν λεπτομερή ακρίβεια στις μετρήσεις, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για έρευνα σεισμικότητας μιας περιοχής συγκριτικά με κάποια άλλη. Όπως ήδη ειπώθηκε, το tablet μπορεί να καταγράψει σεισμικές δονήσεις μεγάλης σχετικά έντασης ή πλάτους, όχι όμως και μικροδονήσεις που συμβαίνουν με μεγάλη συχνότητα. Λαμβάνοντας όμως υπόψη το γεγονός ότι ο επαγγελματικός σειсмоγράφος που χρησιμοποιήθηκε κοστίζει μερικές χιλιάδες ευρώ έναντι του tablet που κοστίζει μόλις μερικές δεκάδες, η αξία του είναι μεγάλη.

Ως προς το δεύτερο ερώτημα, κάτω υπό ποιες προϋποθέσεις μπορούν να αξιοποιηθούν αποτελεσματικά οι κινητές συσκευές, η απάντηση έχει δυο διαστάσεις. Η μια αφορά την τεχνολογία στην οποία δεν μπορούμε να παρέμβουμε άμεσα, αλλά να περιμένουμε την εξέλιξη της και η άλλη την οργάνωση του δικτύου μετρήσεων που μπορεί άμεσα να οργανωθεί για να αξιοποιήσει τις ικανότητες των ενσωματωμένων αισθητήρων των κινητών συσκευών. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο γιατί η καταγραφή των σεισμών απαιτεί τον προσδιορισμό του χρόνου, της τοποθεσίας και του μεγέθους του. Με τους κλασσικούς σειсмоγράφους, ο προσδιορισμός του χρόνου και του μεγέθους είναι εύκολη σχετικά υπόθεση, για τον προσδιορισμό, όμως, της θέσης απαιτείται συνδυασμός πολλών διαφορετικών σειсмоγραφικών κέντρων ανά τον κόσμο (Παπαζάχος, 2008). Ήδη, το θέμα της χρήσης των έξυπνων τηλεφώνων για παρατήρηση σεισμικών φαινομένων έχει προταθεί από την αμερικανική κυβέρνηση, με σκοπό να μελετηθεί καλύτερα η σεισμικότητα σε κάθε σημείο των πόλεων με σκοπό τα συμπεράσματα να λαμβάνονται υπόψη στα σχέδια κτισίματος των διαφόρων κτιρίων.

Από τη έρευνα προκύπτει τελικά ότι τα κινητά τηλέφωνα μπορούν να αξιοποιηθούν άμεσα στην καταγραφή, επεξεργασία των σεισμικών δονήσεων και κατά συνέπεια στο σχεδιασμό σχεδίων αντισεισμικής προστασίας και έμμεσα στην πρόγνωση των σεισμών. Είναι μια δυνατότητα που δεν θα πρέπει να περάσει απαρατήρητη από την πολιτεία μιας χώρας που είναι ιδιαίτερα σειсмоγενής.

Δυστυχώς, κανένας από τους διδακτικούς στόχους που τέθηκαν στην αρχή των δραστηριοτήτων δεν κατέστη δυνατόν να αξιολογηθεί αξιόπιστα και έγκυρα στο τέλος λόγω έλλειψης διδακτικού χρόνου. Μόνο η αλλαγή στάσης απέναντι στην Τεχνολογία και Φυσική ήταν εμφανής στα παιδιά που δήλωναν ενθουσιασμένα από τις δραστηριότητες που προηγήθηκαν.

### **Αναφορές**

- Brandom, R. (2013). Scientists want to turn smartphones into earthquake sensors, *The Verge Magazine* [On-line] Available: <http://www.theverge.com/2013/9/29/4783690/scientists-turn-smartphone-accelerometers-into-earthquake-sensors>
- Briggle, J. (2013). Analysis of pendulum period with an iPod touch/iPhone. *Physics Education*, 48(3), pp. 285-288.

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

- Castro-Palacio, J. C., Velázquez-Abad, L., Giménez, F. & Monsoriu, J.A. (2013). A quantitative analysis of coupled oscillations using mobile accelerometer sensors. *European Journal of Physics*, 34(3), pp. 737-744.
- Castro-Palacio, J. C., Velázquez-Abad, L., Serrano, M. H. & Monsoriu, J. A. (2013). Using a mobile phone acceleration sensor in physics experiments on free and damped harmonic oscillations. *American Journal of Physics*, 81, pp. 472-475.
- Castro-Palacio, J. C., Velazquez L, Gómez-Tejedor, J.A., Manjón, F., J. & Monsoriu, J. A. (2014). Using a smartphone acceleration sensor to study uniform and uniformly accelerated circular motions. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 36(2), pp. 2315 (1-5).
- Dale, J. (2013). Smartphones Could Help Cities Create Real-Time Urban Seismic Networks – Accelerometers in smartphones could be key to detecting earthquakes and saving lives, *State Tech Magazine*.
- Glück, M. (2005). *MEMS in der Mikrosystemtechnik: Aufbau, Wirkprinzipien, Herstellung und Praxiseinsatz mikroelektromechanischer Schaltungen und Sensorsysteme*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- Hochberg, K., Gröber, S., Kuhn, J. & Müller, A. (2014). The spinning disc: Studying radial acceleration and its damping process with smartphone acceleration sensors. *Physics Education*, 49(2), pp. 137-140.
- Kuhn, J. & Vogt, P. (2012). Analyzing spring pendulum phenomena with a smartphone acceleration sensor *The Physics Teacher*, 50, pp. 504-505.
- Kuhn, J., Vogt, P. & Müller, A. (2014). Analyzing elevator oscillation with the smartphone acceleration sensors. *The Physics Teacher* 52, pp. 55-56.
- Liat, C. (2013). Study: smartphone chips sense earthquakes, could speed up aid response, *Wired Magazine*.
- Monteiro, M., Cabeza, C. & Marti, A.C. (2015). Acceleration measurements using smartphone sensors: Dealing with the equivalence principle. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 37(1), pp. 1303 (1-6).
- Owano, N. (2012). Smartphones as seismometers intrigue Berkeley researchers. phys.org [On-line] Available: <http://phys.org/news/2012-12-smartphones-seismometers-intrigue-berkeley.html>
- Sans, J.A., Manjón, F.J., Cuenca-Gotor, V., Giménez-Valentín, M.H., Salinas, I., Barreiro, J.J., Monsoriu, J.A. & Gomez-Tejedor, J.A. (2015). Smartphone: a new device for teaching Physics *1st International Conference on Higher Education Advances, HEAd'15*.
- Shakur, A. & Sinatra, T. (2013). Angular momentum. *The Physics Teacher*, 51(9), pp. 564-565.
- Tornaría, F., Monteiro, M. & Marti, A. C. (2014). Understanding coffee spills using a smartphone. *The Physics Teacher*, 52, pp. 502-503.
- Tretkoff, E. (2010). Earthquakes monitoring with smartphones and websites, *American Geophysical Union (sites.agu.org)*
- Tuset-Sanchis, L., Castro-Palacio, J. C., Gómez-Tejedor, J. A., Manjón, F. J. & Monsoriu, J. A. (2015). The study of two-dimensional oscillations using a smartphone acceleration sensor: example of Lissajous curves. *Physics Education* 50, pp. 580-585
- Vogt, P., & Kuhn, J. (2012a). Analyzing free-fall with a smartphone acceleration sensor. *The Physics Teacher*, 50, pp. 182-183.
- Vogt, P., & Kuhn, J. (2012b). Analyzing simple pendulum phenomena with a smartphone acceleration sensor. *The Physics Teacher* 50, pp. 439-440.
- Vogt, P., & Kuhn, J. (2013). Analyzing radial acceleration with a smartphone acceleration sensor. *The Physics Teacher* 51, pp. 182-183.
- Vogt, P., & Kuhn, J. (2014a). Acceleration Sensors of Smartphones. *Frontiers in Sensors*, 2, pp. 1-9.
- Vogt, P., & Kuhn, J. (2014b). Analyzing collision processes with the smartphone acceleration sensor. *The Physics Teacher*, 52(2), pp. 118-119.
- Zuberoa, M. (2012). Smartphone or Seismometer? *California Academy of Science*.
- Παπαζάχος, Κ. (2008)., Μεσοπρόθεσμη Πρόγνωση Ισχυρών Σεισμών στον Ελληνικό Χώρο με τη Μέθοδο της Επιβραδυνόμενης-Επιταχυνόμενης Σεισμικής Παραμόρφωσης: Ακρίβεια και Πρακτική Σημασία της, 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας, 5-7 Νοεμβρίου, Άρθρο 1919.
- Πάλλας, Α. (2016). Η αξιοποίηση του αισθητήρα ήχου ενός Smartphone στη διδασκαλία φαινομένων Ακουστικής. Μια καινοτόμος χρήση του από μαθητές Α' Λυκείου. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 12, σσ. 17-27.

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Πετρίδης, Π. (2014). Μέτρηση της Γης με Smartphone και mobile apps. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 4, σσ. 67-78.



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



## **Video Based Laboratory: Διατήρηση μηχανικής ενέργειας**

### **Βασίλης Νούσης**

Η χρήση λογισμικών ανάλυσης βίντεο στο εργαστήριο Φυσικής αποτελεί μια μοντέρνα πειραματική τεχνική με πολλά πλεονεκτήματα, (Τσαλακός, 2010; Νούσης, 2014), αφού:

- Η χρήση τους απλοποιεί την -πολλές φορές- πολύπλοκη και χρονοβόρα διαδικασία «στησίματος» της πειραματικής διάταξης και λήψης μετρήσεων, αφήνοντας περισσότερο χρόνο για δραστηριότητες που στοχεύουν στην εννοιολογική κατανόηση.
- Με την ανάλυση βίντεο μπορούν να ληφθούν δεδομένα τόσο στην περίπτωση διδιάστατων κινήσεων, όσο και στην περίπτωση φαινομένων που συμμετέχουν δύο ή περισσότερα σώματα. Με τις παραδοσιακές εργαστηριακές τεχνικές η μελέτη τέτοιων φαινομένων μπορεί να είναι ιδιαίτερα δύσκολη.
- Αρκετά λογισμικά ανάλυσης βίντεο διατίθενται ελεύθερα, ενώ στο διαδίκτυο μπορεί να βρεθεί μεγάλος αριθμός ελεύθερων για χρήση βίντεο που είναι κατάλληλα για ανάλυση. Συνεπώς, κάθε μαθητής που διαθέτει προσωπικό υπολογιστή μπορεί να έχει εγκατεστημένο το λογισμικό ανάλυσης βίντεο, έχοντας έτσι τη δυνατότητα να μαθαίνει στο δικό του χώρο και χρόνο.
- Δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να ανακαλύψουν την επιστήμη μέσα από τις καθημερινές τους δραστηριότητες αλλά και να συμμετέχουν στο σχεδιασμό του πειράματος, αναλύοντας π.χ. το βίντεο μιας δραστηριότητάς τους που οι ίδιοι έχουν καταγράψει σε βίντεο με το κινητό τους τηλέφωνο.
- Η δυνατότητα επανάληψης του υπό μελέτη φαινομένου μέσω διαδοχικών αναπαραγωγών του βίντεο και μάλιστα η δυνατότητα για «καρέ-καρέ» αναπαραγωγή, συμβάλλει στη διεξοδικότερη μελέτη του φαινομένου και στην ακριβέστερη κατανόηση των λεπτομερειών του. Επιπλέον η καρέ-καρέ παρακολούθηση της κίνησης ενός αντικειμένου και ο ταυτόχρονος σχεδιασμός της γραφικής παράστασης θέσης - χρόνου (πολλαπλές αναπαραστάσεις) βοηθάει

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

τους μαθητές να δημιουργήσουν τη νοητική σύνδεση μεταξύ κίνησης και γραφικής παράστασης.

- Κάποια λογισμικά ανάλυσης βίντεο διαθέτουν δυνατότητες μοντελοποίησης. Συνδυάζουν δηλαδή το πραγματικό πείραμα με την ηλεκτρονική προσομοίωσή του, απλοποιώντας με αυτό τον τρόπο τη σύγκριση θεωρητικού μοντέλου - πραγματικής κατάστασης.

Μεταξύ των ελεύθερα διατιθέμενων λογισμικών ανάλυσης βίντεο, το πλέον διαδεδομένο και αυτό με τις περισσότερες δυνατότητες είναι το *Tracker* του Douglas Brown. Πρόκειται για μια εφαρμογή γραμμένη σε Java και βασισμένη στη συλλογή εργαλείων Open Source Physics. Διαθέτει πληθώρα χαρακτηριστικών που του επιτρέπουν να συναγωνίζεται ισότιμα ή και να ξεπερνά σε δυνατότητες αντίστοιχες εμπορικές εφαρμογές. Επιπλέον πολύ μεγάλος είναι ο όγκος πόρων που διατίθενται ελεύθερα προς χρήση με το Tracker.

Τις δυνατότητες του Tracker εκμεταλλευόμαστε στην παρούσα εργασία για να επιβεβαιώσουμε την αρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας κατά την πτώση μιας μπάλας του γκολφ.

### **Το προς ανάλυση βίντεο**

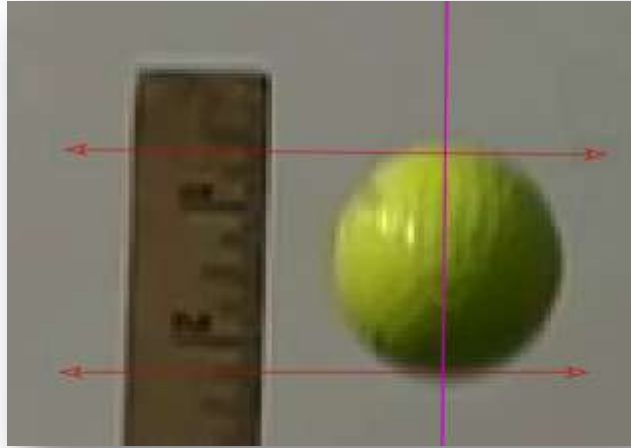
Το βίντεο που θα αναλύσουμε έχει ληφθεί από τον καθηγητή Alejandro Garcia του Πανεπιστημίου Jan Jose στην Καλιφόρνια. Με τη βοήθεια κατάλληλων προσθέτων φυλλομετρητή ή ελεύθερων διαδικτυακών εργαλείων το βίντεο μπορεί να μεταφορτωθεί από το Youtube (<http://www.youtube.com/watch?v=Xyjms6pFDZA>) και να αποθηκευθεί σε τοπικό υπολογιστή.

Στο βίντεο, διαστάσεων 480x360 pixels, καταγράφεται η πτώση στον αέρα μιας μπάλας του γκολφ. Το βίντεο έχει ληφθεί με κάμερα υψηλής ταχύτητας στα 120 fps, ενώ η αναπαραγωγή του με ρυθμό 30 fps δημιουργεί την αίσθηση της αργής κίνησης. Σύμφωνα με τη Wikipedia (Wikipedia, Golf ball, 2004) οι μπάλες του γκολφ έχουν διάμετρο όχι μικρότερη από 42,67 mm και μάζα όχι μεγαλύτερη από 45,93 g. Η σύγκριση της διαμέτρου της μπάλας με το βαθμονομημένο σε ίντσες χάρακα, που εμφανίζεται δίπλα από τη μπάλα στο βίντεο, επιβεβαιώνουν τις πληροφορίες από τη Wikipedia, τουλάχιστον όσο αφορά τη διάμετρο της μπάλας του γκολφ (Εικόνα 1).

Στο γεωγραφικό πλάτος του Jan Jose (37° 20' 21" N) η τιμή 9,8 m/s<sup>2</sup> για την επιτάχυνση της βαρύτητας αποτελεί μια πολύ ικανοποιητική προσέγγιση, όπως προκύπτει και από το μαθηματικό μοντέλο:

$$g = 9,780327 \cdot (1 + 0,0053024 \cdot \sin^2 \varphi - 0,000058 \cdot \sin^2 2\varphi)$$

που προτάθηκε το 1930 από τη Διεθνή Ένωση Γεωδαισίας (Wikipedia, Theoretical gravity, 2011).



Εικόνα 1. Εκτίμηση διαμέτρου μπάλας

### **Η διαδικασία ανάλυσης του βίντεο**

Η διαδικασία ανάλυσης ενός βίντεο περιλαμβάνει συγκεκριμένα βήματα:

1. *Ρυθμίσεις βίντεο κλιπ*: Συνήθως δεν αναλύεται ολόκληρο το βίντεο, αλλά ένα μόνο τμήμα του (βίντεο κλιπ). Η επιλογή του βίντεο κλιπ γίνεται ορίζοντας το αρχικό και το τελικό του καρέ στο παράθυρο «Ρυθμίσεις βίντεο κλιπ» του Tracker, (στην περίπτωση του βίντεο που αναλύουμε δώσαμε τις τιμές 87 και 112 αντίστοιχα). Στο ίδιο παράθυρο ορίζεται και η ταχύτητα καρέ, ώστε το Tracker να υπολογίζει σωστά το χρόνο που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών καρέ. Παρότι συνήθως το Tracker προσδιορίζει αυτόματα την ταχύτητα καρέ, στην περίπτωσή μας απαιτείται η χειροκίνητη ρύθμιση στην τιμή 120 /s.

