

# ΕΥΡΗΚΑ

πειραματισμοί στις φυσικές επιστήμες



Ανακρίνοντας τη φύση  
με παρατηρήσεις & πειράματα

## Σχετικό με το Περιοδικό

Το "ΕΥΡΗΚΑ" είναι ένα περιοδικό αφιερωμένο στην πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

Με την έκδοσή του, η Πανελλήνια Ένωση Υπευθύνων Φυσικών Επιστημών (ΠΑΝ.Ε.Κ.Φ.Ε.) φιλοδοξεί να προσφέρει χρήσιμα και ποιοτικά άρθρα που να ενημερώνουν και να εμπνέουν προβάλλοντας την αξία της πειραματικής διδασκαλίας.

**Προσκαλούμε ενδιαφερόμενους αρθρογράφους** να συμμετάσχουν στη δημιουργική μας ομάδα, ανοιχτή σε καινοτόμες ιδέες και καλές πρακτικές.

Τα άρθρα κρίνονται από επιστημονική ομάδα **κριτών** εξασφαλίζοντας έτσι την ποιότητα και την εγκυρότητα του περιεχομένου του - **εκδίδεται ISSN**, παρέχοντας επίσημη και επαγγελματική αναγνώριση.

Σας ευχαριστούμε που διαβάζετε το ΕΥΡΗΚΑ!

<https://panekfe.gr/eyrhka/>

## Εκδότης: ΠΑΝ. Ε.Κ.Φ.Ε.

**Συντονιστές συντακτικής ομάδας:**  
Μανουσάκη Κλ., Χαλκιαδάκης Κ.

### Συντακτική ομάδα:

Βάρθης Ε., Κυριαζοπούλου Σ.,  
Κωνσταντινοπούλου Β., Λάζος Π.,  
Μουρούζης Π., Παλούμπα Έ.,  
Παναγιωτίδης Ν., Παπαδέλη Έ., Τσακίρη Μ.

## Στο τρέχον τεύχος:

### Βοηθοί σύνταξης :

Παλούμπα Έ., Παπαδέλη Έ.

### Επιμέλεια άρθρων:

Βάρθης Ε., Μανουσάκη Κλ.

### Ψηφιακή επεξεργασία:

Βάρθης Ε.

### Οπισθόφυλλο:

Λάζος Π., Χαλκιαδάκης Κ.

Ιδιαίτερα ευχαριστούμε την γραφίστρια *Ιωάννα Ηλιακάκη (Γραφίστικο)* για τη συνεισφορά της στον σχεδιασμό του λογότυπου του περιοδικού και του εξωφύλλου



## Σημείωμα Συντακτικής Ομάδας

Τα τελευταία χρόνια, όλο και συχνότερα, όταν συστηνόμαστε, υπάρχει μια αντίδραση σαν την παρακάτω:

“Ωστε είστε καθηγητής Φυσικής; Να ξέρετε, για μένα η Φυσική ήταν το χειρότερο μάθημα στο Λύκειο!”. Στη θέση της Φυσικής μπορείτε να βάλετε οποιοδήποτε άλλο μάθημα των Φυσικών Επιστημών.

Στην αντίπερα όχθη από τη δήλωση αυτή, βρίσκεται το χαμόγελο των μαθητών του Δημοτικού, όταν επισκέπτονται το Ε.Κ.Φ.Ε. και, με γουρλωμένα μάτια, παρακολουθούν τα πειράματα.

Πώς γίνεται, λοιπόν, μέσα σε λίγα χρόνια, ο ενθουσιασμός για τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών, να μετατρέπεται σε απέχθεια; Παράλληλα, παρατηρούμε κι ότι η αμφισβήτηση της αξίας και την εγκυρότητας της επιστημονικής γνώσης “καλά κρατεί”.

Με αυτό τον προβληματισμό προχωράμε στην έκδοση του περιοδικού “Εύρηκα”, θεωρώντας ότι μέσω της εργαστηριακής εμπειρίας, οι μαθητές μπορούν να αγαπήσουν τις μεθόδους με τις οποίες οι επιστήμονες “ανακρίνουν τη Φύση” για να αποσπάσουν πολύτιμες απαντήσεις.

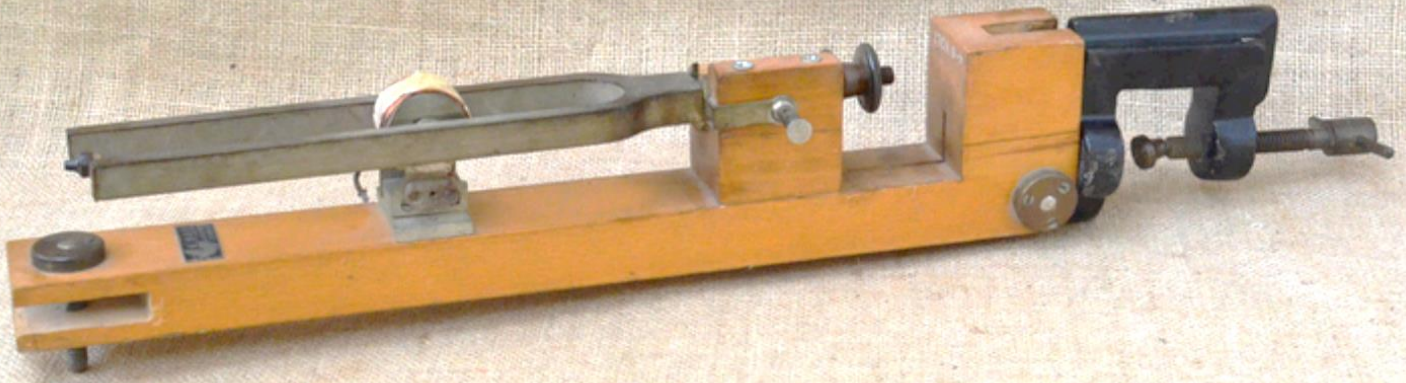
Το περιοδικό μας προσπαθεί να μεταφέρει στον αναγνώστη τη χαρά της ανακάλυψης με την πειραματική διερεύνηση, την έκπληξη μιας ασυνήθιστης παρατήρησης, το αίσθημα της αποκάλυψης μιας νέας ιδέας μέσα στο εργαστήριο!

Αυτά τα συναισθήματα δεν δημιουργούνται από την απομνημόνευση τύπων, από την επίλυση ασκήσεων ή από τη χρήση ψηφιακών προσομοιώσεων χωρίς αντιστοίχιση στον πραγματικό κόσμο.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|   |    |
|---|----|
| Η διδασκαλία των Φυσικών επιστημών:<br>(Νίκος Αναστασάκης)  | 3  |
| Ηλεκτροφόρος:<br>(Βαγγέλης Βάρθης)  | 9  |
| Με πειράματα ηλεκτρισμού ανακαλύπτουμε τη δομή της ύλης:<br>(Αναστασία Γκιγκούδη - Νίκη Μαρζερίδου)       | 18 |
| Προσομοιώνοντας τη λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος και της σύστασης του αίματος:<br>(Ερη Παπαδέλη) | 23 |
| Σχολική Σαπωνοποίηση:<br>(Σταυρούλα Γατή - Ελένη Παλούμπα)  | 28 |
| Ανάλυση βίντεο:<br>(Βασίλης Νούσης)   | 33 |
| Αναλυτικός Πίνακας περιεχομένων:  | 40 |





# Η διδασκαλία των Φυσικών επιστημών:

προσαρμογή στη σχολική πραγματικό-  
τητα του Γενικού Λυκείου

*Νίκος Αναστασάκης*

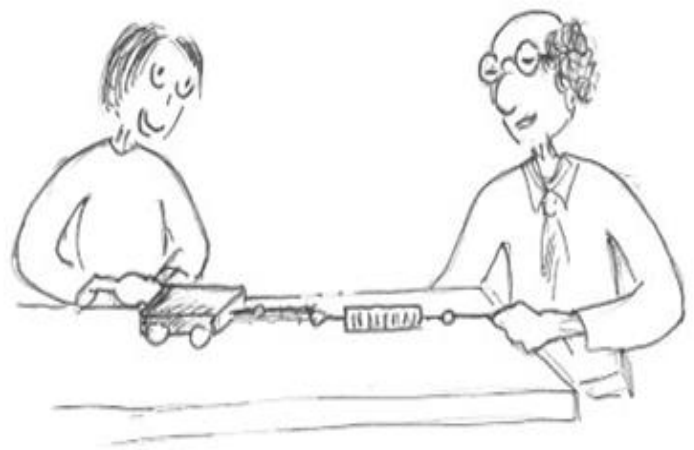
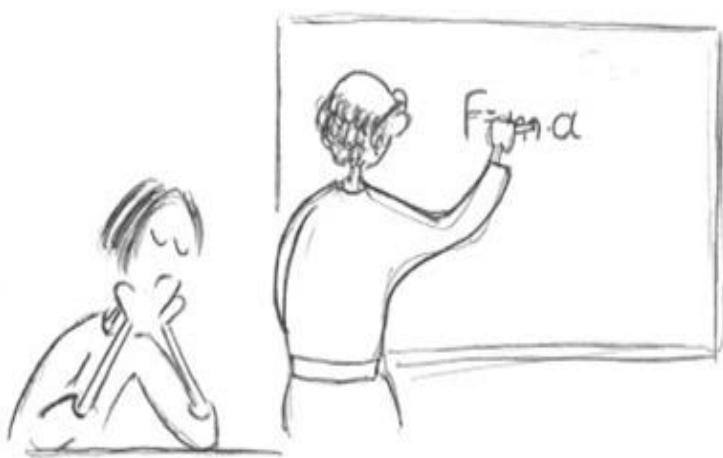
M.Ed Φυσικός, υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων

[nikos.anastasakis@sch.gr](mailto:nikos.anastasakis@sch.gr)

## Περίληψη

Το Σχολικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, αν και τυπικά περιλαμβάνεται στις υποδομές του Γενικού Λυκείου, στην πράξη χρησιμοποιείται ελάχιστα ή καθόλου. Ωστόσο, ο πειραματισμός και η αλληλεπίδραση με τον πραγματικό κόσμο είναι θεμελιώδες συστατικό για τη διδασκαλία των Φ.Ε.. Έτσι, σε μια προσπάθεια να ζωντανέψει η εργαστηριακή διδακτική πρακτική, προτείνουμε ορισμένες δραστηριότητες, ενδεικτικά για τη Φυσική της Α' Λυκείου. Η διδασκαλία της κάθε ενότητας του αναλυτικού προγράμματος εμπλουτίζεται με απλές δραστηριότητες που μπορούν να γίνουν μέσα στην τάξη από τους μαθητές, ώστε να εφαρμόσουν ή και να «ανακαλύψουν» τη θεωρία που διδάσκονται. Μετά την ολοκλήρωση της ενότητας, χρησιμοποιείται το Σχολικό Εργαστήριο για την εκτέλεση ανακεφαλαιωτικής εργαστηριακής άσκησης.

**Λέξεις Κλειδιά:** φυσική λυκείου, εργαστήριο, πειραματική δραστηριότητα, εργαστηριακή άσκηση



## Εισαγωγή

Ένα βασικό συστατικό της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών είναι το πείραμα, η αλληλεπίδραση του μαθητή με τον πραγματικό κόσμο [1],[2],[3],[4]. Αυτό είναι δύσκολο στο σημερινό Λύκειο, με τμήματα 20-25 ατόμων, στοχοθεσία εστιασμένη στις Πανελλήνιες εξετάσεις, εργαστηριακές αίθουσες σε καθεστώς αναστολής, εκπαιδευτικούς που τρέχουν να καλύψουν το ωράριο και την ύλη, απογοητευμένους και συχνά υπερ-απασχολημένους (εκτός του αντικειμένου τους). Κυρίως όμως, με μαθητές που πολύ συχνά βλέπουν τις Φυσικές Επιστήμες αδιάφορα ή ως αναγκαίο κακό για την εισαγωγή τους σε μία σχολή.

Το 2015 (σύμφωνα με ερωτηματολόγιο που δόθηκε από το Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων), στα ΓΕ.Λ του Ν. Χανίων και σε σύνολο 16 εργαστηρίων, τα 8 χρησιμοποιούνταν ως αίθουσες διδασκαλίας/προβολών για μαθήματα εκτός των Φυσικών Επιστημών ενώ από τα υπόλοιπα, σχεδόν τα μισά χρησιμοποιούνταν 2-3 φορές τον μήνα. Μόνο σε 3 (επαρχιακές) σχολικές μονάδες ο αριθμός των μαθητών που καλούνταν να συμμετάσχουν στις εργαστηριακές δραστηριότητες ήταν μικρότερος του 18. Συνολικά, πλήρη αξιοποίηση είχε μόλις το 25% των εργαστηρίων του νομού.

Σήμερα η κατάσταση δεν έχει βελτιωθεί. Έχοντας μεσολάβήσει και η περίοδος της πανδημίας με την αντίστοιχη έντονη χρήση των ψηφιακών μέσων, το εικονικό εργαστήριο συχνά επιστρατεύεται παραγκωνίζοντας το ζωντανό.

Η εργαστηριακή διδασκαλία και η διερευνητική μέθοδος αν και θεωρητικά συμπεριλαμβάνεται στα ΝΠΣ, ουσιαστικά απαξιώνεται συνεχώς και μία ένδειξη για αυτό είναι ότι την περίοδο 2023-24, ένας μεγάλος αριθμός Ε.Κ.Φ.Ε. (περίπου το 1/3) δεν στελεχωθήκαν και είναι κλειστά.

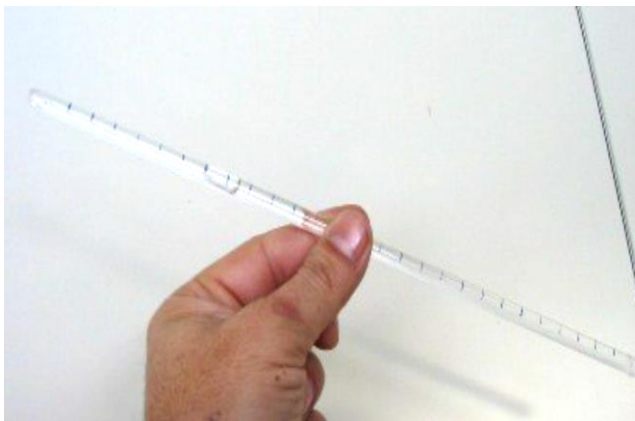
Στον αντίποδα, το πολύ έντονο ενδιαφέρον των μαθητών και η αποτελεσματικότητα της εμπλοκής τους με την εργαστηριακή πρακτική είναι εμφανή κατά τις εκπαιδευτικές επισκέψεις τους στο Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων. Ήδη φέτος (στα μέσα της σχολικής χρονιάς), έχουν ολοκληρωθεί επισκέψεις 900 μαθητών/τριών και 140 εκπαιδευτικών ενώ, σύμφωνα με τον προγραμματισμό που υπάρχει, θα ξεπεράσουν τους 1500. Σημειώνεται ότι όλοι οι επισκέπτες συμμετέχουν κατά ομάδες στην εκτέλεση μετωπικών εργαστηριακών ασκήσεων Φυσικής, Χημείας και Βιολογίας.

## Επέκταση του εργαστηρίου στη σχολική τάξη

Για τη διδασκαλία των Φ.Ε. στο Γενικό Λύκειο αλλά και γενικότερα για μια δημιουργική παιδαγωγική προσέγγιση μέσω της διερευνητικής πρακτικής, προτείνουμε:

- ενσωμάτωση του εργαστηρίου στην διδασκαλία μέσω δραστηριοτήτων «τάξης» με απλά υλικά ή/και χρήση των ΤΠΕ
- εργαστηριακές ασκήσεις στο σχολικό εργαστήριο Φ.Ε. με χρήση του εργαστηριακού εξοπλισμού.

Τα παραδείγματα που ακολουθούν αφορούν τη Φυσική της Α' Λυκείου όμως η πρόταση μπορεί να επεκταθεί με κατάλληλες τροποποιήσεις (π.χ μικροκλίμακα) και σε άλλα διδακτικά αντικείμενα. Αρχικά, ενσωματώνουμε πειραματικές δραστηριότητες στο καθημερινό μάθημα. Χρησιμοποιούμε υλικά και υποδομές που ήδη βρίσκονται στην τάξη (θρανία, βιβλία, στυλό, σελίδες χαρτί, οδηγίες & σχήματα στον πίνακα, βιντεοπροβολέας – διαδίκτυο, tablet κ.ά.), σε συνδυασμό με λιγιστά εργαστηριακά αντικείμενα που μπορεί να έχει μαζί του ο/η εκπαιδευτικός (βαρίδια, νήμα, χρονόμετρα, δυναμόμετρα κ.λπ.). Οι



Εικόνα 1. Γυάλινος σωλήνας με νερό και φυσαλίδα αέρα

μαθητές/τριες καθοδηγούνται μέσω απλών και σύντομων φύλλων εργασίας και εφαρμόζουν ή ανακαλύπτουν στην πράξη τη θεωρία που έχουν ήδη διαχθεί ή διδάσκονται.

Μετά την ολοκλήρωση της κάθε διδακτικής ενότητας, μπορούν να ασκηθούν και σε εργαστηριακές ασκήσεις μεγαλύτερης κλίμακας, «εργαστηρίου».

## Οι πειραματικές δραστηριότητες

Οι ακόλουθες προτάσεις προέρχονται από διδασκαλίες της μέσα στη σχολική τάξη και από ιδέες – προτάσεις συναδέλφων στα Λύκεια του νομού Χανίων [5],[6], [12]. Είναι δομημένες έτσι, ώστε να ακολουθούν τη ροή της διδασκαλίας του σχετικού αντικειμένου και να γίνονται παράλληλα με το μάθημα. Σκοπός της είναι η κατανόηση των Φυσικών Εννοιών και μεγεθών και έτσι δεν δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην ακρίβεια των μετρήσεων.