2. *Βαθμονόμηση βίντεο κλιπ*: Με τη βαθμονόμηση του βίντεο κλιπ μια απόσταση σε εικονοστοιχεία (pixels) στα διάφορα καρέ του βίντεο κλιπ, αντιστοιχίζεται σε κάποια γνωστή απόσταση (σε m ή cm, κ.λπ.) του πραγματικού κόσμου. Το Tracker διαθέτει διάφορα εργαλεία για τη βαθμονόμηση του βίντεο κλιπ. Στην περίπτωσή μας, σε κάποιο καρέ όπου ολόκληρη η μπάλα είναι ορατή (π.χ. 95), δημιουργούμε ένα εργαλείο τύπου «ράβδος βαθμονόμησης», του οποίου τοποθετούμε τα άκρα στα κατακόρυφα αντιδιαμετρικά σημεία της μπάλας και σημειώνουμε στο σχετικό πλαίσιο κειμένου της ράβδου την τιμή 0,04267, ώστε να αντιστοιχίσουμε το συγκεκριμένο αριθμό εικονοστοιχείων μεταξύ των άκρων της ράβδου βαθμονόμησης με το μήκος σε μέτρα της γνωστής στον πραγματικό κόσμο διαμέτρου της μπάλας.

Η ορθή βαθμονόμηση του βίντεο κλιπ είναι καθοριστικής σημασίας για την αξιοπιστία των πειραματικών μετρήσεων και των αντίστοιχων αποτελεσμάτων επεξεργασίας τους.

3. *Ιχνηλασία*: Είναι η διαδικασία μέσω της οποίας προσδιορίζεται στα διάφορα καρέ του βίντεο κλιπ η θέση ενός επιλεγμένου αντικειμένου, του οποίου θα μελετήσουμε την κίνηση. Η διαδικασία μπορεί να ολοκληρωθεί είτε χειροκίνητα είτε αυτόματα. Στο τέλος της διαδικασίας το Tracker έχει σημειώσει τις

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

διαδοχικές θέσεις (ίχνη) του συγκεκριμένου αντικειμένου σε όλα τα καρέ, και επιπλέον έχει συμπληρώσει ένα πίνακα τιμών (Εικόνα 3) με τις συντεταγμένες θέσης του αντικειμένου στις διάφορες ισαπέχουσες χρονικές στιγμές, και έχει σχεδιάσει και τις σχετικές γραφικές παραστάσεις.

Αναλυτικότερα στην περίπτωση που μελετάμε: Για την ιχνηλασία της μπάλας κατά την κίνησή της, δημιουργούμε ένα υλικό σημείο με το όνομα «Μπάλα Γκολφ», του οποίου ορίζουμε τη μάζα στην τιμή 0,04593 kg. Ακολουθώντας τη διαδικασία αυτόματης ιχνηλασίας σημειώνουμε (με το συνδυασμό «Ctrl+Shift+κλικ») το ίχνος του υλικού σημείου στο πρώτο καρέ του βίντεο κλιπ. Μετά ρυθμίζουμε το πρότυπο ταύτισης όπως φαίνεται στην Εικόνα 2 και ολοκληρώνουμε την αυτόματη ιχνηλασία του υλικού σημείου στα υπόλοιπα καρέ του βίντεο κλιπ.



Εικόνα 2. Έναρξη αυτόματης ιχνηλασίας

step	t	y	$v_y$
12	0,1000	0,0498	1
13	0,1083	0,0588	1,093
14	0,1167	0,0681	1,137
15	0,1250	0,0778	1,213
16	0,1333	0,0883	1,303
17	0,1417	0,0995	1,383
18	0,1500	0,1113	1,467
19	0,1583	0,1239	1,555
20	0,1667	0,1372	1,63
21	0,1750	0,1511	1,703
22	0,1833	0,1656	1,787
23	0,1917	0,1809	1,897
24	0,2000	0,1972	1,975
25	0,2083	0,2138	

Εικόνα 3. Πίνακας δεδομένων μετά την ιχνηλασία

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

4. Τελικές ρυθμίσεις: Αν απαιτείται μπορούμε να κάνουμε κάποιες επιπλέον ρυθμίσεις. Στην περίπτωση μας:

- Επιλέγουμε να εμφανίζονται στον Πίνακα Δεδομένων του Tracker εκτός του χρόνου και τα μεγέθη  $y$ ,  $v_y$  και  $\text{step}$  (α/α καρτέ).
- Τοποθετούμε την αρχή του συστήματος αξόνων στο ίχνος του υλικού σημείου «Μπάλα Γκολφ» στο πρώτο καρτέ του βίντεο κλιπ, και το περιστρέφουμε κατά  $180^\circ$ , ώστε η θετική φορά στον άξονα  $y'$  να είναι προς τα κάτω.
- Σε κάποιο σημείο μετά την αρχική επεξεργασία των δεδομένων, θα ορίσουμε τρία νέα μεγέθη, ώστε να δώσουμε τη δυνατότητα στο Tracker να υπολογίζει την κινητική, δυναμική και την ολική ενέργεια της μπάλας του γκολφ.

### Αρχική επεξεργασία δεδομένων

Εντοπίζουμε στον Πίνακα δεδομένων και καταγράφουμε την τιμή της συντεταγμένης  $y$  που αντιστοιχεί στο τελευταίο καρτέ του βίντεο κλιπ. Πρόκειται για τη χαμηλότερη θέση από τις οποίες διέρχεται η μπάλα και η οποία θα χρησιμεύσει αργότερα για τον καθορισμό του οριζόντιου επιπέδου αναφοράς για τη βαρυτική δυναμική ενέργεια. Προκύπτει:  $y_0 = 0,2138 \text{ m}$ . Διαπιστώνουμε επίσης πως η τιμή της αντίστοιχης συνιστώσας της ταχύτητας (δηλ. η μέγιστη ταχύτητα της μπάλας στο αναλυόμενο βίντεο κλιπ) είναι λίγο μεγαλύτερη από  $2 \text{ m/s}$ .



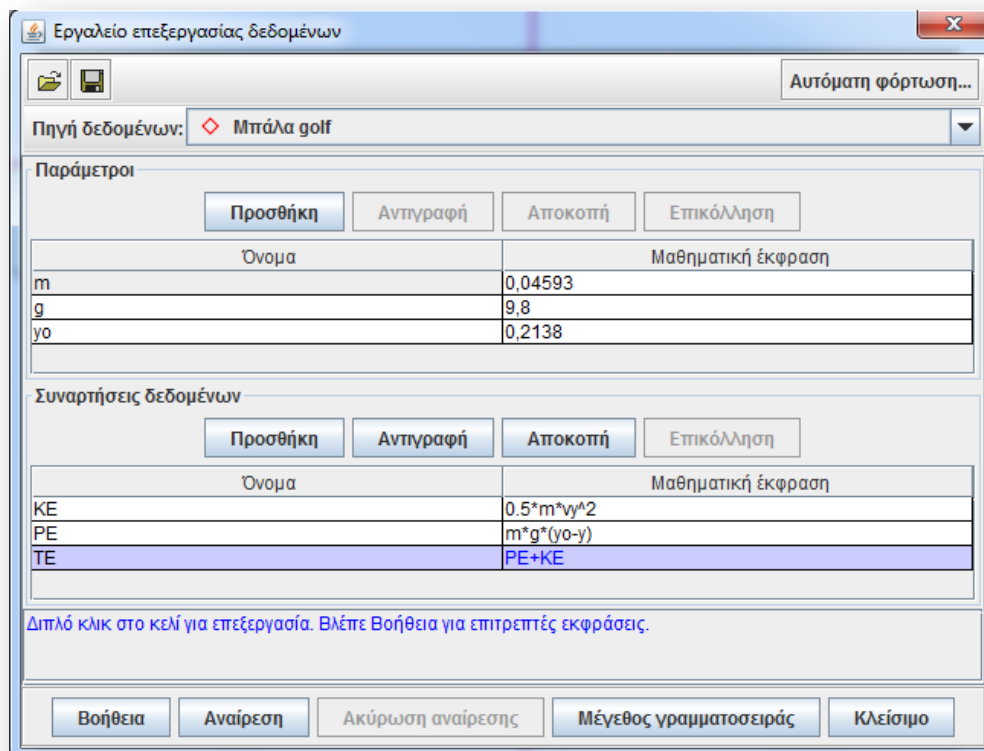
Εικόνα 4. Εργαλείο δεδομένων του Tracker

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Για την παραπέρα μελέτη θα χρειαστούμε και την αρχική ταχύτητα της μπάλας όπως την προσδιορίζει το Tracker. Για το λόγο αυτό στο «Εργαλείο δεδομένων» του Tracker εμφανίζουμε τη γραφική παράσταση  $v_y = f(t)$ . Διαπιστώνουμε τη γραμμικότητα της σχέσης και επιλέγουμε να προσεγγίσουμε τα δεδομένα με ευθεία της μορφής  $A \cdot t + B$ . Το Tracker υπολογίζει αυτόματα τις τιμές των σταθερών A και B, δηλαδή τις πειραματικές τιμές της επιτάχυνσης και της αρχικής ταχύτητας της κίνησης αντίστοιχα (Εικόνα 4).

Με βάση τα ανωτέρω η τιμή της αρχικής ταχύτητας της μπάλας κατά τον y' y άξονα, προέκυψε ίση με **0,013m/s**.

Μετά από αυτούς τους αρχικούς υπολογισμούς, μπορούμε με το «Εργαλείο επεξεργασίας δεδομένων» του Tracker (Εικόνα 5) να ορίσουμε τρία νέα φυσικά μεγέθη για την κινητική, τη δυναμική και τη μηχανική ενέργεια της μπάλας. Αρχικά ορίζουμε τη μάζα του υλικού σημείου στην τιμή 0,04593 kg και μετά δημιουργούμε δύο νέες παραμέτρους: μια για την επιτάχυνση της βαρύτητας με όνομα «g» και τιμή 9,8 m/s<sup>2</sup> και μια για τη θέση αναφοράς για τη δυναμική ενέργεια με όνομα «y0» και τιμή 0,2138. Στη συνέχεια δημιουργούμε τρεις νέες συναρτήσεις δεδομένων: μια για την κινητική ενέργεια με όνομα «KE» και μαθηματική έκφραση «0.5\*m\*vy^2», μια για τη δυναμική ενέργεια με όνομα «PE» και μαθηματική έκφραση «m\*g\*(y0-y)» και μια για τη μηχανική ενέργεια με όνομα «TE» και μαθηματική έκφραση «PE+KE».



Εικόνα 5. Το εργαλείο επεξεργασίας δεδομένων του Tracker

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

### Οι στόχοι της άσκησης

Με την ανάλυση του συγκεκριμένου βίντεο στοχεύουμε να δώσουμε απάντηση σε δύο κυρίως ερωτήματα:

- Ισχύουν οι προϋποθέσεις εφαρμογής της αρχής διατήρησης της μηχανικής ενέργειας στο φαινόμενο που καταγράφεται στο βίντεο;
- Επιβεβαιώνεται τελικά η διατήρηση της μηχανικής ενέργειας στο φαινόμενο;

### Προϋποθέσεις ισχύος της αρχής διατήρησης της μηχανικής ενέργειας

Στην μπάλα κατά την πτώση της ασκούνται το βάρος της, η άνωση και η αντίσταση του αέρα. Συνεπώς η σύντομη απάντηση είναι πως οι προϋποθέσεις για να διατηρείται η μηχανική ενέργεια δεν ικανοποιούνται, αφού ασκούνται και μη συντηρητικές δυνάμεις. Ας δούμε όμως τα πράγματα λεπτομερέστερα:

- Το βάρος της μπάλας έχει μέτρο

$$B = mg \approx 0,46N$$

- Η άνωση έχει μέτρο

$$A = \rho_a g V_\mu = \frac{4}{3} \pi r^3 g \rho_a$$

και λαμβάνοντας υπόψη ότι η πυκνότητα του αέρα στους 20° C είναι  $\rho_a = 1,204 \text{ kg/m}^3$ , προκύπτει  $A = 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ N}$ .

- Γενικά η αντίσταση που ασκεί ένα ρευστό σε κάποιο σώμα που κινείται βυθισμένο εντός του, εξαρτάται από την ταχύτητα  $v$  του κινούμενου σώματος, και μπορεί να εκφραστεί ως (Hart & Little, 1976; Douglas, Gasiorek, Swaffield, & Lynne, 2005, σ. 399):

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

όπου  $A$  το εμβαδό της εγκάρσιας διατομής του σώματος,  $\rho$  η πυκνότητα του ρευστού, και  $C_D$  ο συντελεστής οπισθέλκουσας που εξαρτάται από το σχήμα του σώματος και τον αδιάστατο αριθμός Reynolds, ο οποίος υπολογίζεται ως (Çengel & Cimbala, 2006, σ. 324):

$$Re = \frac{\rho d v}{\mu}$$

όπου  $\mu$  το ιξώδες του ρευστού, και  $d$  κάποια χαρακτηριστική διάσταση του σώματος (π.χ. η διάμετρος στην περίπτωση σφαιρικού σώματος). Στην περίπτωση πολύ μικρών τιμών του αριθμού Reynolds ( $Re < 0,2$ ) επικρατούν οι δυνάμεις αντίστασης λόγω εσωτερικής τριβής, η ροή γύρω από το σώμα είναι στρωτή και ο συντελεστής οπισθέλκουσας τείνει στην τιμή (Douglas, Gasiorek, Swaffield, & Lynne, 2005, σ. 412):

$$C_D = \frac{24}{Re}$$

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

Τότε η σχέση υπολογισμού της οπισθέλκουσας σε λείο σφαιρικό σώμα ακτίνας  $r$ , ανάγεται στην:

$$F_D = 6\pi\mu r v$$

σχέση που είναι γνωστή ως νόμος του Stokes. Στην περίπτωση δηλαδή πολύ μικρών τιμών του αριθμού Reynolds, η αντίσταση του ρευστού έχει μέτρο ανάλογο της ταχύτητας του εντός αυτού κινούμενου σώματος. Για μια πολύ μεγάλη περιοχή τιμών του αριθμού Reynolds ( $10^3 < Re < 10^5$ ) ο συντελεστής οπισθέλκουσας έχει μια πρακτικά σταθερή τιμή  $Re \approx 0,44$  (Douglas, Gasiorek, Swaffield, & Lynne, 2005, σ. 413). Στις περιπτώσεις αυτές επικρατεί η αντίσταση λόγω διαφοράς πίεσης που έχει μέτρο ανάλογο του τετραγώνου της ταχύτητας του κινούμενου σώματος. Καθώς το ιξώδες του αέρα στους 20° C είναι  $\mu = 1,84 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}$  ο αριθμός Reynolds για τη συγκεκριμένη μπάλα του γκολφ έχει τιμή:

$$Re = \frac{\rho d v}{\mu} = 2792 \cdot v$$

Δηλαδή μετά τα 0,65cm μετατόπισης της μπάλας, οπότε

$$v = \sqrt{2gh} \approx 0,36 \text{ m/s}$$

ο αριθμός Reynolds παίρνει τιμές μεγαλύτερες από 1000. Αυτό σημαίνει πως σε ολόκληρη σχεδόν τη διάρκεια της κίνησης η αντίσταση του αέρα μεταβάλλεται ανάλογα με το τετράγωνο της ταχύτητας:

$$F_D = \frac{1}{2} \rho A C_D v^2 \approx 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot v^2$$

Αλλά για την υπό μελέτη κίνηση η μέγιστη ταχύτητα, όπως έχουμε ήδη βρει, είναι λίγο μεγαλύτερη από 2 m/s, οπότε η μέγιστη τιμή της αντίστασης του αέρα ισούται περίπου με  $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ N}$ .

Είναι φανερό πως τόσο η άνωση όσο και η μέγιστη τιμή της αντίστασης του αέρα στη συγκεκριμένη κίνηση είναι περίπου 1000 και 300 φορές αντίστοιχα μικρότερες από το βάρος της σφαίρας. Συνεπώς το αποτέλεσμα της δράσης τους μπορεί να θεωρηθεί αμελητέο σε σχέση με το αντίστοιχο αποτέλεσμα του βάρους της σφαίρας, οπότε με καλή προσέγγιση μπορούμε να θεωρήσουμε πως οι προϋποθέσεις για να ισχύει η διατήρηση της μηχανικής ενέργειας, ικανοποιούνται.

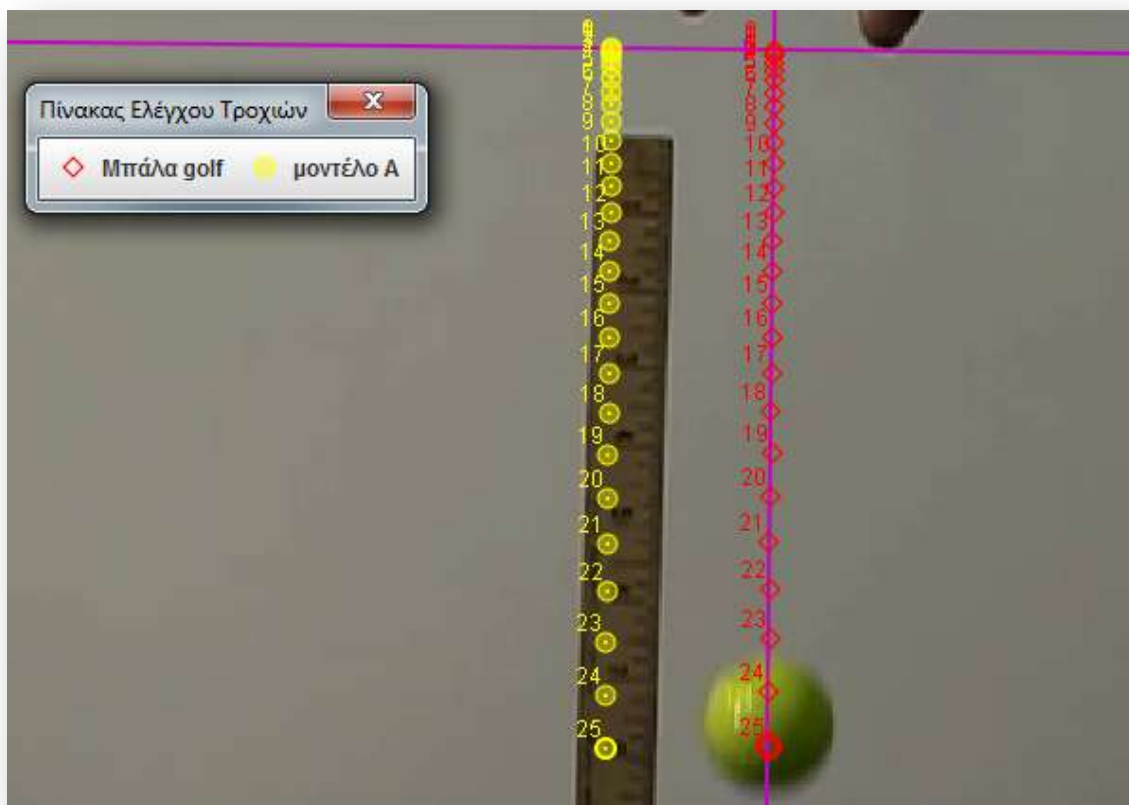
Στο ίδιο συμπέρασμα μπορούμε να καταλήξουμε και μέσω της δυνατότητας του Tracker να επισυνάπτει στο βίντεο κλιπ τα ίχνη του θεωρητικού μοντέλου της ελεύθερης πτώσης της μπάλας. Αφού δημιουργήσουμε στο Tracker ένα καρτεσιανό δυναμικό μοντέλο για τη μπάλα:

- Επιλέγουμε ως «Εναρκτήρα» το υλικό σημείο «Μπάλα γκολφ», ώστε να αποδοθούν στο μοντέλο οι αρχικές συνθήκες της μπάλας. Εδώ θα χρειαστεί:.



## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

- Στην αρχική τιμή της μεταβλητής «x» να δώσουμε την τιμή «0,05» ώστε τα ίχνη του μοντέλου να μετατοπιστούν οριζόντια και να μη συμπέσουν με τα ίχνη του υλικού σημείου «Μπάλα γκολφ».
- Στην αρχική τιμή της ταχύτητας «vy» να δώσουμε την τιμή «0,013» που έχουμε ήδη προσδιορίσει κατά την αρχική επεξεργασία των δεδομένων.
- Δημιουργούμε μια παράμετρο με όνομα «g» και τιμή «9,8» για την επιτάχυνση της βαρύτητας, ενώ στην προκαθορισμένη παράμετρο «m» δίνουμε την τιμή «0,04593», ίση με τη μάζα της μπάλας.
- Στη δύναμη «fy» δίνουμε την τιμή «m\*g», ίση δηλαδή με το βάρος της μπάλας. Αφού το μοντέλο αφορά την ελεύθερη πτώση, καμία άλλη δύναμη δε δρα στο σώμα.

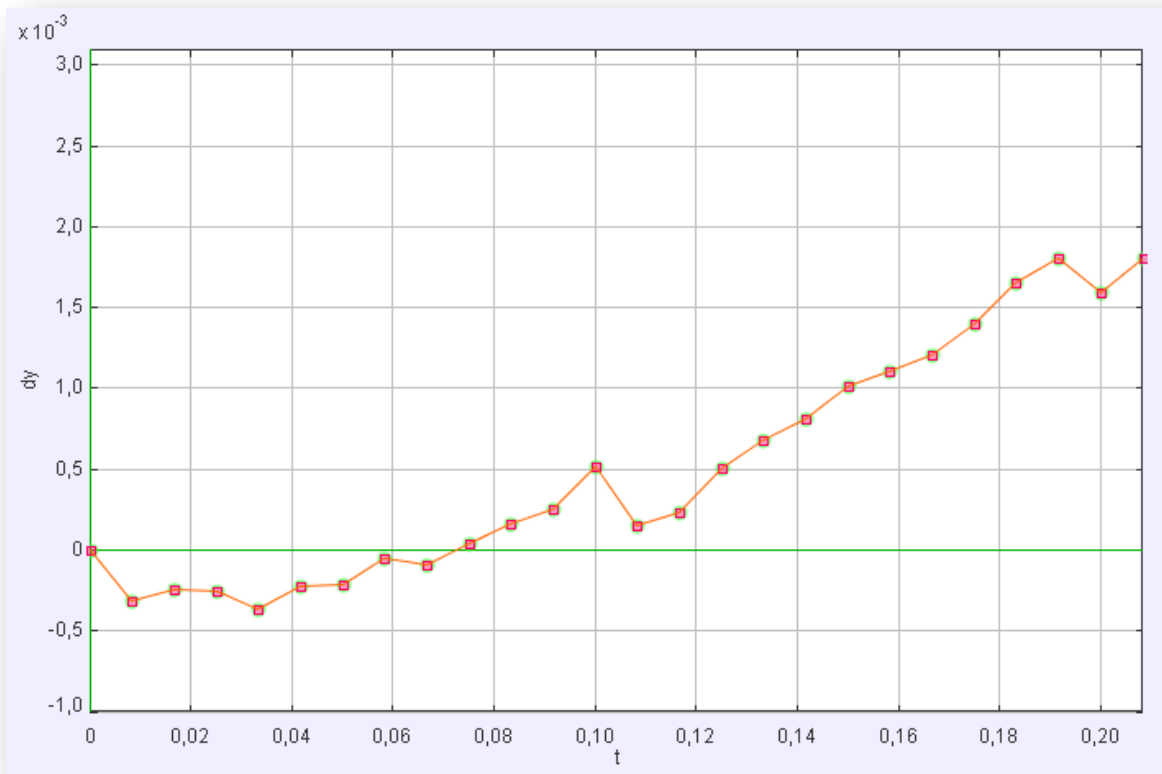


Εικόνα 6. Συγκριτικά τα ίχνη του υλικού σημείου και του θεωρητικού μοντέλου

Το Tracker αυτόματα στα καρέ του βίντεο κλιπ επισυνάπτει (Εικόνα 6) και τα ίχνη του θεωρητικού μοντέλου της ελεύθερης πτώσης και συμπληρώνει τον αντίστοιχο πίνακα δεδομένων (οι κόκκινοι ρόμβοι είναι τα ίχνη της πραγματικής κίνησης και οι κίτρινοι κύκλοι τα ίχνη του μοντέλου). Για τον ακριβέστερο έλεγχο σχεδιάστηκε η γραφική παράσταση (Εικόνα 7) της διαφοράς θέσεων ( $y$  συντεταγμένες) του θεωρητικού μοντέλου και του υλικού σημείου «Μπάλα γκολφ» συναρτήσει του χρόνου. Παρατηρούμε πως στις πρώτες μετρήσεις η διαφορά θέσης που προκύπτει μεταξύ του

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

θεωρητικού μοντέλου και της πραγματικής κίνησης της μπάλας παρουσιάζει απόκλιση μικρότερη από  $\pm 0,5$  mm, ενώ στις επόμενες μετρήσεις η απόκλιση μεγαλώνει, χωρίς όμως να ξεπεράσει τα 1,6 mm.

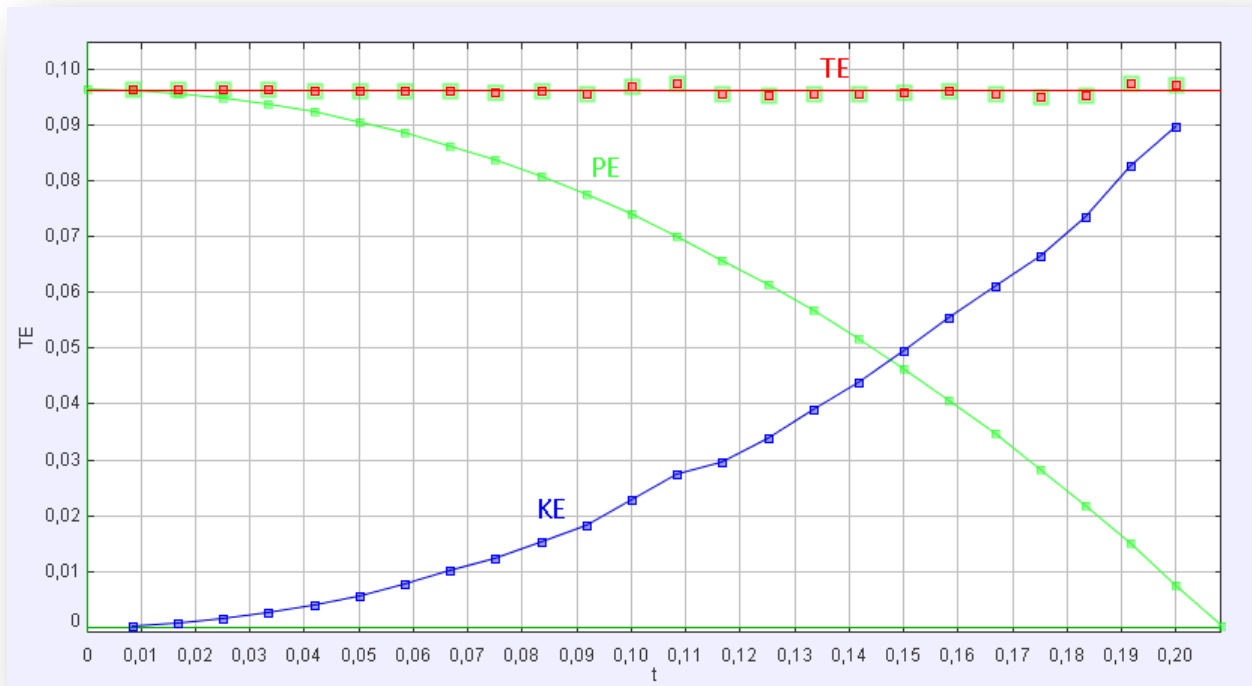


Εικόνα 7. Απόκλιση θεωρητικού μοντέλου - πραγματικής κίνησης

Το ερώτημα που προκύπτει είναι αν αυτές οι αποκλίσεις (μέγιστο 1,6 mm) μεταξύ θεωρητικού μοντέλου και πραγματικής κίνησης είναι εντός του πειραματικού σφάλματος. Σε μια τέτοια περίπτωση στην κίνηση της μπάλας μπορούμε να αποδεχθούμε πως δρα μόνο το βάρος της και συνεπώς η μηχανική της ενέργεια διατηρείται σταθερή. Το Tracker με βάση το πρότυπο ταύτισης προσδιορίζει πρώτα τη θέση σε pixels του υλικού σε κάποιο καρέ του βίντεο κλιπ και στη συνέχεια με βάση την κλίμακα αντιστοιχίας βίντεο κλιπ - πραγματικού κόσμου υπολογίζει τη θέση του υλικού σημείου στον πραγματικό κόσμο. Προφανώς το ελάχιστο σφάλμα στον αρχικό προσδιορισμό θέσης με το Tracker είναι  $\pm 1$  pixel. Για διάφορους λόγους, σχετιζόμενους με την ποιότητα του βίντεο, την ποιότητα (π.χ. αντίθεση, φωτεινότητα) της αρχικής σήμανσης της θέσης του υλικού σημείου, κ.ά., το σφάλμα στον προσδιορισμό θέσης είναι οπωσδήποτε μεγαλύτερο. Ας αποδεχθούμε εδώ την πιο «αισιόδοξη» τιμή για το σφάλμα:  $\pm 2$  pixels. Με ένα εργαλείο του Tracker τύπου «χάρακας» μπορούμε να μετρήσουμε ότι το ύψος του βίντεο κλιπ (360 pixels) αντιστοιχεί σε 0,33 m στον πραγματικό κόσμο, δηλαδή αντιστοιχούν περίπου 0,92 mm/pixel, και συνεπώς το σφάλμα των  $\pm 2$  pixels στο βίντεο αντιστοιχεί σε περίπου  $\pm 1,8$  mm στον πραγματικό κόσμο. Άρα οι αποκλίσεις του θεωρητικού μοντέλου από την πραγματική κίνηση είναι εντός του πειραματικού σφάλματος.

## Διατήρηση της μηχανικής ενέργειας

Στο «Εργαλείο δεδομένων» του Tracker επιλέγουμε να εμφανιστούν οι γραφικές παραστάσεις της κινητικής, δυναμικής και ολικής μηχανικής ενέργειας συναρτήσει του χρόνου (Εικόνα 8).



Εικόνα 8. Γραφικές παραστάσεις κινητικής, δυναμικής και ολικής ενέργειας συναρτήσει του χρόνου

Από τη μελέτη των γραφικών παραστάσεων  $K - t$  και  $U - t$  προκύπτει μείωση της δυναμικής ενέργειας, καθώς η μπάλα πέφτει, και αντίστοιχη αύξηση της κινητικής ενέργειας, δηλ. μετατροπή της δυναμικής ενέργειας σε κινητική. Παρατηρούμε επίσης πως τα σημεία στη γραφική παράσταση μηχανικής ενέργειας - χρόνου, τοποθετούνται γύρω από μια ευθεία παράλληλη προς τον άξονα των χρόνων, γεγονός που υποδηλώνει ότι κατά τη διάρκεια της κίνησης η μηχανική ενέργεια παραμένει σταθερή. Αξιοποιώντας τη δυνατότητα δημιουργίας από το χρήστη προσαρμοσμένων συναρτήσεων προσέγγισης, προσεγγίζουμε τα δεδομένα μηχανικής ενέργειας - χρόνου με ευθεία γραμμή της μορφής « $y = B$ » όπου  $B$  κατάλληλη σταθερά την τιμή της οποίας αυτόματα προσδιορίζει το Tracker. Τελικά προκύπτει:  $E_{\text{μηχ.}} = 0,0962 \text{ J}$ .

## Συμπεράσματα

Η ανάλυση βίντεο αποτελεί μια από τις σημαντικότερες τεχνικές ενσωμάτωσης των νέων τεχνολογιών στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών. Το λογισμικό Tracker κυρίως λόγω των δυνατοτήτων αυτόματης ιχνηλασίας και δημιουργίας μοντέλων, αλλά και επειδή διατίθεται ελεύθερα από το δημιουργό του, είναι ίσως το σημαντικότερο μεταξύ των λογισμικών ανάλυσης βίντεο. Αυτές

## Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο

ακριβώς τις δυνατότητές του αξιοποιήσαμε εδώ για την επιβεβαίωση της αρχής διατήρησης μηχανικής ενέργειας στην κίνηση μιας μπάλας του γκολφ.

### Αναφορές

- Çengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2006). *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications*. New York: McGraw-Hill.
- Douglas, J. F., Gasiorek, J. M., Swaffield, J. A., & Lynne, J. B. (2005). *Fluid Mechanics*. Essex: Pearson Education Limited.
- Hart, F. X., & Little, C. A. (1976). Student investigation of models of the drag force. *American Journal of Physics*, 44(9).
- Wikipedia. (2004, Οκτώβριος). *Γκολφ ball*. Ανάκτηση Σεπτέμβριος 2016, από Wikipedia: [https://en.wikipedia.org/wiki/Γκολφ\\_ball](https://en.wikipedia.org/wiki/Γκολφ_ball)
- Wikipedia. (2011, Οκτώβριος). *Theoretical gravity*. Ανάκτηση Σεπτέμβριος 2016, από Wikipedia: [https://en.wikipedia.org/wiki/Theoretical\\_gravity](https://en.wikipedia.org/wiki/Theoretical_gravity)
- Νούσης, Β. (2014). *Tracker Λογισμικό ανάλυσης βίντεο - Πειράματα Φυσικής Α' Λυκείου*. Ηγουμενίτσα: Νούσης Βασίλης.
- Τσαλακός, Γ. (2010). *Εγχειρίδιο χρήσης του λογισμικού ανάλυσης βίντεο Tracker*. Λευκωσία: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου.



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

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.

### **Κάνοντας Φυσική με τα λογισμικά Geogebra, Step και Mathematica στη σχολική τάξη**

**Παναγιώτης Πετρίδης**

Στην εργασία αυτή παρουσιάζουμε τα λογισμικά Geogebra, Step και Mathematica μελετώντας την κεντρική ελαστική κρούση μεταξύ δύο όμοιων σφαιρών και την φθίνουσα ταλάντωση. Τα θέματα αναπτύσσονται στο σχολικό εγχειρίδιο Φυσικής Γ' Γενικού Λυκείου της Ομάδας Προσανατολισμού των Θετικών Σπουδών ωστόσο η δική μας θεώρηση αφορά στη μελέτη των φαινομένων με την βοήθεια των λογισμικών άρα είναι περισσότερο “βιωματική”. Σκοπός της μελέτης είναι η διδακτική αξιοποίηση των συγκεκριμένων λογισμικών στην καθημερινή πρακτική της σχολικής τάξης.