### Ευθύγραμμη Ομαλή Κίνηση

**Α, στην τάξη:** Οι μαθητές χρησιμοποιούν διάταξη με



Εικόνα 2. Παιδικό αμαξάκι μπαταρίας

κλειστό γυάλινο σωλήνα που περιέχει νερό και μία φυσαλίδα αέρα, **Εικόνα 1**, για να παρατηρήσουν την κίνηση [1]. Σημειώνουν της διαδοχικές θέσεις της φυσαλίδας, υπολογίζουν την ταχύτητά της και φτιάχνουν το διάγραμμα μετατόπισης – χρόνου. Παράλληλα παρατηρούν και σχετική προσομοίωση [10].

**Β, στο εργαστήριο:** Χρησιμοποιούμε ένα παιδικό παιχνίδι – τρενάκι, **Εικόνα 2**, που κινείται με σταθερή ταχύτητα, συνδεδεμένο με την χαρτοταινία του χρονομετρητή [7]. Οι μαθητές χρησιμοποιούν της ενδείξεις της χαρτοταινίας για να παρατηρήσουν τον νόμο της κίνησης (ίσες αποστάσεις σε ίσα χρονικά διαστήματα). Η κατασκευή των διαγραμμάτων  $x - t$  και  $v - t$  μπορεί να γίνει:

- Με χρήση της χαρτοταινίας της προτείνεται στον σχολικό εργαστηριακό οδηγό για την επιταχυνόμενη κίνηση [8].
- Με χρήση χαρτιού μιλιμετρέ και πίνακα τιμών όπου σημειώνουν της ενδείξεις της χαρτοταινίας.

### Ευθύγραμμη Ομαλά Μεταβαλλόμενη κίνηση

**Α, στην τάξη:** Χρησιμοποιείται ως κεκλιμένο επίπεδο το θρανίο. Επιπλέον, τα tablet που βρίσκονται στα σχολεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως χρονόμετρα αλλά και να εμφανίζουν τυχόν ψηφιακό υλικό (μέσω QR-code).

Οι μαθητές/τριες ανά ομάδες (π.χ. ανά 2 ή 4) με τη βοήθεια χαρτοταινίας σημειώνουν καθορισμένα μήκη πάνω στο θρανίο, ώστε να μπορέσουν να μελετήσουν εύκολα την κίνηση.

Ένας μικρός κύλινδρος (π.χ. βαρίδι εργαστηρίου) αφήνεται να κυλίσει. Ακολουθώντας τις οδηγίες των φύλλων εργασίας, αρχικά ελέγχουν τις χρονικές διάρκειες ίσων μετατοπίσεων και τις μετατοπίσεις για ίσα χρονικά διαστήματα.

Καταγράφουν απόσταση - χρόνο και φτιάχνουν τα διαγράμματα  $\Delta x - t$  &  $\Delta x - t^2$ .

Παρακολουθούν μία προσομοίωση της κίνησης φτιαγμένη με κατάλληλο λογισμικό (π.χ. Modellus, Η.Σιτσανλής), όπου φαίνονται οι διαδοχικές θέσεις του αντικειμένου [11], φτιάχνουν το διάγραμμα  $v - t$ .

**Β, στο εργαστήριο:** Μπορούν να γίνουν εργαστηριακές ασκήσεις με διαφορετικές απαιτήσεις και επίπεδο δυσκολίας. Η κίνηση εκτελείται είτε από εργαστηριακό αμαξάκι και βαρίδι, είτε με μπίλια σε



κεκλιμένο επίπεδο. Η καταγραφή των μετρήσεων γίνεται με χρονομετρητή, με φωτοπύλες, με αισθητήρες (Multilog, arduino, κινητό/ρηγροκ) ή με βιντεοσκόπηση και ανάλυση μέσω του λογισμικού Tracker. Στην [Εικόνα 3](#) δίνεται ενδεικτικό διάγραμμα από δεδομένα που κατέγραψε το Multilog.

### Δυνάμεις στη φύση

**A, στην τάξη:** Οι διατάξεις που χρησιμοποιούνται στήνονται στην έδρα από τον εκπαιδευτικό, όπως αυτές που αναπαριστώνται στην [Εικόνα 5](#). Οι μαθητές σχολιάζουν και καταγράφουν τις δυνάμεις που ασκούνται, τις σχεδιάζουν στα τετράδια τους υπολογίζουν την συνισταμένη με τον νόμο του παραλληλογράμμου και αναλύουν σε συνιστώσες.

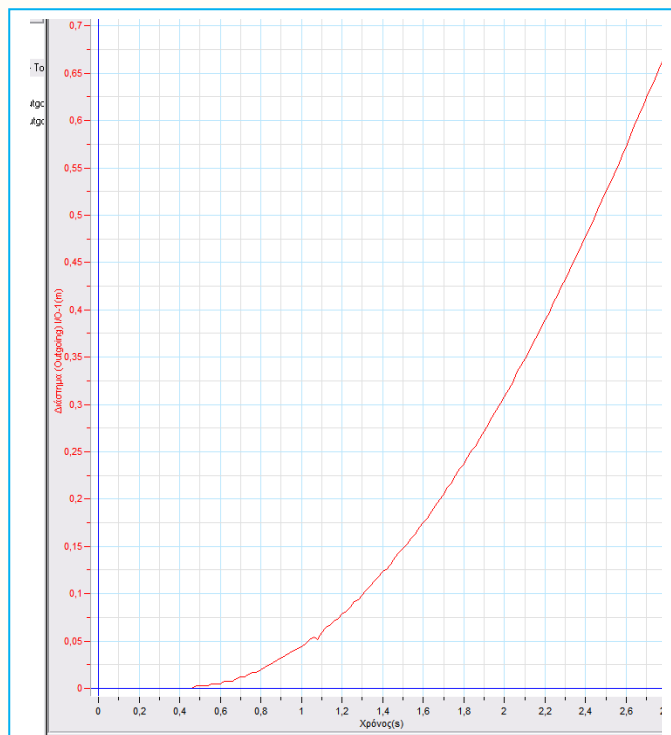
### Τριβή

**A, στην τάξη:** Ο/Η εκπαιδευτικός χρησιμοποιεί ένα αντικείμενο με επιφάνειες διαφορετικής υφής (π.χ. κύβος σειράς οργάνων μηχανικής). Με δυναμόμετρο ή μέσω του παιδικού παιχνιδιού – τραινάκι, [Εικόνα 4](#), ασκεί δύναμη ώστε ο κύβος να κινείται με σταθερή ταχύτητα.

Οι μαθητές μέσω φύλλων εργασίας καταγράφουν την τιμή της τριβής για τις διάφορες επιφάνειες του κύβου (καθώς αυτή είναι ίση με τη δύναμη του δυναμομέτρου), τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται και υπολογίζουν το συντελεστή της. **B, στο εργαστήριο:** Χρησιμοποιείται το κεκλιμένο επίπεδο της σειράς οργάνων μηχανικής, [Εικόνα 7](#), σε μια παραλλαγή της κλασικής εργαστηριακής άσκησης όπου μεταβάλλοντας την γωνία κλίσης υπολογίζουμε τον συντελεστή (οριακής) τριβής. [8].

### Δύναμη και κίνηση

**A, στην τάξη:** Οι μαθητές έχουν ανά δύο ή τρεις σταθρανία τους την διάταξη που φαίνεται στην [Εικόνα 6](#). Η κατασκευή είναι απλή και υλοποιείται με τρία βιβλία, ένα καλαμάκι αναψυκτικού, ένα ξυλάκι ως άξονα (π.χ από σουβλάκι) ένα βαρίδι και νήμα. Η κίνηση με την οποία ασχολούνται είναι αυτή του βαριδιού. Το βιβλίο που συνδέεται στο άλλο άκρο του νήματος χρησιμεύει ως «φρένο» [5]. Σκοπός είναι η παρατήρηση της κίνησης ως αποτέλεσμα της επίδρασης σταθερών δυνάμεων



Εικόνα 3. Διάγραμμα μετατόπισης - χρόνου, από τη συσκευή Multilog



Εικόνα 5. Παιδικό τραινάκι, δυναμόμετρο και επιφάνειες, για τη μελέτη των ιδιοτήτων της τριβής



Εικόνα 4. Διατάξεις για τον υπολογισμό της συνισταμένης δύναμης (αριστερά) και συνιστώσας δύναμης (δεξιά)

(βάρος, τριβή) και η αντίστοιχη εφαρμογή του θεμελιώδη νόμου της μηχανικής.

Μετρούν με δυναμόμετρο την μάζα του βαριδιού και σχεδιάζουν τις δυνάμεις που του ασκούνται όταν αυτό ισορροπεί. Ελευθερώνουν το σύστημα έτσι ώστε το βαρίδι να αρχίσει να κινείται και καταγράφουν τον χρόνο που χρειάζεται για να κατέβει συγκεκριμένη απόσταση (π.χ. δύο φορές το πλάτος του βιβλίου της Φυσικής είναι περίπου 40 cm). Σχολιάζουν το είδος της κίνησης και καταγράφουν την εξίσωση της μετατόπισης. Χρησιμοποιώντας την μέτρηση του χρόνου και της απόστασης υπολογίζουν την επιτάχυνση. Εφαρμόζοντας τον θεμελιώδη νόμο της μηχανικής, υπολογίζουν τη συνισταμένη δύναμη που δέχεται το βαρίδι αλλά και την τάση που του ασκείται από το νήμα. Μπορεί να γίνει συζήτηση για την μεταβολή της τιμής της, σε σχέση με την κατάσταση ισορροπίας.