#### **Κεντρική ελαστική κρούση - Θεωρητική εισαγωγή**

Έστω δύο σφαίρες 1 και 2 σε μια περιοχή του σύμπαντος (άξονας  $x$ ) μακριά από κάθε άλλο αστρικό αντικείμενο. Επειδή ο κενός χώρος είναι ομοιογενής, εάν αλλάξουν οι θέσεις των σφαιρών χωρίς να αλλάξει η μεταξύ τους απόσταση  $x$ , η δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο σφαιρών παραμένει ίδια. Αυτό συμβαίνει διότι η δυναμική ενέργεια είναι μια συνάρτηση τριών μεταβλητών  $f(m_1, m_2, x)$  όπου  $m_1$  και  $m_2$  οι μάζες των σφαιρών που δεν εξαρτώνται από την τυχαία θέση τους και  $x$  η απόσταση μεταξύ των μαζών. Αλλαγή στην απόσταση μεταξύ των σφαιρών 1 και 2 μπορεί να γίνει με δύο ισοδύναμους τρόπους. Είτε μετακινώντας την σφαίρα 1 κατά  $\Delta\vec{x}_\alpha$ , είτε μετακινώντας την σφαίρα 2 κατά

$$\Delta\vec{x}_\beta = -\Delta\vec{x}_\alpha$$

Λόγω της ομοιογένειας του χώρου οι δύο μεταβολές της δυναμικής ενέργειας είναι ίσες. Η μεταβολή της δυναμικής ενέργειας συνδέεται με το έργο του βάρους με τη σχέση

$$\Delta U = -W$$

Το έργο είναι χονδρικά το γινόμενο δύναμης επί μετατόπιση ή ακριβέστερα η ποσότητα

$$\int \vec{F} d\vec{x}$$

Άρα ισχύει (Οικονόμου, 1992):

$$\Delta U_\alpha = \Delta U_\beta \Leftrightarrow -\vec{F}_{\alpha\beta}\Delta\vec{x}_\alpha = -\vec{F}_{\beta\alpha}\Delta\vec{x}_\beta \Leftrightarrow \vec{F}_{\alpha\beta} = -\vec{F}_{\beta\alpha}$$

Ο συλλογισμός μπορεί να γενικευθεί και στις τρεις διαστάσεις. Βλέπουμε δηλαδή ότι η ομοιογένεια του κενού χώρου οδηγεί στον τρίτο νόμο του Νεύτωνα. Για να συνεχίσουμε τον συλλογισμό με την βοήθεια του δεύτερου νόμου του Νεύτωνα η σχέση

$$\vec{F}_{\alpha\beta} = -\vec{F}_{\beta\alpha}$$

γράφεται ως εξής:

$$\vec{F}_{\alpha\beta} + \vec{F}_{\beta\alpha} = 0 \Leftrightarrow m_1\vec{a}_\alpha + m_2\vec{a}_\beta = 0 \Leftrightarrow m_1\vec{u}_\alpha + m_2\vec{u}_\beta = \text{σταθερό}$$

όπου έγινε χρήση του ορισμού της επιτάχυνσης και φτάσαμε στο νόμο διατήρησης της ολικής ορμής ενός απομονωμένου συστήματος. Η σύνδεση του νόμου της διατήρησης της ορμής με την ομοιογένεια του κενού χώρου προσδίδει σε αυτόν τον νόμο μια οικουμενικότητα που ξεπερνάει τα πλαίσια της κλασικής μηχανικής. Δηλαδή ανεξάρτητα από τον βασικό νόμο της κίνησης, είτε αυτός είναι ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα, είτε είναι οι εξισώσεις του Maxwell, είτε είναι η εξίσωση του Schrödinger, ο νόμος διατήρησης της ορμής ισχύει για κάθε φυσική θεωρία.

Μετά την ομοιογένεια του κενού χώρου, σειρά έχει η ομοιογένεια του χρόνου, δηλαδή το γεγονός ότι δεν υπάρχουν χρονικές στιγμές ή χρονικές περιόδους που ξεχωρίζουν από τις υπόλοιπες. Δηλαδή για τις σφαίρες 1 και 2 που βρίσκονται σε μια περιοχή του σύμπαντος μακριά από κάθε άλλο αστρικό αντικείμενο, ότι ισχύει σήμερα, ίσχυε χθες και θα ισχύει και αύριο. Με άλλα λόγια κάθε χρονική στιγμή είναι καθ' εαυτή ισοδύναμη με οποιαδήποτε άλλη. Η προφανής αυτή ιδιότητα του χρόνου έχει σαν άμεση συνέπεια ότι η δυναμική ενέργεια ενός απομονωμένου συστήματος δεν είναι δυνατόν να εξαρτάται ρητά από τον χρόνο, αλλά όπως αναφέραμε πριν εξαρτάται μόνο από τις σχετικές θέσεις των σωμάτων. Έτσι για την μεταβολή της δυναμικής ενέργειας ισχύει (Οικονόμου, 1992):

$$\Delta U = \Delta U_\alpha + \Delta U_\beta = -\vec{F}_{\alpha\beta}\Delta\vec{x}_\alpha - \vec{F}_{\beta\alpha}\Delta\vec{x}_\beta$$

χρησιμοποιώντας το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα έχουμε:

$$F_{\alpha\beta}dx_\alpha = m_1 \frac{du_\alpha}{dt} dx_\alpha = m_1 du_\alpha \frac{dx_\alpha}{dt} = m_1 du_\alpha u_\alpha = \frac{d(m_1 u_\alpha^2)}{2}$$

$$F_{\beta\alpha}dx_\beta = m_2 du_\beta u_\beta = \frac{d(m_2 u_\beta^2)}{2}$$

$$dU = \frac{-d(m_1 u_\alpha^2)}{2} - \frac{d(m_2 u_\beta^2)}{2} = -d\left(\frac{m_1 u_\beta^2}{2} + \frac{m_1 u_\alpha^2}{2}\right)$$

$$du = -dK \Leftrightarrow dU + dK = 0 \Leftrightarrow U + K = \text{σταθερό}$$

όπου εξ' ορισμού

$$K = \frac{1}{2}m_1 u_\alpha^2 + \frac{1}{2}m_2 u_\beta^2$$

είναι η κινητική ενέργεια του συστήματος. Με βάση την ομοιογένεια του χρόνου καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι η ολική ενέργεια ενός απομονωμένου συστήματος, που είναι το άθροισμα της κινητικής και της δυναμικής ενέργειας, παραμένει σταθερή. Έτσι στην κλασική Φυσική στηριζόμενοι στις συμμετρίες (Τραχανάς, 1996), η ομοιογένεια του χώρου και του χρόνου οδηγεί στην διατήρηση της ορμής και της ενέργειας, ενώ στην σχετικιστική Φυσική η ομοιογένεια του χώρο-χρόνου οδηγεί στην διατήρηση του τετρανύσματος της ορμής με συνιστώσες ενέργειας και ορμής.

Μετά από αυτή την παρουσίαση ακολουθεί εφαρμογή των αρχών διατήρησης της ενέργειας και της ορμής στην κεντρική ελαστική κρούση δύο σφαιρών. Κατά την διάρκεια μιας κρούσης σε κάθε σφαίρα αναπτύσσονται πολύ μεγάλες δυνάμεις για μικρό χρονικό διάστημα. Οι κρούσεις ταξινομούνται συνήθως, σύμφωνα με το αν διατηρείται ή όχι η κινητική ενέργεια. Στη δική μας μελέτη περίπτωσης, διατηρείται η κινητική ενέργεια δηλαδή λέμε ότι η κρούση είναι ελαστική. Επίσης οι διευθύνσεις των ταχυτήτων των σφαιρών πριν την κρούση βρίσκονται πάνω στην ίδια ευθεία και γι' αυτό τον λόγο η κρούση ονομάζεται κεντρική. Η μία από τις δύο σφαίρες είναι αρχικά ακίνητη, οπότε η εφαρμογή των σχέσεων μας δίνει (Ιωάννου, 2015), για τα μέτρα των ταχυτήτων των σφαιρών μετά την κρούση το παρακάτω αποτέλεσμα που θα μελετήσουμε.

$$u_1' = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} u_1 \text{ και } u_2' = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} u_1$$

### Geogebra και μελέτη γραφικής παράστασης

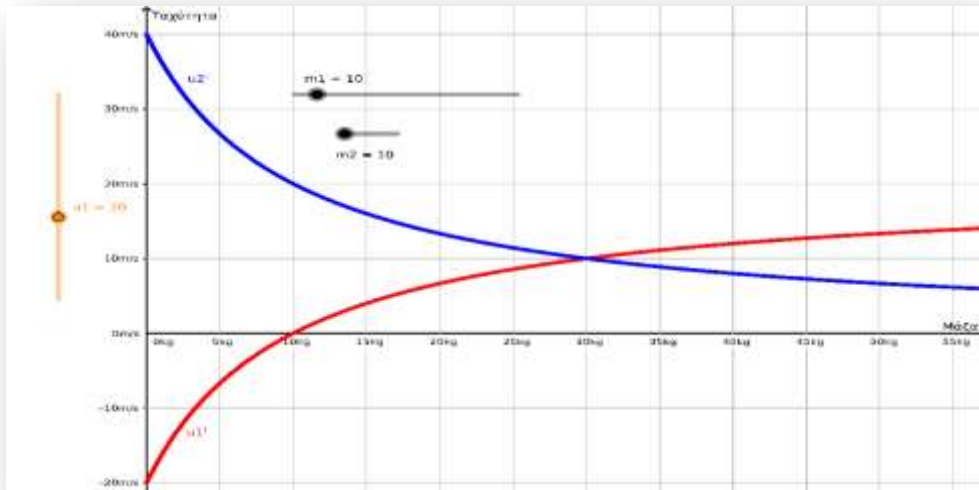
Το Geogebra (<https://www.geogebra.org/>, 2016) που ετυμολογικά προέρχεται από την σύνθεση των όρων Γεωμετρία (Geometry) και Άλγεβρα (Algebra), αποτελεί διαδραστικό λογισμικό γεωμετρίας για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Τα περισσότερα τμήματά του αποτελούν ελεύθερο λογισμικό. Το Geogebra έχει γραφτεί σε γλώσσα Java και συνεπώς διατίθεται για όλες τις διαθέσιμες πλατφόρμες (Windows, Mac, Linux). Επίσης μπορούμε να το τρέξουμε online και χωρίς εγκατάσταση τοπικά, μέσω ενός φυλλομετρητή. Για τη μελέτη μας με το Geogebra θα σχεδιάσουμε γραφικές παραστάσεις συναρτήσεων μιας μεταβλητής με την βοήθεια δρομέων, όπως επίσης και γραφικές παραστάσεις συναρτήσεων δύο μεταβλητών. Η τριδιάστατη απεικόνιση είναι ένα χαρακτηριστικό που είναι πλέον διαθέσιμο στην τελευταία έκδοση Geogebra 5. Η χρήση των δρομέων στην θέση των συντελεστών των συναρτήσεων, μας δίνει την δυνατότητα να μελετήσουμε ειδικές περιπτώσεις και να βγάλουμε συμπεράσματα που σχετίζονται με την φυσική ερμηνεία και επεξήγηση των σχέσεων των ταχυτήτων των σφαιρών μετά την κεντρική ελαστική κρούση τους.

Ξεκινώντας με το Geogebra, δημιουργούμε τρεις δρομείς: έναν για την αρχική ταχύτητα  $u_1$  που έχει η μάζα  $m_1$ , έναν για την μάζα  $m_1$  και έναν για την μάζα  $m_2$ . (Το αρχείο είναι διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο του περιοδικού, ως υποστηρικτικό υλικό, με την ονομασία taxytita.ggb). Στην παρακάτω Εικόνα 1, έχουμε σχεδιάσει με κόκκινο χρώμα τη συνάρτηση της ταχύτητας της πρώτης σφαίρας μάζας  $m_1$  μετά την κρούση, με μεταβλητή  $z$  την μάζα  $m_1$ :

$$u_1'(z) = \frac{z - m_2}{z + m_2} u_1$$

ενώ με μπλε χρώμα έχουμε σχεδιάσει την συνάρτηση της ταχύτητας της δεύτερης σφαίρας μάζας  $m_2$  μετά την κρούση με μεταβλητή  $y$  τη μάζα  $m_2$

$$u_2'(y) = \frac{2m_1}{m_1 + y} u_1$$



Εικόνα 1. Οι ταχύτητες των δύο σφαιρών ως συνάρτηση των μαζών τους

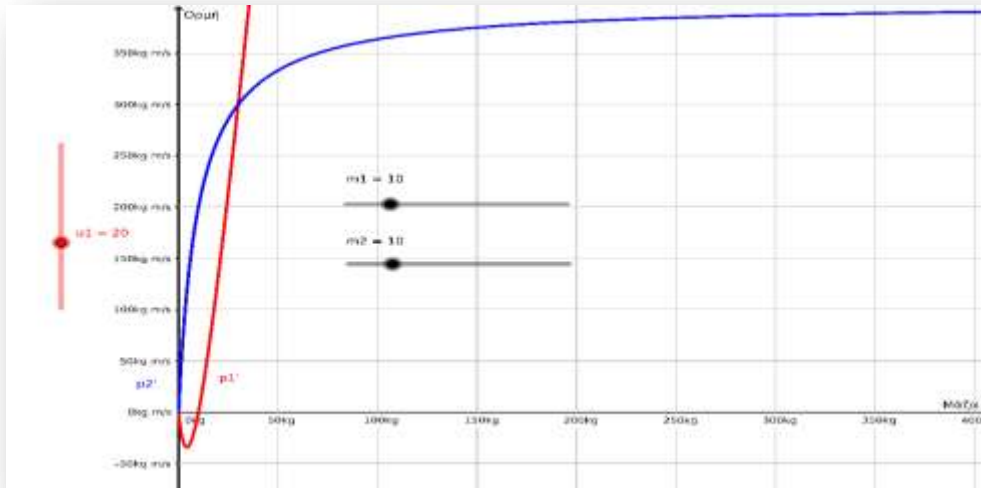
Στην εικόνα που πήραμε από το Geogebra οι δρομείς έχουν αρχικές τιμές για την ταχύτητα του πρώτου σώματος  $u_1 = 20 \frac{m}{s}$  και για τις μάζες  $m_1 = m_2 = 10$  kg. Συνεχίζουμε με τη μελέτη της ορμής των δύο σφαιρών μετά την κρούση. Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία με το Geogebra, δημιουργούμε τρεις δρομείς έναν για την αρχική ταχύτητα  $u_1$  που έχει η μάζα  $m_1$ , έναν για την μάζα  $m_1$  και έναν για την μάζα  $m_2$ . (Το αρχείο είναι διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο του περιοδικού, ως υποστηρικτικό υλικό, με την ονομασία ormi.ggb). Στην Εικόνα 2 έχουμε σχεδιάσει με κόκκινο χρώμα την συνάρτηση της ορμής της πρώτης σφαίρας μάζας  $m_1$  μετά την κρούση, με μεταβλητή  $z$  την μάζα  $m_1$

$$p_1'(z) = \frac{z - m_2}{z + m_2} u_1 z$$

ενώ με μπλε χρώμα έχουμε σχεδιάσει την συνάρτηση της ορμής της δεύτερης σφαίρας μάζας  $m_2$  μετά την κρούση με μεταβλητή  $y$  την μάζα  $m_2$

$$p_2'(y) = \frac{2m_1}{m_1 + y} u_1 y$$





Εικόνα 2. Οι ορμές των δύο σφαιρών ως συνάρτηση των μαζών τους

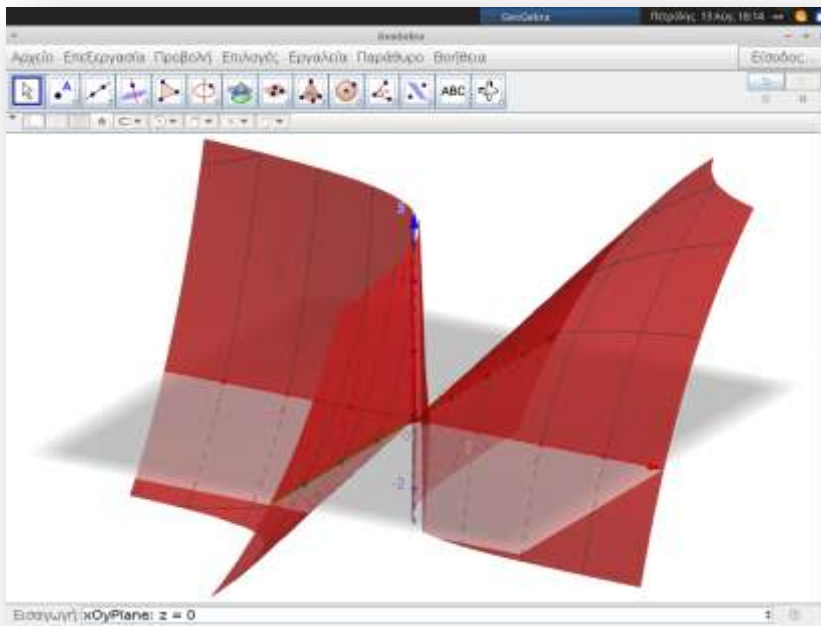
Στην εικόνα που πήραμε από το Geogebra, οι δρομείς έχουν αρχικές τιμές για την ταχύτητα της πρώτης σφαίρας  $u_1 = 20 \frac{m}{s}$  και για τις μάζες  $m_1 = m_2 = 10 \text{ kg}$ .

Σε αυτό το σημείο της μελέτης εμφανίζεται για τους μαθητές κάτι απροσδόκητο. Μια υποθετική σκέψη που αντιτίθεται στη βασική ιδέα που έχουν αναπτύξει κατά την διάρκεια των σπουδών τους στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση όσον αφορά τα μεγέθη ταχύτητα και ορμή. Ποια είναι η συμπεριφορά αυτών των μεγεθών για την δεύτερη σφαίρα, όταν η μάζα της τείνει προς το άπειρο; Η μελέτη των παραπάνω συναρτήσεων μπορεί να γίνει με τον παραδοσιακό τρόπο (Ανδρεαδάκης, 2014), όμως εμείς τις μελετήσαμε γραφικά με την βοήθεια του λογισμικού Geogebra και φτάσαμε στο συμπέρασμα ότι όταν η μάζα της δεύτερης σφαίρας τείνει στο άπειρο, η ταχύτητά της τείνει στο μηδέν (Εικόνα 1, μπλε γραμμή) και η ορμή της γίνεται μέγιστη (Εικόνα 2, μπλε γραμμή). Και ενώ η συμπεριφορά του μεγέθους της ταχύτητας συμφωνεί με αυτά που περιμένει η λογική των μαθητών, αφού μια τεράστια σφαίρα (μάζα τείνει στο άπειρο), μετά την κρούση ουσιαστικά δεν κινείται, η συμπεριφορά του μεγέθους της ορμής είναι για τους μαθητές μη αναμενόμενη. Σύμφωνα με την λογική τους αφού το μέγεθος της ταχύτητας μηδενίζεται θα πρέπει να μηδενίζεται και το μέγεθος της ορμής. Το παράδοξο για τους μαθητές προκύπτει από την εσφαλμένη αντίληψή τους σύμφωνα με την οποία εάν πολλαπλασιάσουν ένα μέγεθος που τείνει στο μηδέν (ταχύτητα) με ένα μέγεθος που τείνει στο άπειρο (μάζα) το τελικό αποτέλεσμα θα είναι μηδέν. Και αυτή η εσφαλμένη αντίληψη προκύπτει από την μηδενική ιδιότητα (Τσιάκαλος, 2010) του πολλαπλασιασμού (ή όπως συχνά αναφέρεται στα μαθηματικά το μηδέν ως απορροφητικό στοιχείο), όπου οποιοσδήποτε αριθμός που πολλαπλασιάζεται με το μηδέν γίνεται μηδέν. Εσφαλμένη διότι το άπειρο δεν είναι αριθμός, άρα δεν μπορεί να πολλαπλασιαστεί με το μηδέν.

Στην Εικόνα 3 δίνεται η τρισδιάστατη απεικόνιση της συνάρτησης της ορμής της δεύτερης σφαίρας με μεταβλητές  $z$  και  $y$  τις μάζες  $m_1$  και  $m_2$  των δύο σφαιρών. Η απεικόνιση της συνάρτησης

$$p_2'(z, y) = \frac{2zy}{z + y} u_1$$

μπορεί να άρει το “αδιέξοδο” στη σκέψη των μαθητών, αφού έχουν την δυνατότητα να μελετήσουν την συμπεριφορά της ορμής της δεύτερης σφαίρας καθώς μεταβάλλονται ταυτόχρονα οι μάζες της πρώτης και της δεύτερης σφαίρας. (Το αντίστοιχο αρχείο είναι διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο του περιοδικού, ως υποστηρικτικό υλικό, με την ονομασία 3D\_ορmi.ggb).

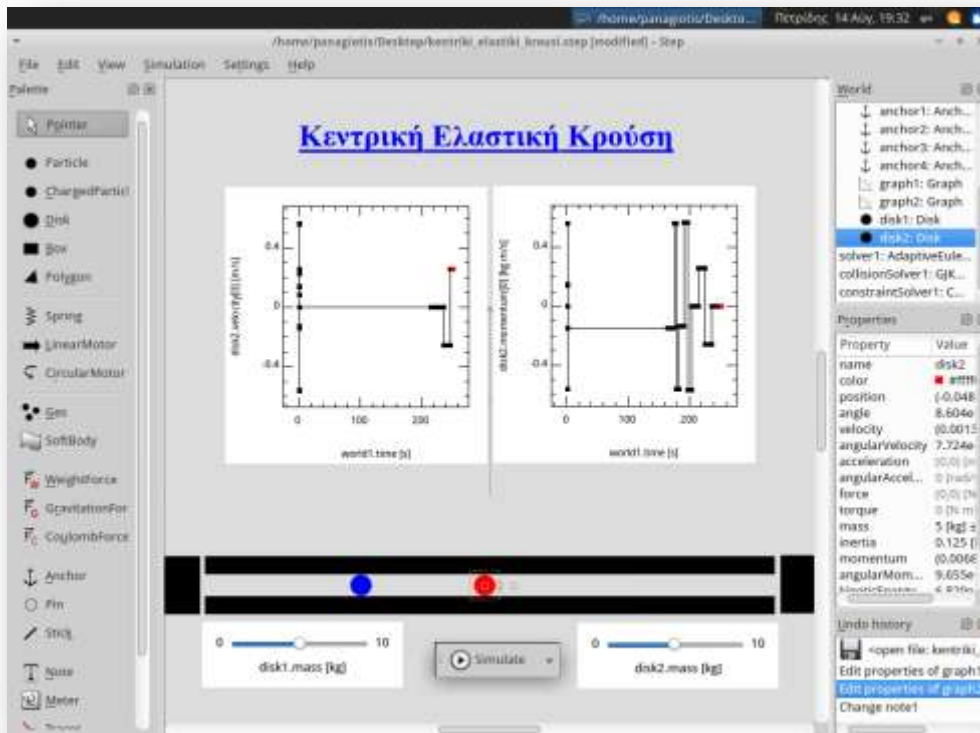


Εικόνα 3. η τρισδιάστατη απεικόνιση της συνάρτησης της ορμής της δεύτερης σφαίρας

### Step ένας εικονικός κόσμος

Το έτερο λογισμικό ανοικτού κώδικα που χρησιμοποιούμε είναι το Step (<https://edu.kde.org/step/>, 2016). Πρόκειται για ένα διαδραστικό λογισμικό προσομοίωσης του φυσικού κόσμου. Αποτελεί τμήμα μιας ευρύτερης σουίτας προγραμμάτων ανοικτού κώδικα που ακούει στο όνομα “KDE Edu”. Τα προγράμματα αυτά είναι διαθέσιμα εκτός από το λειτουργικό linux και σε λειτουργικά συστήματα Windows, αλλά και σε Android. Με το λογισμικό Step μπορούμε να δημιουργήσουμε έναν εικονικό κόσμο, τοποθετώντας σωματίδια με ιδιότητες όπως μάζα, ταχύτητα έως ελατήρια και φορτισμένα σώματα, που επηρεάζουν την προσομοίωση. Ο χρήστης μπορεί επίσης να προσθέσει δυνάμεις βαρύτητας ή δυνάμεις Coulomb και με αυτό τον τρόπο να δημιουργήσει το δικό του πειραματικό κόσμο. Στο λογισμικό τέλος ο χρήστης έχει διαθέσιμα γραφήματα που αναπαριστούν τα διάφορα φυσικά μεγέθη, όπως θέση ταχύτητα, επιτάχυνση, δύναμη και ενέργεια. Το λογισμικό καθιστά την μελέτη περισσότερο βιωματική και ευθυγραμμίζεται με τους θεμελιώδεις τύπους μάθησης που

αποτελούν τους τέσσερις πυλώνες της εκπαίδευσης όπως ορίστηκαν από την Διεθνή Επιτροπή για την Εκπαίδευση του 21ου αιώνα (<http://bit.ly/2bJ2X82>, International Commission on Education for the 21st Century, 85) δηλαδή, α) την μάθηση του πώς να μαθαίνεις, β) την μάθηση του πώς να ενεργείς, γ) την μάθηση του πώς να συμβιώνεις να συν υπάρχουν με άλλους και δ) την μάθηση του να πώς να υπάρχουν αφ' εαυτού σου.



Εικόνα 4. Στιγμιότυπο εικονικού κόσμου για τη μελέτη της κεντρικής ελαστικής κρούσης

Στην εικόνα 4 φαίνεται ένα στιγμιότυπο από τον εικονικό κόσμο που κατασκευάστηκε με το λογισμικό Step για την μελέτη της κεντρικής ελαστικής κρούσης. Στο δικτυακό τόπο του περιοδικού είναι διαθέσιμο ως υποστηρικτικό υλικό το αρχείο krousi.step στο οποίο δημιουργήσαμε έναν κλειστό διάδρομο χρησιμοποιώντας κατάλληλα διαμορφωμένα κουτιά (boxes) τα οποία και ακινητοποιήσαμε με τη βοήθεια του εργαλείου της άγκυρας (anchor). Μέσα στο διάδρομο τοποθετήθηκαν δύο κυκλικοί δίσκοι (disk1 και disk2) οι μάζες των οποίων μπορούν να μεταβληθούν με την βοήθεια ελεγκτών (controller1 και controller2). Οι γραφικές παραστάσεις που εμφανίζονται στην Εικόνα 4 είναι οι χρονικές συναρτήσεις της ταχύτητας και της ορμής της δεύτερης σφαίρας μετά την κεντρική ελαστική κρούση.

Μεταβάλλουμε την αρχική ταχύτητα κάθε δίσκου είτε με τη βοήθεια του πίνακα properties ή και απευθείας μέσα στον εικονικό κόσμο με την βοήθεια του δείκτη ταχύτητας. Διαλέξαμε να μην χρησιμοποιήσουμε βαρυτικές δυνάμεις, όπως και δυνάμεις τριβής ολίσθησης. Η αξία του λογισμικού έγκειται στην απειρία των δυνατών περιπτώσεων που μπορούμε να μελετήσουμε όπως και στην

ευκολία με την οποία πραγματοποιούνται τυχόν αλλαγές. Για το εύρος των τιμών που μπορούν να πάρουν οι ελεγκτές της μάζας των δίσκων επιλέξαμε την περιοχή από 0 έως 10 kg, διότι εμφανίζονται προβλήματα στην προσομοίωση όταν η μάζα “απειρίζεται” δηλαδή γίνεται πάνω από  $10^6$  kg.

### **Φθίνουσα ταλάντωση – Mathematica**

Ταλάντωση ονομάζεται μια περιοδική παλινδρομική κίνηση. Η ταλάντωση που γίνεται σε ευθεία τροχιά ονομάζεται γραμμική ταλάντωση. Για να εκτελεί ένα σώμα γραμμική ταλάντωση θα πρέπει να ασκείται σε αυτό συνισταμένη δύναμη της μορφής

$$\vec{F} = -D\vec{x}$$

Η δύναμη  $F$  ονομάζεται δύναμη επαναφοράς γιατί τείνει να επαναφέρει το σώμα στην θέση ισορροπίας. Η σταθερά  $D$  ονομάζεται σταθερά επαναφοράς και  $x$  είναι η απομάκρυνση του σώματος από την θέση ισορροπίας. Φθίνουσα είναι μια ειδική περίπτωση γραμμικής ταλάντωσης σύμφωνα με την οποία ένα σώμα κινείται παλινδρομικά πάνω σε έναν άξονα γύρω από ένα σημείο  $O$  το οποίο ονομάζουμε σημείο αναφοράς. Στην φθίνουσα ταλάντωση η ενέργεια του κινητού συνεχώς μειώνεται. Η ελάττωση της ενέργειας οφείλεται σε μια μη συντηρητική δύναμη που ονομάζεται απόσβεση (Κουζούδης & Πετρίδης, 2015). Τέτοια δύναμη είναι για παράδειγμα η δύναμη τριβής που εμφανίζεται στην κίνηση ενός σώματος που εμβαπτίζεται μέσα σε ρευστό όπως το νερό. Η δύναμη απόσβεσης έχει τη μορφή:

$$\vec{F} = -b\vec{v}$$

Το πρόσημο (-) εξηγείται από το γεγονός ότι η δύναμη απόσβεσης είναι ουσιαστικά μια δύναμη τριβής και έχει πάντα φορά αντίθετη από αυτή της ταχύτητας  $v$ . Η σταθερά  $b$  ονομάζεται σταθερά απόσβεσης και εξαρτάται από τις ιδιότητες του μέσου καθώς και από το σχήμα και το μέγεθος του αντικειμένου που κινείται. Η διαφορική εξίσωση που περιγράφει την φθίνουσα ταλάντωση είναι μια γραμμική ομογενής διαφορική εξίσωση 2ας τάξης και προκύπτει από τον 2<sup>ο</sup> Νόμο του Νεύτωνα ως εξής:

$$\Sigma F = ma \Leftrightarrow -Dx - bv = ma \Leftrightarrow mx'' + bx' + Dx = 0$$

Η σταθερά που εξαρτάται από την σταθερά απόσβεσης  $b$  και τη μάζα  $m$  του ταλαντούμενου σώματος συμβολίζεται με  $\Lambda$  και ονομάζεται εκθέτης απόσβεσης

$$\Lambda = \frac{b}{2m}$$

και ένα χαρακτηριστικό για το κάθε ταλαντούμενο σύστημα είναι η ιδιοσυχνότητα  $\omega_0$  που δίνεται από την σχέση

$$\omega_0^2 = \frac{D}{m}$$

Με χρήση του εκθέτη απόσβεσης και της ιδιοσυχνότητας του συστήματος η διαφορική εξίσωση για την φθίνουσα ταλάντωση γίνεται (Μαχαίρας, 2009):

$$x'' + 2\Lambda x' + \omega_0^2 x = 0$$

Οι λύσεις της διαφορικής εξίσωσης είναι τρεις τελείως διαφορετικές συναρτήσεις. Έτσι ανάλογα με την σχέση που υπάρχει μεταξύ των σταθερών D, b, και m, το κινητό μπορεί να εκτελέσει τρεις διαφορετικές κινήσεις.

Κάνοντας χρήση του λογισμικού Mathematica βρίσκουμε τις λύσεις για διάφορες τιμές του  $\Lambda$  και του  $\omega_0$ , και σχεδιάζουμε τις γραφικές παραστάσεις των συναρτήσεων που αποτελούν λύσεις της διαφορικής εξίσωσης. Το Mathematica είναι ένα υπολογιστικό πακέτο με πάρα πολλές δυνατότητες σε σχεδόν όλους τους τομείς των μαθηματικών (Άλγεβρα, Θεωρία συνόλων, Ανάλυση, διαφορικές εξισώσεις, Στατιστική). Για την επίλυση της διαφορικής εξίσωσης κάνουμε χρήση της εντολής DSolve (Τραχανάς, 2004). Η γενική δομή της εντολής, όταν η διαφορική εξίσωση συνοδεύεται και από αρχικές συνθήκες είναι:

$$DSolve[\{Εξίσωση, Αρχικές\ συνθήκες\}, y[x], x]$$

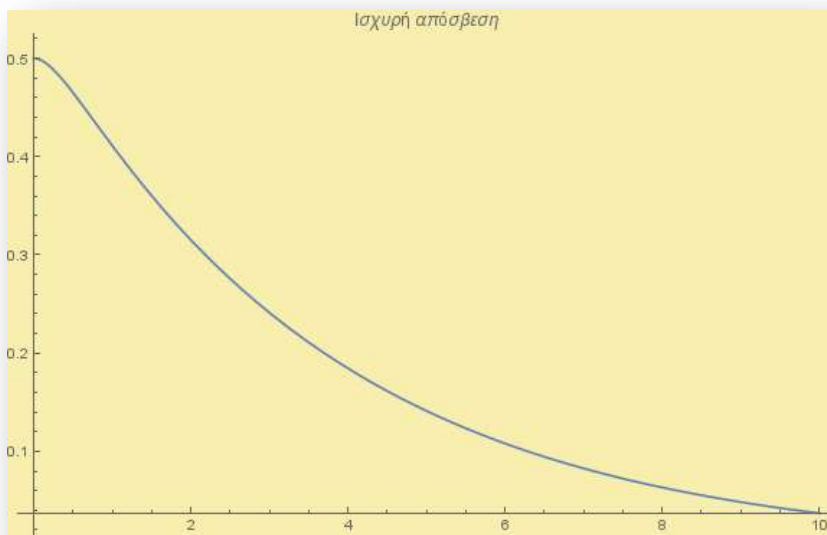
Οι τιμές που χρησιμοποιήσαμε για τις αρχικές συνθήκες είναι:

$$x_0 = 0.5m, u_0 = 0 \frac{m}{s}$$

- για την περίπτωση  $\Lambda > \omega_0$  ( $\Lambda = 2s^{-1}$ ,  $\omega_0 = 1rad/s$ ) ισχυρή απόσβεση:

$$DSolve[\{x''[t] + 4 x'[t] + x[t] == 0, x[0] == 0.5, x'[0] == 0\}, x[t], t]$$

$$Plot[x[t] /. \%, \{t, 0, 10\}, PlotRange -> All]$$

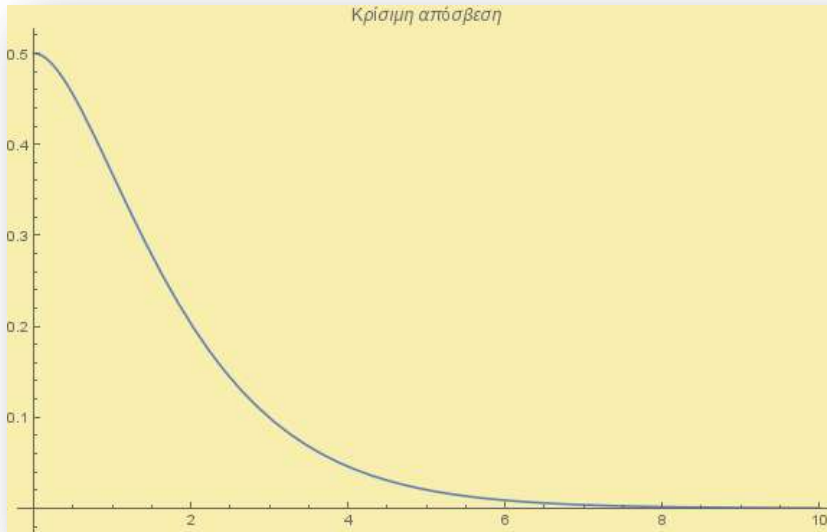


Εικόνα 5. Η απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας σε συνάρτηση με το χρόνο για ισχυρή απόσβεση