Αν ο χρόνος για την ολοκλήρωση της δραστηριότητας στην τάξη δεν είναι αρκετός, ολοκληρώνουν την επεξεργασία του φύλλου εργασίας στα σπίτια τους.

**Β, στο εργαστήριο:** Μπορούν να επαναλάβουν την προηγούμενη δραστηριότητα χρησιμοποιώντας εργαστηριακό εξοπλισμό (τροχαλία, εργ. αμαξίδιο κλπ.). Σε κάθε περίπτωση εφαρμόζουν τις εξισώσεις των κινήσεων και τους νόμους των δυνάμεων με πειραματικά (πραγματικά) δεδομένα.

## Αξιολόγηση της διδακτικής στρατηγικής

Η προαναφερθείσα διδακτική προσέγγιση εφαρμόστηκε το 2015 σε επαρχιακό ΓΕΛ του νομού Χανίων. Η αποτίμηση της οδήγησε σε κάποιες παραλλαγές που λήφθηκαν υπόψη στο παρόν άρθρο. Δόθηκε ένα ερωτηματολόγιο σε 32 μαθητές/τριες Α' Λυκείου. Το 78% των μαθητών απάντησαν ότι ο συγκεκριμένος τρόπος διδασκαλίας τους βοηθάει στην κατανόηση των εννοιών που διδάσκονται, ενώ η διδασκαλία είναι συνολικά πιο ενδιαφέρουσα και ευχάριστη (56% και 35% αντίστοιχα).

Μία επιπλέον ιδέα που έχει αποδειχθεί αποτελεσματική κατά την εφαρμογή της σε διδακτικές δράσεις του Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων, είναι η χρήση ψηφιακών φύλλων εργασίας με ερωτήσεις βελτιωτικής ανατροφοδότησης / καθοδήγησης. Καθώς το μεγάλο ποσοστό των σχολείων κατά την περίοδο της πανδημίας εξοπλίστηκαν με tablet, είναι ευκαιρία για την αξιοποίησή τους.

## Συμπεράσματα

Πριν 200 χρόνια ο Κ. Μ. Κούμας [13] έλεγε: «Πειραματικά όργανα μεταχειρίζομαι καθ' εκάστην εις τας παραδόσεις μου». Τα λόγια αυτά αποτελούν μέρος του σημερινού λογότυπου του Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων και βέβαια, όχι τυχαία.

Σήμερα, παρά το ότι τα περισσότερα σχολεία διαθέτουν εργαστηριακό εξοπλισμό ενώ οι ΤΠΕ έχουν



Εικόνα 7. Εξαρτήματα της διάταξης κεκλιμένου επιπέδου από την σειρά οργάνων μηχανικής



Εικόνα 6. Διάταξη με απλά υλικά όπου το βαρίδι κινείται με την επίδραση σταθερών δυνάμεων.

γίνει βασικό συστατικό της υποδομής τους, η διδασκαλία της Φυσικής γίνεται κυρίως ως διάλεξη συνοδευόμενη από (συχνά δυσνόητες) ασκήσεις, διανθισμένη ενίοτε με παθητικά video που μετατρέπουν τον βιντεοπροβολέα σε σύγχρονο μαυροπίνακα.

Η υπόθεση, ο πειραματισμός, η επιβεβαίωση, η επιστημονική προσέγγιση πρέπει να είναι αναπόσπαστο κομμάτι της διδασκαλίας της Φυσικής, όχι μόνο στο εργαστήριο αλλά και στην τάξη. Θέλουμε η πειραματική διδασκαλία να «ανθίσει» και μέσα στην τάξη, βοηθώντας τους μαθητές μας να κατανοήσουν την Φυσική μέσω μια βασικής της αρχής: αυτήν της αλληλεπίδρασης!

## Βιβλιογραφικές Αναφορές

- [1]. Κουτσούμπα, Μ. (2016). Σχεδιάζω δραστηριότητες και ασκήσεις αυτοαξιολόγησης στο εκπαιδευτικό υλικό για αποτελεσματική μάθηση. Σχεδιασμός & ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού, ΕΑΠ. <https://tinyurl.com/y58257rq>
- [2]. Σκουμιός, Μ. (2012a). Αντιλήψεις των μαθητών για έννοιες των Φυσικών Επιστημών και διδακτική τους αντιμετώπιση. <http://tiny.cc/skoumios2012a>
- [3]. Πανατζή, Γ., & Τσαπαρλής, Γ. (2011). Μπορούν κατάλληλες διδακτικές προσεγγίσεις να προωθήσουν την εννοιολογική αλλαγή; Ανασκόπηση επιλεγμένης βιβλιογραφίας επί της κατανόησης της κινηματικής στη μέση εκπαίδευση. 372–381.
- [4]. Zacharia, Z., & Anderson, O. R. (2003). The effects of an interactive computer-based simulation prior to performing a laboratory inquiry-based experiment on students' conceptual understanding of physics. *American Journal of Physics*, 71(6), 618–629. <https://doi.org/10.1119/1.1566427>
- [5]. Αναστασάκης Ν. (2017). Εργαστηριακός Οδηγός Φυσικής Α' Λυκείου. Χανιά: Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων
- [6]. Κουμαράς, Π. (2000). Πειράματα με Απλά Υλικά (1η έκδ.). ΟΕΔΒ. <https://tinyurl.com/y6gl257f>
- [7]. Μπισδικιάν Γ., Μολοχίδης Τ. (2002). Κατάλογος Οργάνων και συσκευών Εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών Αθήνα: ΟΕΔΒ.

- [8]. Βλάχος Ι. Γραμματικάκης Ι., Καραπαναγιώτης Β., Κόκκοτας Π., Περιστερόπουλος Π., Τιμοθέου Γ (2013). Φυσική Α' Λυκείου. Αθήνα: Ινστιτούτο-το Τεχνολογίας και Υπολογιστών Διόφαντος
- [9]. Αντωνίου Ν., Δημητριάδης Π., Καμπούρης Κ., Παπαμιχάλης Κ., Παπατσιμπίνα Λ. (2013). Φυσική Β' Γυμνασίου. Αθήνα: Ινστιτούτο Τεχνολογίας και Υπολογιστών Διόφαντος

## Δικτυακοί τόποι:

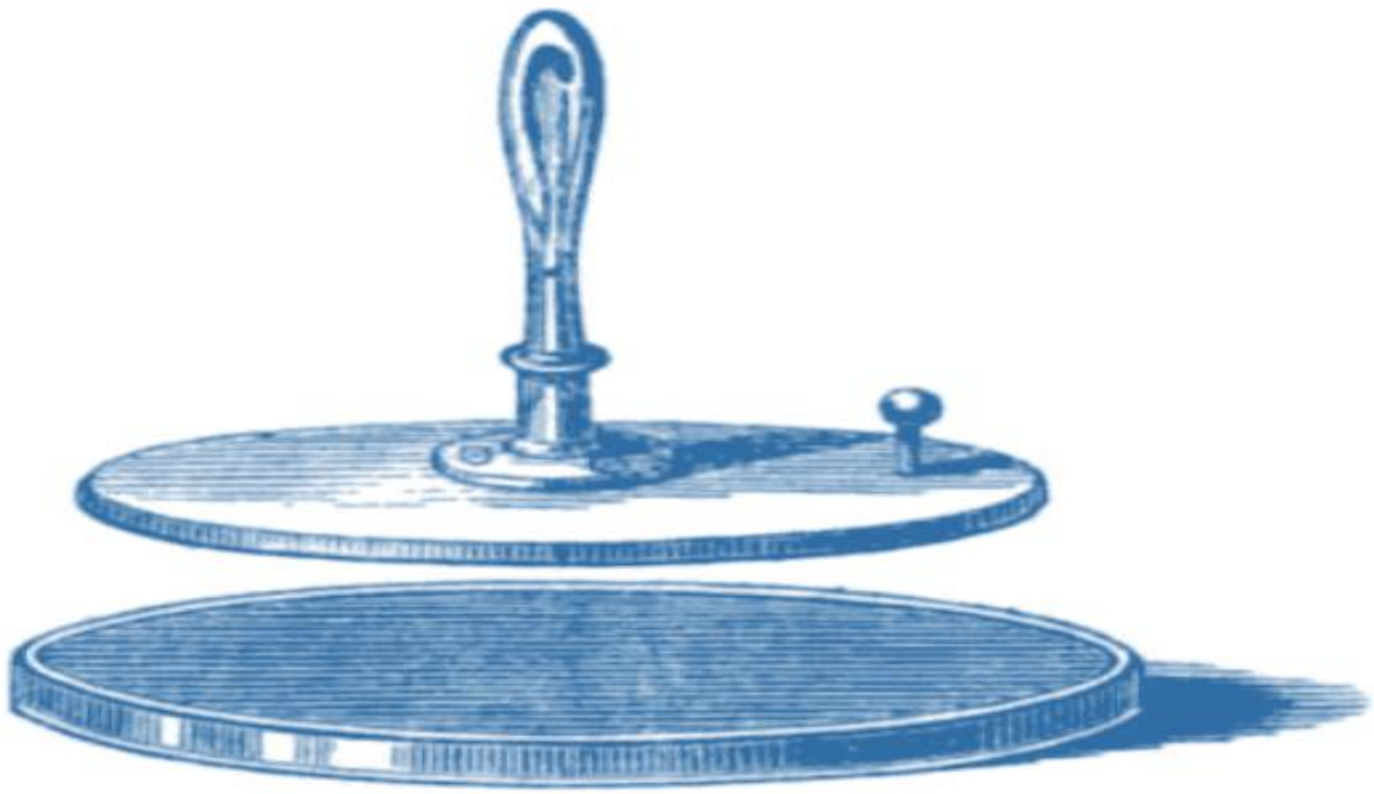
- [10]. PhET Colorado, κινούμενος άνδρας Ημερομηνία προσπέλασης: 23/2/2024
- [11]. Η. Σιτσανλής: <https://seiliias.gr>, "επιτάχυνση" Ημερομηνία προσπέλασης: 24/2/2024
- [12]. Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων, Εκπαιδευτικό Υλικό Δευτεροβάθμιας: <https://ekfechanion.eu/2024/01/22/dynami-kinisi/>, Ημερομηνία προσπέλασης: 23/2/2024
- [13]. Κάτοπτρον, Βιογραφία Λογίου/Κούμας Κωνσταντίνος: <https://www.lib.uoa.gr/katoptron/loadUserPersonBiography.do?personId=2793>, Ημερομηνία προσπέλασης: 29/5/2024