- για την περίπτωση  $\Lambda = \omega_0$  ( $\Lambda = 1s^{-1}$ ,  $\omega_0 = 1rad/s$ ) κρίσιμη απόσβεση:

$$DSolve[\{x''[t] + 2 x'[t] + x[t] == 0, x[0] == 0.5, x'[0] == 0\}, x[t], t]$$

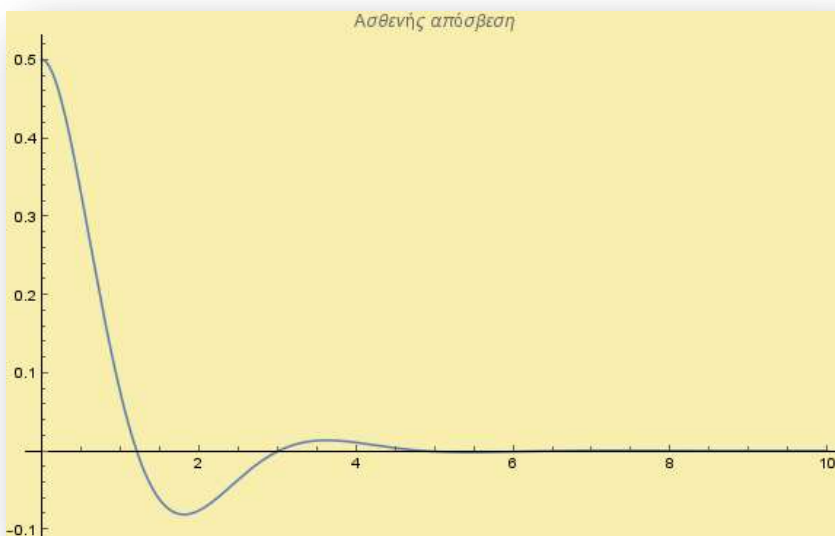
$$Plot[x[t] /. \%, \{t, 0, 10\}, PlotRange -> All]$$



Εικόνα 6. Η απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας σε συνάρτηση με το χρόνο για κρίσιμη απόσβεση

- για την περίπτωση  $\Lambda < \omega_0$  ( $\Lambda=1\text{s}^{-1}$ ,  $\omega_0=2\text{rad/s}$ ) ασθενής απόσβεση 1<sup>η</sup>:

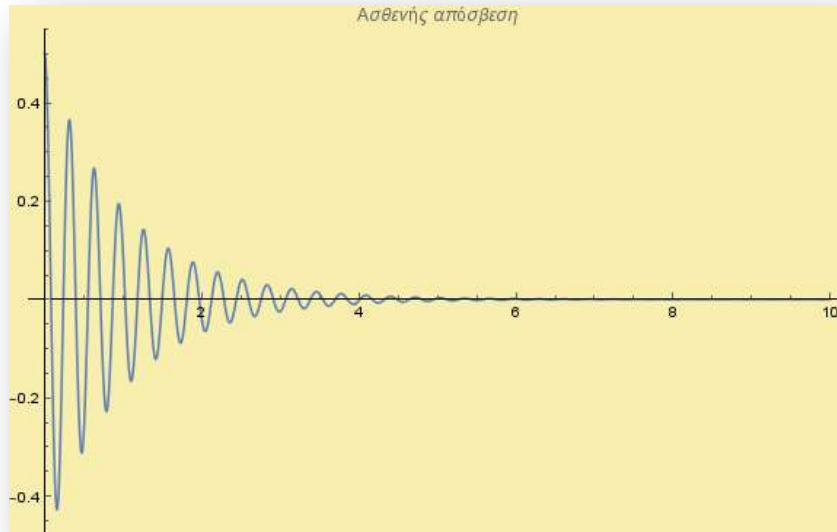
`DSolve[{x''[t] + 2 x'[t] + 4 x[t] == 0, x[0] == 0.5, x'[0] == 0}, x[t], t]`  
`Plot[x[t] /. %, {t, 0, 10}, PlotRange -> All]`



Εικόνα 7. Η απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας σε συνάρτηση με το χρόνο για ασθενή απόσβεση

- για την περίπτωση  $\Lambda < \omega_0$  ( $\Lambda=1\text{s}^{-1}$ ,  $\omega_0=20\text{rad/s}$ ) ασθενής απόσβεση 2<sup>η</sup>:

`DSolve[{x''[t] + 2 x'[t] + 400 x[t] == 0, x[0] == 0.5, x'[0] == 0}, x[t], t]`  
`Plot[x[t] /. %, {t, 0, 10}, PlotRange -> All]`



Εικόνα 8. Η απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας σε συνάρτηση με το χρόνο για ασθενή απόσβεση

### **Συμπεράσματα**

Η διδασκαλία με τη χρήση των λογισμικών Geogebra, Step, και Mathematica επιφυλάσσει ενεργό ρόλο και για τους μαθητές. Οι μαθητές είναι σε θέση να δημιουργήσουν περιεχόμενο, δηλαδή φωτογραφίες και βίντεο, κάνοντας χρήση του εικονικού κόσμου, οπότε τα εικονικά αντικείμενα που παράγονται και ο τρόπος που αυτά αλληλεπιδρούν μπορούν να αποτελέσουν πεδίο υποβολής ερωτήσεων και συζητήσεων και με το διδάσκοντα αλλά και μεταξύ τους. Η μάθηση συγκεκριμένα κατά την αλληλεπίδραση με το λογισμικό Step, δηλαδή ένα λογισμικό προσομοίωσης, μπορεί να επικεντρώνεται ή να αφορά σε (Δημητρακοπούλου, 1999): α) εντοπισμό των κατάλληλων μεταβλητών, β) τρόπο επίδρασης των μεταβλητών, γ) στρατηγική διερεύνησης ενός φαινομένου, δ) «ευκολία» χειρισμού των μεταβλητών, ε) μοντέλα γεγονότα και προϋποθέσεις που δεν τίθενται υπό εξέταση στ) από την «πιστή» προσομοίωση στην προσομοίωση «καρικατούρα» της πραγματικότητας, ζ) σύγκριση με την πραγματικότητα και η) διπλές απλουστεύσεις και απλοποιήσεις.

Συμπερασματικά η χρήση των συγκεκριμένων λογισμικών από τους διδάσκοντες καθηγητές δίνει μια νέα διάσταση στην παρουσίαση της ύλης, αποτελεί ευκαιρία διαθεματικής (Φυσική, μαθηματικά, πληροφορική) αντιμετώπισης, αλλά ωθεί και τους ίδιους τους μαθητές στη δοκιμή και μεταγενέστερα στην ενασχόληση με τα συγκεκριμένα λογισμικά. Μεταβάλλει έτσι σταδιακά τους μαθητές από παθητικούς ακροατές σε ενεργούς συμμετόχους σε συζητήσεις, σε ομάδες και σε δραστηριότητες που επιβεβαιώνουν το επίπεδο κατανόησης του μαθήματος, όπως η συγγραφή κειμένου, η διεξαγωγή πειραμάτων και οι μελέτες διαφορετικών περιπτώσεων.

### Αναφορές

- Ανδρεαδάκης, Σ. κ.ά. (2014). *Μαθηματικά Θετικής και Τεχνολογικής κατεύθυνσης Γ' τάξη Γενικού Λυκείου*, Ι.Τ.Υ.Ε Διόφαντος, σ. 287.
- Δημητρακοπούλου, Α. (1999). *Επιθεώρηση Φυσικής*, 3η Περίοδος, Vol. Η', No 30, 48.
- Ιωάννου Α, κ.ά. (2015). *Φυσική Γ' Γενικού Λυκείου, Ομάδας Προσανατολισμού Θετικών Σπουδών*, Ι.Τ.Υ.Ε Διόφαντος, σ. 156.
- Κουζούδης, Δ & Πετρίδης, Π. (2015). *Φυσική Ι. Μηχανική – Κυματική*, Εκδόσεις Συμμετρία, σ. 253.
- Μαχαίρας, Θ. (2009). *Θέματα Φυσικής παρανοήσεις και προτάσεις υπέρβασής τους*. Διαθέσιμο στη διεύθυνση: <http://bit.ly/2gMxra3>, 55
- Οικονόμου, Ε.Ν. (1992). *Η Φυσική σήμερα Ι. Τα θεμέλια*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, σ. 29.
- Τραχανάς, Σ. (2004). *Mathematica και εφαρμογές*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, σ. 22.
- Τραχανάς, Σ. (1996). *Κβαντομηχανική Ι. Θεμελιώδεις αρχές – Μονοδιάστατα προβλήματα*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, σ. 255.
- Τσιάκαλος Γ. κ.ά. (2010). *Πρόγραμμα σπουδών Μαθηματικών, Αναλυτικό Πρόγραμμα Μαθηματικών*, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου, σ. 38



Ο Παναγιώτης Σ. Πετρίδης γεννήθηκε στη Θεσσαλονίκη το 1969. Έλαβε πτυχίο Φυσικής από το Α.Π.Θ. το 1992 και Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης στα Πληροφοριακά Συστήματα από το Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο το 2012. Η διπλωματική του εργασία με τίτλο “Μελέτη και χρήση των υπηρεσιών κοινωνικής δικτύωσης στην ηλεκτρονική μάθηση” είχε σαν αποτέλεσμα την δημιουργία ενός πληροφοριακού συστήματος για εκπαιδευτική χρήση από τους φοιτητές του Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου.



## **Η μέθοδος jigsaw στη διδασκαλία των νουκλειϊκών οξέων**

**Στέφανος Γιαγτζόγλου**

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με διάλεξη καθιστά τους μαθητές παθητικούς, σιωπηλούς, απομονωμένους, και ανταγωνιστικούς μεταξύ τους. Το βασικό μειονέκτημα αυτής της μεθόδου διδασκαλίας συνίσταται στο γεγονός ότι η προσοχή των μαθητών μειώνεται κατά τη διάρκειά της. Συγκεκριμένα, στις μεγάλες διαλέξεις, ενώ τα πρώτα λίγα λεπτά ευνοούν την αφομοίωση, αργότερα παρατηρούνται καταστάσεις σύγχυσης, πλήξης και χαμηλού βαθμού αφομοίωσης (Penner, 1984). Στις περισσότερες περιπτώσεις, η διδασκαλία με διάλεξη είναι μια διαδικασία μεταφοράς της πληροφορίας από τις σημειώσεις του εκπαιδευτικού στις σημειώσεις του μαθητή, παρακάμπτοντας τη διανοητική επεξεργασία του τελευταίου (Fernández-Santander, 2008).

### **Η μέθοδος της συνεργατικής μάθησης**

Αρκετές είναι οι στρατηγικές διδασκαλίας που προάγουν την ενεργό συμμετοχή του μαθητή στη μαθησιακή διαδικασία. Η συνεργατική μάθηση (cooperative learning, CL) αποτελεί μία μέθοδο διδασκαλίας που εμπλέκει τους μαθητές που εργάζονται σε ομάδες, προκειμένου να οδηγηθούν στην επίτευξη ενός κοινού στόχου (Johnson & Johnson, 1999), υπό προϋποθέσεις, που περιλαμβάνουν τα ακόλουθα στοιχεία: (α) *θετική αλληλεπίδραση*, που σημαίνει ότι τα μέλη της ομάδας οφείλουν να στηρίζονται το ένα στο άλλο για την επίτευξη του στόχου, (β) *ατομική υπευθυνότητα*, υπό την έννοια ότι κάθε μέλος της ομάδας είναι υπόλογο στην ομάδα για τη συνεισφορά του στο έργο της, (γ) *ενισχυτική πρόσωπο με πρόσωπο αλληλεπίδραση*, κατά την οποία τα μέλη της ομάδας παρέχουν ανατροφοδότηση, διδασκαλία και ενθάρρυνση μεταξύ τους (δ) *διαπροσωπικές, ομαδικές και κοινωνικές δεξιότητες*, και (ε) *λειτουργικότητα της ομάδας*, κατά την οποία τα μέλη της ομάδας αξιολογούν κατά περιόδους το έργο που έχει επιτελεστεί μέχρι εκείνη τη στιγμή, και κάνουν προτάσεις, προκειμένου να λειτουργεί η ομάδα πιο αποτελεσματικά στο μέλλον. Η CL αποτελεί μία εκτενώς μελετημένη προσέγγιση στην εκπαιδευτική διαδικασία, που ενισχύει τη διαδικασία της μάθησης αναφορικά με το θέμα για το οποίο εφαρμόζεται, και βελτιώνει τη στάση των μαθητών απέναντι στην ακαδημαϊκή προσέγγιση θεμάτων γενικά, αλλά και ειδικά (Springer et al., 1999).

Μελέτες από την ερευνητική βιβλιογραφία υποστηρίζουν ότι η CL έχει αξιοσημείωτη θετική επίδραση στην επίδοση των μαθητών (Johnson & Johnson, 1989), καθώς και ότι τα ακαδημαϊκά αποτελέσματα είναι καλύτερα όταν η CL εφαρμόζεται αντί της συμβατικής μεθόδου διδασκαλίας, που βασίζεται στις διαλέξεις (Johnson et al., 2000; Anderson et al., 2005).

### Η εμφάνιση της μεθόδου Jigsaw

Παρόλο που η μέθοδος Jigsaw έχει παρουσιαστεί ως μια από τις ευρέως χρησιμοποιούμενες εκδοχές της CL, η εμφάνισή της δε συσχετίστηκε αρχικά με δραστηριότητες ακαδημαϊκού τύπου. Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε από τον κοινωνικό ψυχολόγο Elliot Aronson το 1971 ως μία προσπάθεια άμβλυνσης της φυλετικής αναταραχής που προκλήθηκε εξαιτίας της αναμόρφωσης των σχολείων στο Austin του Τέξας, με σκοπό την άρση των φυλετικών διαχωρισμών. Η συνύπαρξη στην ίδια σχολική τάξη μαθητών διαφορετικών φυλετικών ομάδων (Αφροαμερικανοί, Καυκάσιοι, Λατινοαμερικανοί) χαρακτηριζόταν από παρατεταμένη καχυποψία, φόβο και δυσπιστία μεταξύ των ομάδων, διαμορφώνοντας μία ατμόσφαιρα αναταραχής και εχθρότητας (Aronson, 1978).

Ο Aronson, αντί να υιοθετήσει μία προσέγγιση διαχείρισης της κρίσης με πρόσκαιρο μόνο όφελος, επιδίωξε να βρει μια λύση που θα βασιζόταν στην ίδια τη δομή της καθημερινής μαθησιακής διαδικασίας. Ως αποτέλεσμα, επινόησε τη μέθοδο Jigsaw ως μια εκπαιδευτική προσέγγιση στην οποία οι μαθητές μαθαίνουν ο ένας από τον άλλο, και όχι από τον εκπαιδευτικό. Έτσι, μειώνεται σταδιακά η ανταγωνιστική διάθεση των μαθητών, αφού η επιτυχής μάθηση ενός αντικειμένου από ένα μαθητή βελτιώνει τις επιδόσεις των άλλων μελών της ομάδας, αντί να λειτουργεί ανασταλτικά, όπως είθισται να συμβαίνει στις περισσότερες ανταγωνιστικές, δασκαλοκεντρικές τάξεις. Συνεπώς, η επιτυχία εξαρτάται από το βαθμό θετικής αλληλεξάρτησης μεταξύ των μελών της ομάδας (Aronson, 1978).

### Η αξιοποίηση της μεθόδου Jigsaw στην εκπαιδευτική πράξη

Μολονότι η συνεργατική μάθηση έχει δείχθει ότι ασκεί ισχυρή θετική επίδραση στη μαθησιακή διαδικασία γενικά (Marzano, Pickering, & Pollock, 2001), οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι η μέθοδος Jigsaw βελτιώνει ειδικά την κοινωνικο-συναισθηματική μάθηση του ατόμου. Μελέτες που συνέκριναν τη μέθοδο Jigsaw με την παραδοσιακή μετωπική διδασκαλία έδειξαν ότι οι μαθητές, στους οποίους εφαρμόστηκε η μέθοδος Jigsaw, εμφάνισαν ενισχυμένο αίσθημα αυτονομίας, ικανότητας και εσωτερικού κινήτρου (Hänze & Berger, 2007). Σε μία άλλη μελέτη που συνέκρινε τη μέθοδο Jigsaw με άλλες στρατηγικές CL, οι οποίες όμως δεν περιλάμβαναν το στοιχείο της αλληλεξάρτησης, χαρακτηριστικό της μεθόδου Jigsaw, έδειξαν ότι οι μαθητές στους οποίους εφαρμόστηκε η μέθοδος Jigsaw παρουσίασαν βελτιωμένη συμπεριφορά απέναντι στους συμμαθητές τους και μειωμένους δείκτες φυλετικής προκατάληψης (Walker, 1998).

Στο χρονικό διάστημα που εκτεινόταν από τα μέσα της δεκαετίας του 1970 έως το 1998, συνολικά τριανταεπτά δημοσιευμένες σε διεθνή περιοδικά εργασίες παρουσίασαν την εφαρμογή στρατηγικών

CL στις Φυσικές Επιστήμες σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης (Lazarowitz & Hertz-Lazarowitz, 1998). Κοινό συμπέρασμα από τις παραπάνω εργασίες ήταν ότι η CL οδήγησε σε βελτίωση των επιδόσεων του συνόλου των μαθητών, και ειδικά εκείνων που παρουσίαζαν χαμηλές επιδόσεις στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών. Η CL συνέβαλε αποφασιστικά στην ενίσχυση της αυτοεκτίμησης των μαθητών και στη βελτίωση τόσο των κοινωνικών τους δεξιοτήτων (αλληλοϋποστήριξη, αλληλοβοήθεια) όσο και της στάσης τους απέναντι στη μαθησιακή διαδικασία που επιτελούνταν στην τάξη και στο εργαστήριο, όπως κατέδειξε και η επαυξημένη κινητοποίηση αλλά και η ευχαρίστηση που αντλούσαν οι μαθητές μέσα από αυτήν.

### Τα βασικά στάδια της μεθόδου Jigsaw (Jigsaw I)

Η βασική μέθοδος Jigsaw (<http://www.cultofpedagogy.com/jigsaw-instructions/>) περιλαμβάνει έξι διακριτά στάδια:

*Στάδιο 1: Χωρισμός μαθητών σε ομάδες των τεσσάρων έως έξι ατόμων.*

Η μέθοδος Jigsaw λειτουργεί καλύτερα όταν όλες οι ομάδες αποτελούνται από τον ίδιο αριθμό ατόμων. Αν, για παράδειγμα, μία τάξη αποτελείται από τριάντα μαθητές, τότε μπορούν να διαμορφωθούν είτε πέντε ομάδες των έξι ατόμων είτε έξι ομάδες των πέντε ατόμων. Στο εξής, θα αναφερόμαστε στις ομάδες αυτές ως *Ομάδες Jigsaw*.

*Στάδιο 2: Χωρισμός του μαθησιακού αντικειμένου σε τέσσερα έως έξι επιμέρους τμήματα.*

Ο εκπαιδευτικός χωρίζει το μαθησιακό αντικείμενο σε τόσα ισοδύναμα, κατά το δυνατόν, επιμέρους τμήματα όσα είναι και τα μέλη της ομάδας. Αν, για παράδειγμα, μία ομάδα αποτελείται από πέντε μέλη, τότε το μαθησιακό αντικείμενο πρέπει να χωριστεί σε πέντε επιμέρους τμήματα κ.ο.κ.

*Στάδιο 3: Ανάθεση τμήματος του μαθησιακού αντικειμένου σε κάθε μέλος της Ομάδας Jigsaw.*

Κάθε μέλος της ομάδας αναλαμβάνει την ευθύνη της μελέτης ενός συγκεκριμένου τμήματος του μαθησιακού αντικειμένου, με σκοπό να το παρουσιάσει αργότερα στα υπόλοιπα μέλη της ομάδας.

*Στάδιο 4: Συγκρότηση Ομάδων Ειδικών.*

Οι *Ομάδες Ειδικών* συγκροτούνται από τα μέλη των *Ομάδων Jigsaw* που ασχολήθηκαν με τη μελέτη του ίδιου τμήματος του μαθησιακού αντικειμένου που τους ανατέθηκε. Στις *Ομάδες Ειδικών*, οι μαθητές εργάζονται από κοινού για να προετοιμάσουν μία σύντομη παρουσίαση του αντικειμένου μελέτης τους στις *Ομάδες Jigsaw* από τις οποίες προήλθαν.

*Στάδιο 5: Επιστροφή των μαθητών στις Ομάδες Jigsaw.*

Κάθε μαθητής επιστρέφει στην *Ομάδα Jigsaw* που ανήκει και παρουσιάζει το τμήμα του μαθησιακού αντικειμένου με το οποίο ασχολήθηκε, στα υπόλοιπα μέλη της ομάδας. Αυτά ακούν προσεκτικά,

κρατούν σημειώσεις και κάνουν ερωτήσεις, προκειμένου να βεβαιωθούν ότι έμαθαν το συγκεκριμένο τμήμα του μαθησιακού αντικειμένου σε ικανοποιητικό βαθμό.

*Στάδιο 6: Ατομική αξιολόγηση όλων των μαθητών σε όλο το μαθησιακό αντικείμενο.*

Ο εκπαιδευτικός μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα ολιγόλεπτο κριτήριο αξιολόγησης, προκειμένου να ελέγξει το επίπεδο κατανόησης των κύριων σημείων του μαθησιακού αντικειμένου στην ολότητά του.

### **Παραλλαγές της μεθόδου Jigsaw**

Από τότε που εμφανίστηκε η μέθοδος Jigsaw, έχουν παρουσιαστεί παραλλαγές της μεθόδου με λεπτά στοιχεία διαφοροποίησης ως προς την αρχική μορφή (Coffey, n.d).

Η παραλλαγή Jigsaw II που αναπτύχθηκε από το Robert Slavin το 1986, διαφοροποιείται από τη βασική μορφή Jigsaw (Jigsaw I) ως προς τη διαδικασία της αξιολόγησης (Slavin, 1986). Συγκεκριμένα, ενώ στην αρχική της μορφή (Jigsaw I), οι μαθητές αξιολογούνται ατομικά, στην παραλλαγή Jigsaw II, οι επιμέρους βαθμολογίες των μελών της ομάδας χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό του μέσου όρου βαθμολογίας κάθε ομάδας. Ακολουθεί σύγκριση των βαθμολογιών μεταξύ των ομάδων. Η παραπάνω προσθήκη γίνεται ώστε να ενθαρρύνει τις ομάδες να προσπαθήσουν σκληρά για να διασφαλίσουν ότι όλα τα μέλη της ομάδας έχουν, στο μέτρο του δυνατού, κάνει κτήμα τους το μαθησιακό αντικείμενο.

Η παραλλαγή Jigsaw III βασίζεται στην παρουσίαση του μαθησιακού αντικειμένου από καθεμιά από τις ομάδες Jigsaw πριν από τη χορήγηση του ολιγόλεπτου κριτηρίου αξιολόγησης (Holliday, 2002).

Η παραλλαγή Jigsaw IV παρουσιάζει ορισμένα πρόσθετα χαρακτηριστικά (σε σχέση με την παραλλαγή Jigsaw III). Ο εκπαιδευτικός αρχικά κάνει μια εισαγωγή στο μαθησιακό αντικείμενο, δίνει ολιγόλεπτα κριτήρια αξιολόγησης στις ομάδες Ειδικών, και η μαθησιακή διαδικασία επαναλαμβάνεται προκειμένου να διαλευκανθούν εκείνα τα σημεία του μαθησιακού αντικειμένου που δε διδάχθηκαν ικανοποιητικά στις ομάδες (Holliday, 2002).

### **Η εφαρμογή της μεθόδου Jigsaw στη διδασκαλία των νουκλεϊκών οξέων**

Στην παρούσα εργασία, οι μαθητές της Β' τάξης Γενικού Λυκείου είχαν τη δυνατότητα να διερευνήσουν τις βασικές έννοιες των νουκλεϊκών οξέων μέσα από την εφαρμογή της βασικής μεθόδου Jigsaw (Jigsaw I) σε ένα ενεργό, συμμετοχικό και συνεργατικό περιβάλλον μάθησης.

Το μαθησιακό αντικείμενο "Νουκλεϊκά Οξέα" χωρίστηκε από τον εκπαιδευτικό σε τέσσερα επιμέρους τμήματα: (α) Η ανακάλυψη της δομής του DNA, (β) Δομή, σύσταση και βιολογικός ρόλος του DNA, (γ) Δομή, σύσταση και βιολογικός ρόλος του RNA, και (δ) Απομόνωση των νουκλεϊκών οξέων. Για τη μελέτη καθενός από τα παραπάνω μέρη, οι ομάδες αξιοποίησαν αφενός το έντυπο υλικό της αντίστοιχης παραγράφου "Νουκλεϊκά οξέα: νήματα και αγγελιαφόροι της ζωής" του σχολικού εγχειριδίου Βιολογίας της Β' τάξης Γενικού Λυκείου (Καψάλης κ.ά., 2012) (τμήματα β, γ), αφετέρου το

προτεινόμενο από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής (πράξη 35/2016 του Δ.Σ.) σχετικό ψηφιακό υλικό της εκπαιδευτικής πλατφόρμας “Φωτόδεντρο” (<http://photodentro.edu.gr/lor/>), που λειτουργεί ως Πανελλήνιο Ψηφιακό Αποθετήριο Μαθησιακών Αντικειμένων (τμήματα α, δ).

Κάθε ομάδα διαθέτει δύο laptop (ή δύο desktop, αν χρησιμοποιείται η Αίθουσα Πληροφορικής) σε καθένα από τα οποία έχει μεταφορτωθεί το ψηφιακό υλικό των σχετικών τμημάτων του μαθησιακού αντικειμένου (εφόσον δεν υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο). Σε περίπτωση έλλειψης Η/Υ, μπορεί να αξιοποιηθεί το έντυπο υλικό του σχολικού εγχειριδίου ή οποιοδήποτε σχετικό με τα παραπάνω μέρη έντυπο υλικό έχει κατά νου ο εκπαιδευτικός.

Η κύρια διδακτική παρέμβαση, συνολικής διάρκειας δύο διδακτικών ωρών, περιλάμβανε συνολικά πέντε φάσεις.

Στη Φάση 1 (εκτιμώμενη διάρκεια: 10 λεπτά), ο εκπαιδευτικός χωρίζει τους μαθητές σε έξι ομάδες Jigsaw των τεσσάρων ατόμων (σύνολο: εικοσιτέσσερις μαθητές). Σε κάθε μέλος της ομάδας ανατίθεται η μελέτη ενός από τα τέσσερα επιμέρους τμήματα του μαθησιακού αντικειμένου και παραδίδεται το αντίστοιχο πληροφοριακό υλικό. Συγκεκριμένα:

- Μέλος #1: Η ανακάλυψη της δομής του DNA (<http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/5121?locale=el>)
- Μέλος #2: Δομή, σύσταση και βιολογικός ρόλος του DNA (Καψάλης κ.ά., 2012)
- Μέλος #3: Δομή, σύσταση και βιολογικός ρόλος του RNA (Καψάλης κ.ά., 2012)
- Μέλος #4: Απομόνωση των νουκλεϊκών οξέων (<http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/6718?locale=el>)

Στη Φάση 2 (εκτιμώμενη διάρκεια: 15 λεπτά), κάθε μέλος της ομάδας μελετά ανεξάρτητα το τμήμα του μαθησιακού αντικειμένου που του έχει ανατεθεί, προσπαθώντας να επισημάνει τα κύρια σημεία. Στη φάση αυτή, δεν αλληλεπιδρά με τα μέλη της ομάδας του.

Στη Φάση 3 (εκτιμώμενη διάρκεια: 20 λεπτά), συγκροτούνται οι ομάδες Ειδικών από τα μέλη των ομάδων Jigsaw που ασχολήθηκαν με τη μελέτη του ίδιου τμήματος του μαθησιακού αντικειμένου που τους ανατέθηκε. Στις ομάδες Ειδικών, οι μαθητές συνεργάζονται για να προετοιμάσουν μία σύντομη παρουσίαση του αντικειμένου μελέτης τους στις ομάδες Jigsaw από τις οποίες προήλθαν.

Στη Φάση 4 (εκτιμώμενη διάρκεια: 30 λεπτά), οι μαθητές επιστρέφουν στην ομάδα Jigsaw που ανήκαν και παρουσιάζουν στα μέλη της το τμήμα του μαθησιακού αντικειμένου με το οποίο ασχολήθηκαν. Τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας ακούν προσεκτικά, κρατούν σημειώσεις και κάνουν ερωτήσεις, προκειμένου να βεβαιωθούν ότι έμαθαν το συγκεκριμένο τμήμα του μαθησιακού αντικειμένου σε ικανοποιητικό βαθμό.

Στη Φάση 5 (εκτιμώμενη διάρκεια: 15 λεπτά), ο εκπαιδευτικός χρησιμοποιεί ένα ολιγόλεπτο κριτήριο αξιολόγησης, προκειμένου να ελέγξει αν έχουν εμπεδωθεί οι βασικές έννοιες των νουκλεϊκών οξέων από κάθε μαθητή χωριστά. Το ολιγόλεπτο κριτήριο αξιολόγησης επισυνάπτεται στην ηλεκτρονική διεύθυνση:

[https://www.dropbox.com/s/f0cmoyiwlwupw1r/jigsaw\\_DNA\\_quiz.docx?dl=0](https://www.dropbox.com/s/f0cmoyiwlwupw1r/jigsaw_DNA_quiz.docx?dl=0).

### Αποτελέσματα – Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία, έξι ομάδες μαθητών (τέσσερα άτομα ανά ομάδα) από τη Β' Λυκείου διερεύνησαν τις βασικές έννοιες των νουκλεϊκών οξέων μέσα από την εφαρμογή της βασικής μεθόδου CL Jigsaw (Jigsaw I), αξιοποιώντας: (α) το έντυπο υλικό του σχολικού εγχειριδίου, και (β) το ψηφιακό υλικό μιας διαδικτυακής εκπαιδευτικής πλατφόρμας, που περιλάμβανε το βιντεοσκοπημένο πείραμα επίδειξης και την αναφορά στην Ιστορία της Επιστήμης.

Η εκτέλεση της κύριας διδακτικής παρέμβασης ανέδειξε ορισμένες δυσκολίες, οι οποίες, ωστόσο, δεν είναι ανυπέρβλητες. Για παράδειγμα, η ολοκληρωμένη παρουσίαση των σταδίων της μεθόδου Jigsaw για το μαθησιακό αντικείμενο των νουκλεϊκών οξέων προϋποθέτει την ύπαρξη ενός συνεχόμενου διδακτικού δώρου. Στην περίπτωση που κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό στο πλαίσιο του ωρολόγιου προγράμματος, ο εκπαιδευτικός μπορεί να επιλέξει να εφαρμόσει τη μέθοδο Jigsaw στη διδασκαλία ενός μαθησιακού αντικειμένου μικρότερης έκτασης, ώστε να περιοριστεί αντίστοιχα και ο χρόνος επεξεργασίας των επιμέρους τμημάτων από τις ομάδες.

Μια άλλη δυσκολία έχει να κάνει με το πλήθος των μαθητών κάθε ομάδας. Σε σχέση με αυτό, μπορεί να ανακύψουν τα εξής θέματα: (α) το μαθητικό δυναμικό μιας τάξης να μη μπορεί να διαιρεθεί σε ομάδες ίσου αριθμού ατόμων, και (β) κάποιος μαθητής να απουσιάζει την ημέρα της εφαρμογής της μεθόδου Jigsaw, ανατρέποντας τα σχέδια του εκπαιδευτικού για το χωρισμό των ομάδων. Σε κάθε περίπτωση, η λύση συνίσταται στο να αναθέσει ο εκπαιδευτικός σε δύο μαθητές της ίδιας ομάδας το ίδιο τμήμα του μαθησιακού αντικειμένου. Μια τέτοια προσέγγιση θα μπορούσε να αποδειχθεί ιδιαίτερα υποβοηθητική για δύο μαθητές που θα μπορούσαν να αποδώσουν πολύ καλύτερα συνεργαζόμενοι απ' ό,τι ο καθένας ξεχωριστά.