## Βιογραφικό συγγραφέως



Ο Νίκος Αναστασάκης είναι πτυχιούχος του τμήματος Φυσικής του ΕΚΠΑ και κάτοχος μεταπτυχιακού διπλώματος στην «εξ αποστάσεως εκπαίδευση με χρήση των ΤΠΕ» του Πανεπιστημίου Κρήτης. Από το 2004 εργάζεται ως Φυσικός στη Δημόσια Εκπαίδευση, και από το 2007 συνεργάζεται με το Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων, του οποίου είναι υπεύθυνος από το 2017. Έχει παρουσιάσει εργασίες σε συνέδρια Φυσικής αλλά και εφαρμογής των ΤΠΕ, έχει δημοσιεύσει άρθρα σε σχετικά περιοδικά και έχει συμμετάσχει στη δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού σε έντυπη και ψηφιακή μορφή. Ως επιμορφωτής συμμετέχει σε δράσεις και προγράμματα επιμόρφωσης μέσω του Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων, της ΠΑΝ.Ε.Κ.Φ.Ε., της ΠΔΕ Κρήτης, του ΙΕΠ και του ΙΤΥΕ Διόφαντος (Β' επίπεδο). Είναι μέλος του ΔΣ της ΠΑΝ.Ε.Κ.Φ.Ε. ως γραμματέας. Από το 2019 το εκπαιδευτικό ενδιαφέρον του επικεντρώνεται σε μεθόδους ενσωμάτωσης της εργαστηριακής μεθόδου στην διδασκαλία της Φυσικής για την δευτεροβάθμια και πρωτοβάθμια εκπαίδευση.





# Ηλεκτροφόρος:

## μια σύντομη επισκόπηση

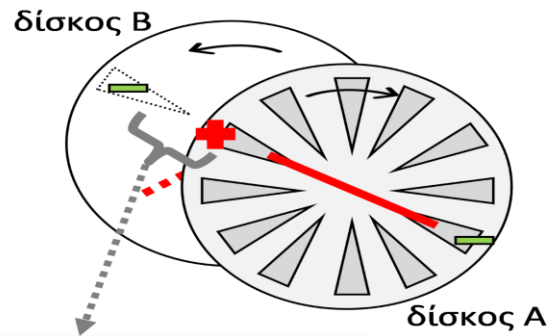
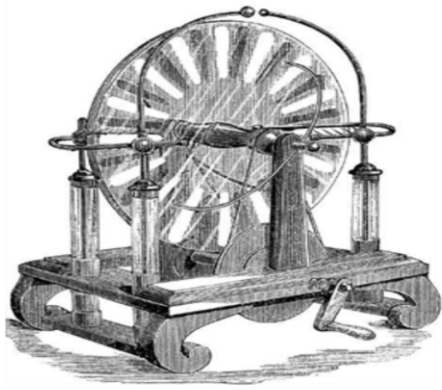
*Ευάγγελος Βάρθης*

Συνεργάτης ΠΕ04.01 Ε.Κ.Φ.Ε. Κέρκυρας  
[evangelosvar@gmail.com](mailto:evangelosvar@gmail.com)

### Περίληψη

Σε αυτό το άρθρο παρουσιάζονται κάποια ενδεικτικά πειράματα ηλεκτροστατικής φύσεως, συνοδευόμενα όπου είναι εφικτό με μικροσκοπικές ερμηνείες. Τα πειράματα βασίζονται στην κατασκευή και χρήση του ηλεκτροφόρου, μια στοιχειώδης ηλεκτροστατική κατασκευή η οποία συχνά παραμελείται στην διδασκαλία του ηλεκτρισμού. Τα πειράματα με βάση τον ηλεκτροφόρο είναι ακίνδυνα και εύκολο να γίνουν τόσο στην τάξη αλλά και να αναπαραχθούν από τους μαθητές στο σπίτι τους. Οι μαθητές μπορούν να έχουν άμεση εμπειρία με τα στατικά φορτία που δημιουργούνται στις διάφορες περιπτώσεις, γεγονός που εξάπτει την περιέργεια των μαθητών, συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση των εννοιών και εμπλουτίζει ευχάριστα την διδασκαλία.

**Λέξεις Κλειδιά:** ηλεκτροφόρος, στατικός ηλεκτρισμός, μηχανή Wimshurst



Οι δυο τομείς (ηλεκτροφόροι)  
συνιστούν πυκνωτή που  
φορτίζεται επαγωγικά

Εικόνα 1. Μηχανή Wimshurst

## Εισαγωγή

**Η** διδασκαλία των ηλεκτροστατικών φαινομένων αποτελεί το υπόβαθρο για την κατανόηση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων και δυνάμεων που δημιουργούνται γύρω μας και τα οποία σε γενικές γραμμές είναι «αόρατα» αλλά συμμετέχουν σε κάθε τεχνολογική έκφραση του σύγχρονου πολιτισμού. Ακόμα και η κίνηση του ηλεκτρικού ρεύματος σε κύκλωμα μπαταρίας συντελείται μέσω της κατανομής των ηλεκτροστατικών φορτίων στην επιφάνεια του αγωγού. Τα ηλεκτροστατικά φαινόμενα έγιναν αντιληπτά στην αρχαία Ελλάδα και συγκεκριμένα ο πρώτος για τον οποίο έχουμε γραπτά τεκμήρια είναι ο Θαλής ο Μηλίσιος το 600 π.Χ. Ο Θαλής πειραματίστηκε με το «ήλεκτρον», δηλαδή το γνωστό μας κεχριμπάρι (το οποίο είναι απολιθωμένο ρετσίνο πεύκου) και παρατήρησε ότι όταν αυτό τριφτεί με μετάξι ή μαλλί, έλκει μικρά κομμάτια χνούδι, άχυρο, ξερά φύλλα<sup>1</sup> κτλ. Τα ηλεκτρικά φαινόμενα μελετηθήκαν σε μια πιο επιστημονική βάση και πιο εντατικά από τα μέσα του 17<sup>ου</sup> αιώνα [1], όπου ανακαλυφθήκαν τα δυο είδη ηλεκτρικού φορτίου. Στην συνέχεια, ο Charles-Augustin Coulomb το 1785, βρήκε την σχέση που εκφράζει την δύναμη που ασκείται μεταξύ φορτίων, ενώ κατά την διάρκεια του 19<sup>ου</sup> αιώνα, υπήρξαν δημοσιεύσεις εργασιών όπου διεξαγόταν λεπτομερής ανάλυση των ηλεκτρικών φαινομένων, όπως οι εργασίες του Oersted, Ampere και Faraday. Ειδικότερα την περίοδο 1861-1862 διατυπώθηκαν οι



Εικόνα 2. Ο ηλεκτροφόρος πάνω στο πλεξιγκλάς

εξισώσεις του Maxwell που ενοποιούσαν το έργο των προηγούμενων ερευνητών και έθεσαν πλέον ισχυρά τα θεμέλια του ηλεκτρομαγνητισμού. Αξίζει να σημειωθεί, ότι ο Maxwell δεν γνώριζε σε βάθος τι οντότητα ακριβώς αντιπροσώπευε η έννοια «φορτίο». Μόλις στα τέλη του 19ου αιώνα εισήχθη η έννοια του ηλεκτρονίου (ανακάλυψη από J.J. Thomson, 1897) και κατά τις αρχές του 20<sup>ου</sup>, του πρωτονίου (ανακάλυψη από Rutherford, 1909), ως φορείς του αρνητικού και θετικού φορτίου αντίστοιχα. Το νετρόνιο ως ουδέτερο σωματίδιο ανακαλύφθηκε από τον Chadwick το 1932.

### Σχόλια για το άρθρο:

Το παρόν άρθρο εστιάζει στα στατικά ηλεκτρικά φορτία που μπορούν να παρατηρηθούν μετά την τριβή μεταξύ διαφορετικών υλικών και εξετάζει τρόπους ηλέκτρισης χρησιμοποιώντας την ηλεκτροστατική διάταξη του ηλεκτροφόρου [Εικόνα 2](#).

Στο άρθρο θα παρουσιαστούν επιλεγμένα πειράματα τα όποια μπορούν να εκτελεστούν μετωπικά από τους μαθητές αλλά και σε μορφή επίδειξης από τον καθηγητή μέσα στην τάξη.

Για το υπόλοιπο του άρθρου, χωρίς να αναφέρεται, θα θεωρείται ότι:

- Τα υλικά στην **Εικόνα 3** είναι ταξινομημένα από πάνω προς τα κάτω, από το ηλεκτροθετικότερο προς ηλεκτραρνητικότερο. Το υλικό A που βρίσκεται πιο κοντά στη κορυφή θα φορτίζεται θετικά όταν τρίβεται με κάποιο υλικό B που βρίσκεται χαμηλότερα στην λίστα, ενώ ταυτόχρονα το υλικό B θα φορτίζεται αρνητικά.
- Το Plexiglas φορτίζεται θετικά με τριβή χαρτιού, βλέπε **Εικόνα 3** και **Εικόνα 4**.
- Το PVC φορτίζεται αρνητικά με τριβή χαρτιού, βλέπε **Εικόνα 3**.
- Όπου στις εικόνες δείχνεται ροή θετικού φορτίου, αυτό ισοδυναμεί με κίνηση ηλεκτρονίων προς την αντίθετη φορά.

## Περιγραφή ηλεκτροφόρου

Ο ηλεκτροφόρος αποτελεί μια απλή ηλεκτροστατική διάταξη, **Εικόνα 2**, που μπορεί εύκολα να κατασκευαστεί από μαθητές και αποτελεί το ουσιαστικό θεωρητικό και πρακτικό υπόβαθρο για την λειτουργία της μηχανής

**Ηλεκτροθετικά**

Πλεξιγκλάς  
Βακελίτης  
Νιτρική κυτταρίνη  
Γυαλί  
Χαλαζίας  
Νάιλον  
Μαλλί  
Μετάξι  
Βαμβάκι  
Χαρτί  
Κεχριμπάρι  
Ρητίνες (φυσικές και τεχνητές)  
Μέταλλα  
Καουτσούκ  
Οξικό ρεγίον  
Ντακρόν  
Όριον  
Πολυστυρένιο  
Τεφλόν  
Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)

**Ηλεκτραρνητικά**

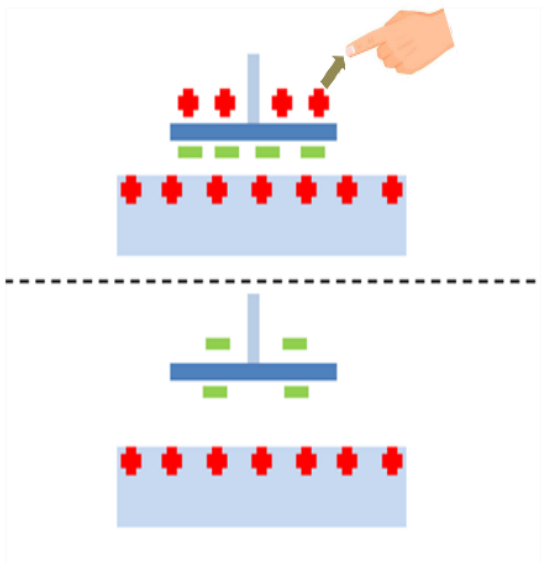
*Εικόνα 3. Λίστα υλικών για παραγωγή τριβοηλεκτρισμού ταξινομημένα από τα ηλεκτροθετικότερα προς τα ηλεκτραρνητικότερα.*

**Σημείωση:**

*Ο αέρας περιέχει ιόντα, κατά συνέπεια είναι δυνατό να διαρρέεται ρεύμα μεταξύ υλικών που βρίσκονται σε απόσταση και έχουν την κατάλληλη διαφορά δυναμικού. Ο αέρας γίνεται αγωγίμος μεταξύ υλικών όταν η τάση αποκτά τιμή μεγαλύτερη από  $3 \cdot 10^6 \text{ Volt/m}$  ή  $3 \cdot 10^4 \text{ Volt/cm}$ . Υλικό σχετικό με την ηλεκτρική εκκένωση του αέρα και ενδιαφέροντα πειράματα μπορεί να βρεθούν στη μελέτη [6]. Αξίζει να τονιστεί ότι στις φορτισμένες ακίδες, γύρω από την περιοχή τους το ηλεκτρικό πεδίο καθίσταται πιο έντονο (μεγαλύτερη πυκνότητα δυναμικών γραμμών), **Εικόνα 9δ**. Επίσης βλέπε*

*Παράρτημα 3 για μια βαθύτερη μαθηματική και φυσική κατανόηση του φαινομένου<sup>2</sup>.*

Wimshurst **Εικόνα 1**, αλλά και άλλων ηλεκτροστατικών μηχανών που αναπτύχθηκαν όπως π.χ. από τους Wilhelm Holtz (1865 και 1867), August Toepler (1865), J. Robert Voss (1880) και άλλους [2], [5].



*Εικόνα 4. Φόρτιση του ηλεκτροφόρου*



## Ηλεκτροφόρος ως δομικό υλικό για την Μηχανή Wimshurst

Ειδικά για την περίπτωση της γνωστής ηλεκτροστατικής μηχανής Wimshurst, μπορούμε να θεωρήσουμε τον κάθε τομέα του δίσκου A ως ένα μικρό ηλεκτροφόρο, που φορτίζεται επαγωγικά από τον απέναντι τομέα του δίσκου B συνιστώντας οι δυο τομείς έναν πυκνωτή [1], [Εικόνα 1](#).

- Οι τομείς κινούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να παρουσιάζεται επαγωγικός πολλαπλασιασμός του φορτίου στους πυκνωτές που στιγμιαία δημιουργούνται (εξήγηση [Παράρτημα 1](#)).
- Σε κάθε δημιουργημένο αντικριστό ζεύγος τομέων (πυκνωτή) οι πλάκες του απομακρύνονται καθώς γυρίζει η μηχανή, η διαφορά δυναμικού μεταξύ των τομέων αυξάνει (εξήγηση [Παράρτημα 2](#).) και το φορτίο συλλέγεται από τις βούρτσες.
- Το φορτίο των τομέων, λόγω υψηλού δυναμικού, συλλέγεται από τις βούρτσες της μηχανής μέσω του αέρα και αποθηκεύεται στα Leyden Jars (εξήγηση [Παράρτημα 3](#).)

## Υλικό ανασκόπησης σχετικά με ηλεκτροστατικές μηχανές και ηλεκτροστατικά φαινόμενα

- Μια εκτεταμένη περιγραφή και ανάλυση διάφορων ηλεκτροστατικών μηχανών και των κατασκευών τους μπορεί να βρεθεί στο portal ([Electrostatic Machines \(ufrj.br\)](#)) του Antonio C. M. de Queiroz ([Antonio C. M. de Queiroz Home Page \(ufrj.br\)](#)) επίσης στην μελέτη του ίδιου [3].
- Μια αξιόλογη παρουσίαση του ίδιου του κατασκευαστή της μηχανής Wimshurst, James Wimshurst σχετικά με το ιστορικό και με τις αρχές λειτουργίας των ηλεκτροστατικών μηχανών παρατίθεται στο ([Lateral Science: Influence Machines, by Wimshurst 1888 \(sch.gr\)](#)).

Επίσης μια μονογραφία σχετικά με τον στατικό ηλεκτρισμό από τους Giinter Liittgens, Sylvia Liittgens, and Wolfgang Schubert [4], παρατίθεται στο ([Static Electricity: Understanding, Controlling, Applying \(ciando.com\)](#))

## Φύλλο εργασίας ηλεκτροφόρου

### Κατασκευή του ηλεκτροφόρου

Για την κατασκευή του ηλεκτροφόρου χρησιμοποιούμε απλά υλικά όπως:

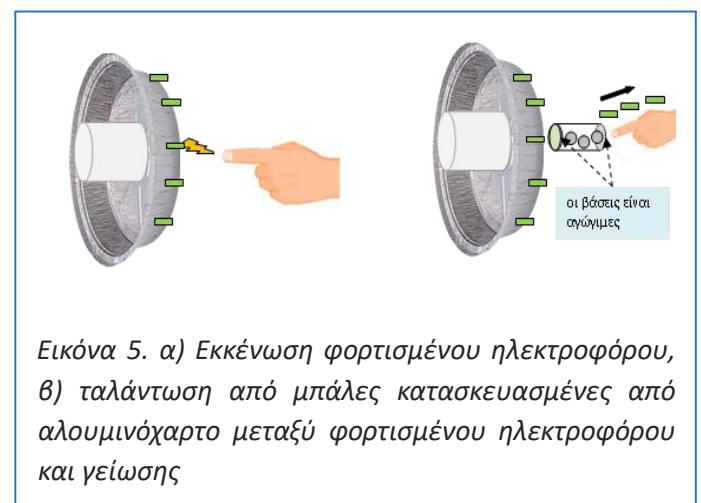
- αλουμινένιο πιάτο
- πλαστικό ποτήρι
- μονωτική ταινία

Κολλάμε το πλαστικό ποτήρι με την βοήθεια μονωτικής ταινίας στο εσωτερικό (στο κέντρο) του αλουμινένιου πιάτου και ο ηλεκτροφόρος είναι έτοιμος, [Εικόνα 2](#).