Ένα άλλο θέμα αφορά στη μη ικανοποιητική μεταφορά της νέας γνώσης από το ειδικευμένο μέλος στην ομάδα Jigsaw που ανήκει. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να αποδοθεί στην ελλειμματική κατανόηση του τμήματος που του ανατέθηκε να μελετήσει, σε δυσκολίες επιστημολογικού περιεχομένου που αφορούν στη διατύπωση των βασικών εννοιών που περιλαμβάνονται ή σε αντικειμενικές δυσκολίες παρουσίασης των εννοιών με τρόπο εύληπτο στα υπόλοιπα μέλη της ομάδας (έλλειψη μεταδοτικότητας). Η υπέρβαση του παραπάνω εμποδίου προϋποθέτει την επαγρύπνηση του εκπαιδευτικού, ώστε να διασφαλίσει ότι η ομάδα Ειδικών έχει λειτουργήσει κατά το δυνατόν ικανοποιητικά, προτού το ειδικευμένο μέλος επιστρέψει στην ομάδα Jigsaw από την οποία προήλθε. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει την παροχή περαιτέρω βοήθειας στο συγκεκριμένο μέλος, μέχρις ότου η ομάδα Ειδικών βεβαιωθεί για την επάρκειά του στην ορθή μεταφορά της νεοαποκτηθείσας γνώσης.

Από την εξέταση των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές στο ολιγόλεπτο κριτήριο αξιολόγησης (τελική αξιολόγηση) προέκυψε ότι οι βαθμολογίες του συνόλου των μαθητών (αγόρια, κορίτσια) κυμάνθηκαν μεταξύ 60% έως 100%. Μάλιστα, οι βαθμολογίες των μαθητών με χαμηλές επιδόσεις

παρουσίασαν ένα εύρος μεταξύ 60% έως 75%. Φαίνεται, λοιπόν, ότι η μέθοδος Jigsaw συνέβαλε αποφασιστικά στη βελτίωση των επιδόσεων όλων των μαθητών.

Η διαμορφωτική αξιολόγηση που πραγματοποιήθηκε από τον εκπαιδευτικό μέσα από τη διακριτική παρατήρηση των ομάδων Jigsaw και των ομάδων Ειδικών έδειξε ότι όλοι οι μαθητές ενεπλάκησαν ενεργά στην όλη μαθησιακή διαδικασία. Στις ομάδες Ειδικών, οι μαθητές φάνηκε να έχουν μελετήσει το τμήμα του μαθησιακού αντικειμένου που τους ανατέθηκε, καθώς όλοι είχαν κάποιο βαθμό συμμετοχής στις διεργασίες της ομάδας, που αποσκοπούσε στην κατά το δυνατόν καλύτερη προετοιμασία των μελών της, ώστε να προβούν σε διάχυση της γνώσης που απέκτησαν στις ομάδες Jigsaw ως ειδικοί του αντικειμένου που μελέτησαν. Οι μαθητές ανέπτυξαν ικανότητες διαπροσωπικής επικοινωνίας μέσα από τη διατύπωση επιχειρημάτων, την αποδοχή της διαφορετικής άποψης, τη διαχείριση προβλημάτων και συγκρούσεων στην ομάδα, την αλληλοϋποστήριξη και αλληλοβοήθεια. Στις ομάδες Jigsaw, κάθε ειδικευμένο πλέον μέλος της ομάδας κατέβαλλε αξιόλογες προσπάθειες μεταφοράς της γνώσης που απέκτησε, ενώ τα υπόλοιπα άκουγαν προσεκτικά, κρατούσαν σημειώσεις και υπέβαλαν ερωτήματα, προκειμένου να διασφαλίσουν ότι θα συγκρατήσουν τα κύρια σημεία όλων των επιμέρους τμημάτων του μαθησιακού αντικειμένου. Φαίνεται, λοιπόν, ότι η μέθοδος Jigsaw ενίσχυσε τις κοινωνικές δεξιότητες των μαθητών και βελτίωσε σημαντικά τη στάση τους απέναντι στη μαθησιακή διαδικασία, καθιστώντας την όχι μόνο επικοδομητική, αλλά και ευχάριστη.

Επιπλέον, η παρούσα εργασία κατέδειξε ότι το μάθημα της Βιολογίας ενδείκνυται για την εφαρμογή της μεθόδου Jigsaw, μιας και θεωρείται ότι το μάθημα παρουσιάζει ιεραρχική δομή, γεγονός που επιτρέπει το χωρισμό μιας ενότητας σε επιμέρους τμήματα που θα μπορούσαν να επεξεργαστούν οι μαθητές μέσα στην ομάδα. Για το λόγο αυτό, οι περισσότερες από τις μελέτες της διεθνούς βιβλιογραφίας που αφορούσαν στην εφαρμογή των μεθόδων CL, χρησιμοποίησαν μαθησιακά αντικείμενα που προέρχονταν κατά το πλείστον από το μάθημα της Βιολογίας. Ελάχιστες εργασίες αναφέρονταν στο μάθημα της Χημείας και ακόμα λιγότερες στα μαθήματα της Φυσικής και της Γεωλογίας (Lazarowitz & Hertz-Lazarowitz, 1998).

Σε γενικές γραμμές, τα παραπάνω συμπεράσματα συμφωνούν με τα διεθνή βιβλιογραφικά δεδομένα, που εμφανίζουν τη CL ως μία πολλά υποσχόμενη παιδαγωγική προσέγγιση για την ακαδημαϊκή, κοινωνική και γνωστική εξέλιξη των μαθητών. Τα ευρήματα αυτά τονίζουν την ανάγκη για την ανάπτυξη Αναλυτικών Προγραμμάτων Σπουδών που, έχοντας ως αφετηρία τον κοινωνικό επικοδομητισμό, θα προάγουν τη διαμόρφωση ενός σύγχρονου μαθησιακού περιβάλλοντος CL για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Μ.Π.Ε.-τόμος Γ', 2011).

### Αναφορές

- Anderson, W., Mitchell, S., & Osgood, M. (2005). Comparison of student performance in cooperative learning and traditional lecture-based biochemistry classes. *Biochem Mol Biol Educ*, 33(6), 387-93.
- Aronson, E. (1978). *The Jigsaw Classroom*. Sage Publications.
- Coffey, H. (n.d.). *Jigsaw* (Educator's guides: North Carolina digital history). Ανάκτηση από <http://www.learnnc.org/lp/editions/nchist-eg/4584#noteref5>
- Fernández-Santander, A. (2008). Cooperative learning combined with short periods of lecturing: A good alternative in teaching biochemistry. *Biochem Mol Biol Educ*, 36(1), 34-8.
- Hänze, M., & Berger, R. (2007). Cooperative learning, motivational effects, and student characteristics: An experimental study comparing cooperative learning and direct instruction in 12th grade physics classes. *Learning and Instruction*, 17(1), 29-41.
- Holliday, D. (2002). Jigsaw IV: Using Student/Teacher Concerns to Improve Jigsaw III. *ERIC ED 465687*.
- Johnson, D., & Johnson, R. (1989). *Cooperation and Competition: Theory and Research*. Edina, MN: Interaction Book Company.
- Johnson, D., & Johnson, R. (1999). *Learning together and alone: Cooperative, competitive and individualistic learning*. Boston: Allyn & Bacon ed.
- Johnson, D., Johnson, R., & Stanne, M. (2000). *Cooperative learning methods: A meta-analysis, Cooperative learning center website*. Ανάκτηση από [www.clcrc.com](http://www.clcrc.com)
- Lazarowitz, R., & Hertz-Lazarowitz, R. (1998). Cooperative Learning in the Science Curriculum. *International Handbook of Science Education*, 449-469.
- Marzano, R. J., Pickering, D., & Pollock, J. E. (2001). *Classroom instruction that works: Research-based strategies for increasing student achievement*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Penner, J. (1984). *Why Many College Teachers Cannot Lecture?* (C. C. Thomas, Επιμ.) Springfield.
- Slavin, R. E. (1986). *Using student team learning: The Johns Hopkins Team Learning Project*. Baltimore, MD: Johns Hopkins Team Learning Project, Center for Research on Elementary and Middle Schools, Johns Hopkins University.
- Springer, L., Stanne, M., & Donovan, S. (1999). Measuring the success of small-groups learning in college level SMET teaching: A meta-analysis. *Rev Educ Res*, 69, 21-51.
- Walker, I. (1998). Academic performance, prejudice, and the jigsaw classroom: New pieces to the puzzle. *Journal of Community & Applied Social Psychology*, 8(6), 381-393.
- Καυάλης, Α., Μπουρμπουχάκης, Ι., Περάκη, Β., & Σαλαμαστράκης, Σ. (2012). *Βιολογία Β΄ τάξης Γενικού Λυκείου Γενικής Παιδείας*. Αθήνα: ΙΤΥΕ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ».
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο. (2011). *Μείζον Πρόγραμμα Επιμόρφωσης Εκπαιδευτικών - Βασικό Εκπαιδευτικό Υλικό* (Τόμος Γ').



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



Στη στήλη “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.

### **Τα μπαλόνια έγιναν για να γεμίζουν με αέρα και τα μπουκάλια με νερό** **Παναγιώτης Κουμαράς**

Στο Τετράδιο εργασιών της Στ΄ τάξης υπάρχει το παρακάτω πείραμα (Αποστολάκης κ.ά. 2013, σελίδα 54)

*«Βάλε λίγο νερό σε δύο μπαλόνια. Δέσε τα μπαλόνια προσπαθώντας να μη μείνει αέρας μέσα τους. Βάλε το ένα μπαλόνι σε παγωμένο και το άλλο σε ζεστό νερό. Μετά από πέντε λεπτά ρίξε τα μπαλόνια στον κουβά, τον οποίο έχεις γεμίσει με νερό από τη βρύση. Τι παρατηρείς;»*



Αρκετοί συνάδελφοι έχουν συναντήσει δυσκολίες να το κάνουν. Τα μπαλόνια κρατάνε συνήθως αέρα, που λειτουργεί τελικά ως «σωσίβιο», και τελικά βυθίζεται το μπαλόνι που έχει κρατήσει το λιγότερο αέρα. Το εκπληκτικό: Φίλος δάσκαλος με πήρε τηλέφωνο πανηγυρίζοντας και πολύ υπερήφανος ότι ασχολούμενος επί ένα απόγευμα κατάφερε τελικά να το κάνει.

Μπορεί κάποιος να αναρωτηθεί γιατί να χρειάζεται τη σημερινή εποχή μπαλόνια για να βάλει νερό, τα οποία έχουν τη δυσκολία ότι κρατάνε κατά το δέσιμο αέρα, και να μη χρησιμοποιήσει μικρά

## Σκουπιδομαζέματα-επιστημοσκοπίσματα

πλαστικά μπουκάλια νερού. Σε τελευταία ανάλυση τα μπαλόνια είναι για να τους βάζεις αέρα και τα μπουκάλια για να τους βάζεις νερό. Αν (ή όταν) δεν υπήρχαν πλαστικά μπουκάλια (με πυκνότητα πολύ κοντά ή και ίση με την πυκνότητα του νερού) τότε τα μπαλόνια θα είχαν νόημα.

Η πρόταση για πιο εύκολη και επιτυχημένη εκτέλεση του πειράματος:

**Τι χρειάζεσαι:** δυο μικρά (500 ml) μπουκάλια από νερό π.χ. Βίκος ή Ζαγόρι ή Αύρα, ένα μεγάλο πλαστικό μπουκάλι από αυτά που τοποθετούνται πάνω από ψύκτες, τέμπερα, νερό.

**Τι θα κάνεις:** Κόψε το μεγάλο μπουκάλι στο πάνω μέρος του ώστε να το μετατρέψεις σε ένα μεγάλο βαθύ διαφανές δοχείο. Γέμισε το δοχείο αυτό με νερό από τη βρύση (περίπου 20 °C, αν το νερό είναι πολύ κρύο πρόσθεσε λίγο ζεστό), όχι όμως μέχρι τα χείλη για να μη χυθεί νερό όταν τοποθετήσεις σε αυτό τα δυο μικρά μπουκάλια. Γέμισε με νερό από το ψυγείο (6-7°C) το ένα μικρό μπουκάλι, μέχρι επάνω. Να μη μένει καθόλου αέρας. Γέμισε το άλλο με ζεστό νερό (48-50°C), να το ανέχονται με δυσκολία τα δάχτυλα μόλις τα βουτήξεις σε αυτό. Πρόσεξε και εδώ να μη μένει καθόλου αέρας στο μπουκάλι. Πριν βάλεις το ζεστό νερό στο μπουκάλι ρίξε σε αυτό λίγη τέμπερα ώστε να αποκτήσει ένα ανοιχτό κόκκινο χρώμα. Αντίστοιχα μπορείς να βάλεις στο μπουκάλι με το κρύο νερό μικρή ποσότητα από μπλε τέμπερα. Βάλε τα μικρά μπουκάλια μέσα στο νερό του μεγάλου δοχείου.

**Τι θα δεις:** Το μπουκάλι με το κρύο νερό βυθίζεται ενώ το μπουκάλι με το ζεστό νερό επιπλέει.



**Ερμηνεία:** Η πυκνότητα του νερού (από του 4°C και πάνω) ελαττώνεται αν αυξάνεται η θερμοκρασία του.

**Σημειώσεις:**

**1)** Προτείνω μπουκάλια νερού συγκεκριμένης μάρκας γιατί το έχω κάνει πολλές φορές με αυτά (αυτά είχα) και γίνεται εύκολα. Μπορείς να δοκιμάσεις και άλλα, προφανώς και τα δύο ίδια μεταξύ τους.

2) Καλό είναι να χρησιμοποιήσεις ψηφιακό θερμόμετρο για να βλέπουν τα παιδιά τις θερμοκρασίες. Αν κρατήσεις για τις θερμοκρασίες περίπου τις τιμές που αναφέρονται παραπάνω όλα γίνονται εύκολα. Προσοχή χρειάζεται στο να είναι και τα δυο μικρά μπουκάλια τελείως γεμάτα.

### **Αναφορές**

Αποστολάκης, Ε., Παναγοπούλου Ε., Σάββας, Σ., Τσαγλιώτης Ν., Πανταζής Γ., Σωτηρίου Σ., Τόλιας Β., Τσαγκογέωργα Α., Καλκάνης, Γ., (2013). *Φυσικά Δημοτικού, Ερευνώ και ανακαλύπτω*. ΙΤΥΕ Διόφαντος.



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

Η σελίδα έχει παραμείνει κενή

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)

### 10ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΕΝΕΦΕΤ

Η Ένωση για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία (ΕΝΕΦΕΤ) διοργανώνει το 10ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 7-9 Απριλίου 2017 στο Πανεπιστήμιο Κρήτης, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Εργαστήριο Διδακτικής Θετικών Επιστημών, Πανεπιστημιούπολη Γάλλου, Ρέθυμνο.

Δικτυακός τόπος Συνεδρίου:

<http://synedrrio2017.enephet.gr/index.php/el/>

### 9ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΤΠΕ Σύρου

Η Ελληνική Ένωση για την αξιοποίηση των ΤΠΕ στην Εκπαίδευση e-Δίκτυο-ΤΠΕ-Ε, η Πανελλήνια Ένωση εκπαιδευτικών για τις Φυσικές Επιστήμες «Μιχάλης Δερτούζος», το Πανεπιστήμιο Αιγαίου (Τμήμα Μηχανικών Σχεδίασης Προϊόντων και Συστημάτων, Σύρος), ο Σύλλογος Επιμορφωτών για την αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση, ΣΕΠ – ΤΠΕ@Ε, και η Πανελλήνια Επιστημονική Ένωση Νηπιαγωγών για την Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών, Π.Ε.Ε.Ν.Α@ΤΠΕ, διοργανώνουν το 9ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΤΠΕ στη Σύρο.

Το Συνέδριο θα πραγματοποιηθεί 2-4 Ιουνίου 2017.

Δικτυακός τόπος του Συνεδρίου: <http://e-diktyo.eu>.



Στο εξώφυλλο του 12ου τεύχους δημοσιεύτηκε η φωτογραφία του κ. Βασίλη Γαργανουράκη στην Πηγή Σάριζα στην Άνδρο στις 17 Αυγούστου 2016. Ένα έντομο «κάθεται» στην επιφάνεια μίας ρηχής λιμνούλας και στον πυθμένα σχηματίζονται σκιές. Γιατί εμφανίζονται τέτοιου σχήματος και μεγέθους σκιές στον πυθμένα της λιμνούλας λόγω της επαφής των άκρων (πόδια, κεραίες) του εντόμου με την επιφάνεια του νερού;

Μεταξύ των απαντήσεων που λάβαμε υπήρξε και η απάντηση του κ. Βαγγέλη Κουντούρη:

*Το έντομο ισορροπεί, άρα εκτός από το βάρος του θα πρέπει να δέχεται και άλλες δυνάμεις, προφανώς για λόγους επαφής στα σημεία του που ακουμπούν στο νερό, με φορά προς τα πάνω, οι οποίες και πρέπει να έχουν συνισταμένη ίσου μέτρου με το βάρος του. Άρα το έντομο, σύμφωνα με το αξίωμα δράσης-αντίδρασης ασκεί στο υγρό, και στα σημεία επαφής, δυνάμεις προς τα κάτω που παραμορφώνουν την επιφάνειά του υγρού και την υποχρεώνουν σε μικρές κοιλότητες, που εξαρτώνται από αυτές τις δυνάμεις και την επιφανειακή τάση του νερού. Δημιουργούνται έτσι στα σημεία επαφής, μικροί αποκλίνοντες φακοί και άρα οι ακτίνες του φωτός που προσπίπτουν εκεί αποκλίνουν, συνεπώς στο μάτι του παρατηρητή (δηλαδή στον φακό της φωτογραφικής μηχανής) δεν επιστρέφει καμία ακτίνα, πράγμα που εξηγεί και το μαύρο "χρώμα" της περιοχής.*