## Φόρτιση ηλεκτροφόρου

Η διαδικασία φόρτισης του ηλεκτροφόρου είναι η εξής:

- Τρίβουμε φύλλο πλεξιγκλάς με χαρτί όποτε αυτό φορτίζεται θετικά με βάση την [Εικόνα 4](#).
- Ακουμπάμε τον ηλεκτροφόρο πάνω στην επιφάνεια του πλεξιγκλάς. Αυτό έχει ως συνέπεια τα θετικά φορτία του πλεξιγκλάς να επάγουν στην κάτω πλευρά του ηλεκτροφόρου αρνητικό φορτίο ενώ στην πάνω πλευρά θετικό, [Εικόνα 4](#). Αξίζει να σημειωθεί ότι ο ηλεκτροφόρος δεν μπορεί να φορτιστεί μόνο με την επαφή του με το πλεξιγκλάς διότι το πλεξιγκλάς είναι μονωτής και τα φορτία του δεν μπορούν να μετακινηθούν.
- Ακουμπάμε το δάκτυλο μας (λειτουργεί ως γείωση) στον ηλεκτροφόρο ενώ αυτός είναι σε επαφή με το πλεξιγκλάς. Τότε τα θετικά φορτία εξουδετερώνονται (ροή ηλεκτρονίων από την γείωση) και απομένουν μόνο τα πλεονάζοντα αρνητικά φορτία της κάτω πλευράς, [Εικόνα 4](#).



Εικόνα 5. α) Εκκένωση φορτισμένου ηλεκτροφόρου, β) ταλάντωση από μπάλες κατασκευασμένες από αλουμινόχαρτο μεταξύ φορτισμένου ηλεκτροφόρου και γείωσης

- Σηκώνουμε τον ηλεκτροφόρο, τώρα αυτός είναι φορτισμένος αρνητικά με δυναμικό που η τιμή του είναι της τάξεως 2-3 χιλιάδων Volt [7], αλλά εντελώς ακίνδυνο διότι η ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος είναι πολύ περιορισμένη κατά την ηλεκτρική εκκένωση.

## Πειράματα με φορτισμένο ηλεκτροφόρο

### Ηλεκτρική εκκένωση με το δάχτυλο

Εάν πλησιάσουμε το δάχτυλο μας κοντά στον φορτισμένο ηλεκτροφόρο, τότε θα παρατηρήσουμε ότι περίπου σε μια απόσταση 0.5- 1 cm θα γίνει εκκένωση του ηλεκτρικού φορτίου στο δάχτυλο μας, [Εικόνα 5α](#).

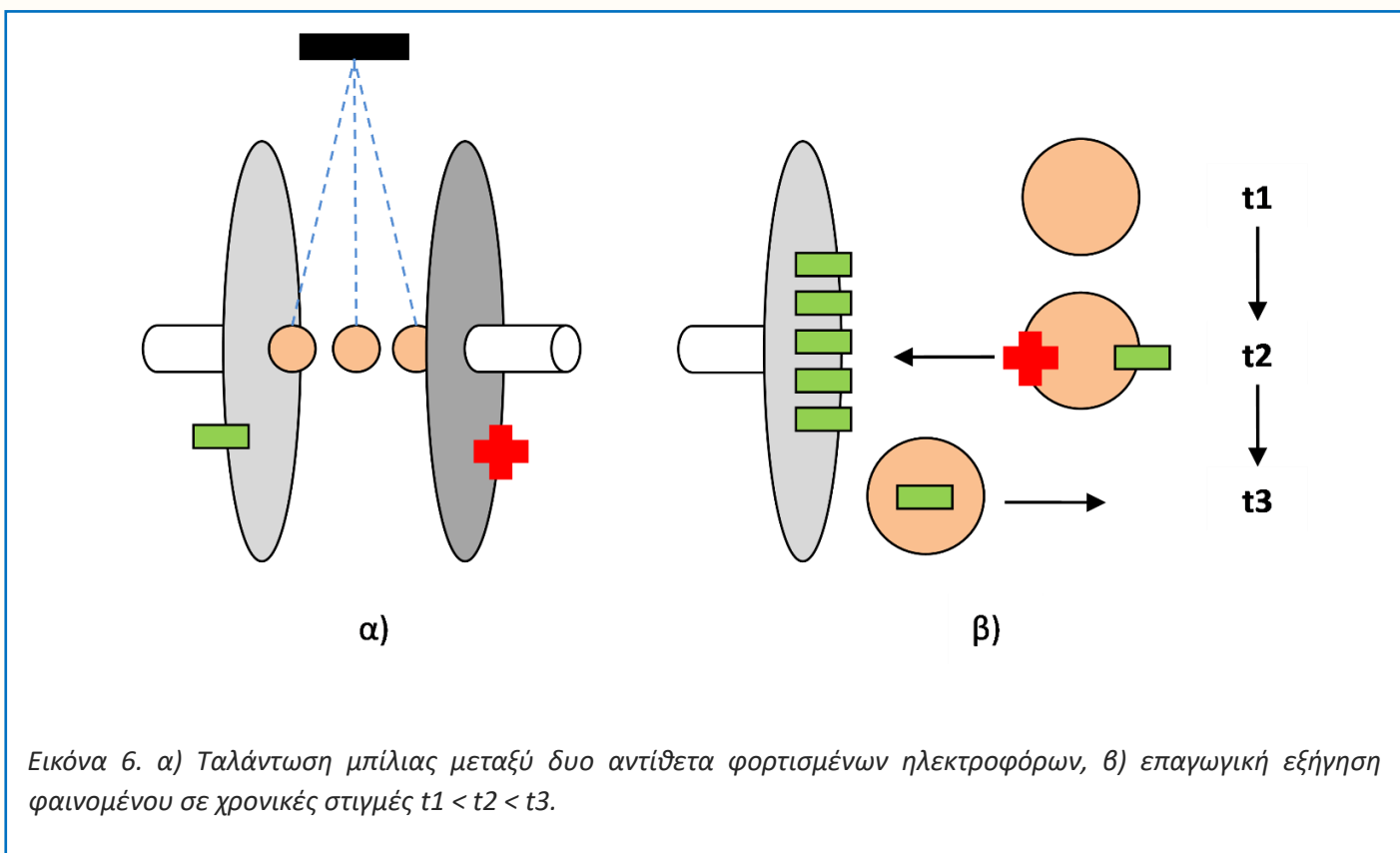
### Ταλάντωση αγώγιμων σφαιρών πάνω σε φορτισμένο ηλεκτροφόρο

Τοποθετούμε τον ηλεκτροφόρο κάθετα και μέσα σε ένα μικρό πλαστικό κύλινδρο, αγώγιμο στις βάσεις του, βάζουμε δυο-τρεις ελαφριές αγώγιμες σφαίρες (αλουμινόχαρτο), [Εικόνα 5β](#). Ακουμπώντας την μια βάση του κυλίνδρου στον ηλεκτροφόρο και την άλλη στο δάχτυλο μας θα παρατηρήσουμε ότι οι σφαίρες ταλαντώνονται. Η εξήγηση παρουσιάζεται στην παρακάτω [Εικόνα 6β](#). Η πρώτη σφαίρα μετατρέπεται σε δίπολο λόγω επαγωγικής ηλεκτρίσης όποτε έλκεται από

τον αρνητικά φορτισμένο ηλεκτροφόρο. Ο ηλεκτροφόρος εξουδετερώνει το θετικό φορτίο και η σφαίρα λόγω επαφής φορτίζεται αρνητικά και απωθείται, ενώ ταυτόχρονα μέρος του φορτίου μεταφέρεται στις υπόλοιπες σφαίρες. Στην άλλη μεριά αποβάλλεται το αρνητικό φορτίο από τις τελευταίες σφαίρες στη γείωση (το χέρι μας) και το φαινόμενο επαναλαμβάνεται [6].

### Ταλάντωση μπίλιας μεταξύ δυο ηλεκτροφόρων με αντίθετα φορτία

Το φαινόμενο είναι παρόμοιο με το προηγούμενο. Έχουμε δυο **ηλεκτροφόρους** με αντίθετα φορτία όπου ο ένας έχει φορτιστεί με πλεξίγκλας ενώ ο άλλο με PVC και βρίσκονται σε απόσταση 5-10 cm, [Εικόνα 6α](#). Στην μέση κρεμάμε με κλώστη αγώγιμη ελαφριά σφαίρα (σφαιρίδιο από αλουμινόχαρτο) και παρατηρούμε ότι η σφαίρα ταλαντώνεται μεταξύ των ηλεκτροφόρων. Η εξήγηση με βάση την [Εικόνα 6β](#), είναι ότι τώρα στην σφαίρα δημιουργείται ένα πιο ισχυρό δίπολο λόγω επαγωγής και από τους δυο ηλεκτροφόρους. Έστω ότι η σφαίρα έλκεται στην αρνητική πλάκα όποτε το δίπολο εξαφανίζεται λόγω εξουδετέρωσης του θετικού φορτίου. Στην συνέχεια η σφαίρα φορτίζεται αρνητικά όποτε και απωθείται προς τον θετικά φορτισμένο ηλεκτροφόρο και



Εικόνα 6. α) Ταλάντωση μπίλιας μεταξύ δυο αντίθετα φορτισμένων ηλεκτροφόρων, β) επαγωγική εξήγηση φαινομένου σε χρονικές στιγμές  $t_1 < t_2 < t_3$ .

το φαινόμενο επαναλαμβάνεται, (Ivanov and Nikolov 2016).

## Φόρτιση ηλεκτροσκοπίου.

Εάν πλησιάσουμε τον φορτισμένο ηλεκτροφόρο σε ένα κλασικό ηλεκτροσκόπιο τότε αυτό θα ηλεκτριστεί (τα ελάσματα του ηλεκτροσκοπίου θα αποκλίνουν) με δυο τρόπους:

### Με επαγωγή

Απλά πλησιάζουμε τον ηλεκτροφόρο κοντά στο ηλεκτροσκόπιο προσέχοντας ώστε να μην υπάρξει εκκένωση του φορτίου μέσω του αέρα. Εναλλακτικά για ευκολία μπορούμε να βάλουμε μια λεπτή αφόρτιστη διηλεκτρική επιφάνεια π.χ. πλαστικό, πλεξιγκλάς, PVC κτλ. πάνω στην επιφάνεια του ηλεκτροσκοπίου και να ακουμπήσουμε πάνω σε αυτό τον ηλεκτροφόρο ώστε παρατηρήσουμε την απόκλιση του ηλεκτροσκοπίου, [Εικόνα 7α](#).

### Με επαφή

Στην περίπτωση αυτή ακουμπάμε απλά τον ηλεκτροφόρο πάνω στο ηλεκτροσκόπιο. Μπορούμε να επαναλάβουμε την φόρτιση με επαφή 2-3 φορές. Τότε θα παρατηρήσουμε ότι τα φύλλα του ηλεκτροσκοπίου θα

αποκλίνουν περισσότερο σε κάθε εκκένωση του ηλεκτροφόρου, αφού το επιπλέον φορτίο ρέει προς το ηλεκτροσκόπιο. Η ηλεκτρίση θα σταματήσει όταν το ηλεκτροσκόπιο θα αποκτήσει το ίδιο δυναμικό με τον φορτισμένο ηλεκτροφόρο, [Εικόνα 7β](#).

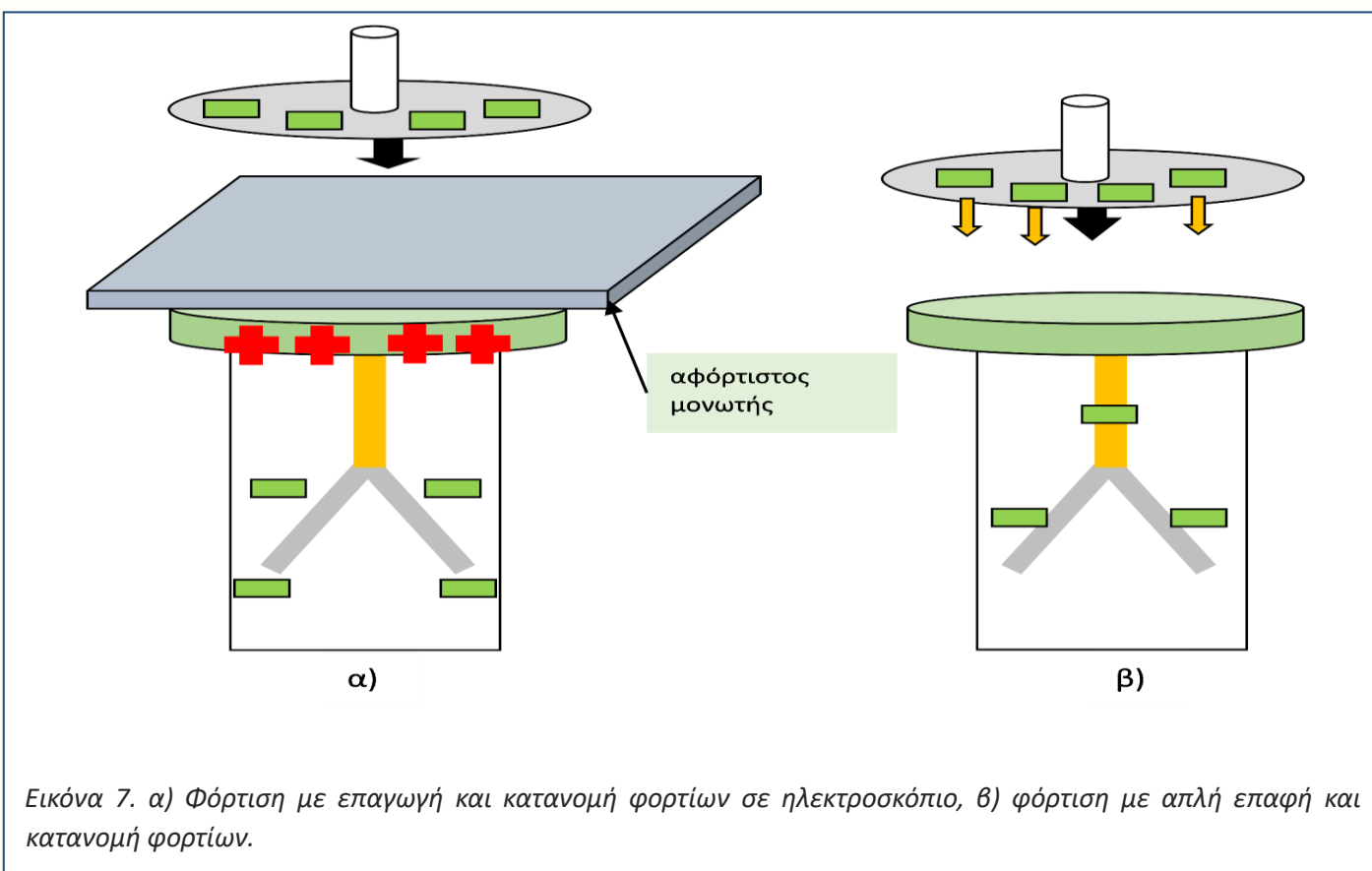
## Αύξηση διαφοράς δυναμικού στην απομάκρυνση πλακών πυκνωτή

Θα απαιτηθεί:

- **Ηλεκτροσκόπιο**
- **Μικρό κομμάτι Πλεξιγκλάς**
- **Ηλεκτροφόρος**

Συνδέουμε τα υλικά όπως δείχνεται στην [Εικόνα 8](#).

- Τοποθετούμε το πλεξιγκλάς πάνω στην βάση του ηλεκτροσκοπίου.
- Τοποθετούμε τον φορτισμένο ηλεκτροφόρο πάνω στο πλεξιγκλάς. Θα παρατηρήσουμε ότι το ηλεκτροσκόπιο αποκλίνει. Ακουμπάμε στιγμιαία το δάχτυλο μας στην κάτω μεριά της πλάκας του





ηλεκτροσκοπίου. Θα παρατηρήσουμε ότι το ηλεκτροσκόπιο δεν είναι πλέον ηλεκτρισμένο.

- Απομακρύνουμε τον ηλεκτροφόρο και παρατηρούμε ότι το ηλεκτροσκόπιο πάλι αποκλίνει.

### Εξήγηση

Το φαινόμενο είναι γνωστό για την περίπτωση ενός φορτισμένου πυκνωτή όταν απομακρύνουμε τις πλάκες του. Παρατηρείται ότι όταν αυξάνεται η απόσταση, αυξάνεται η διαφορά δυναμικού ενώ η χωρητικότητα μειώνεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε το φορτίο να παραμένει σταθερό (Παράρτημα 1). Η πάνω επιφάνεια του ηλεκτροσκοπίου, το πλεξιγκλάς ως διηλεκτρικό και ο ηλεκτροφόρος συνιστούν στην ουσία έναν πυκνωτή στην [Εικόνα 8β](#) και [Εικόνα 8γ](#). Κατά συνέπεια, η απομάκρυνση του ηλεκτροφόρου αυξάνει την διαφορά δυναμικού μεταξύ της επιφάνειας του ηλεκτροσκοπίου και του ηλεκτροφόρου και τα φύλλα αποκλίνουν.

## Παραρτήματα

### Παράρτημα 1.

#### Αύξηση φορτίου με επαγωγή

Στην [Εικόνα 9γ](#) παρουσιάζεται ο τρόπος συνεχούς αύξησης φορτίου με επαγωγή που συμβαίνει για τον πολλαπλασιασμό του φορτίου στην μηχανή Wimshurst. Καθώς οι δίσκοι στην μηχανή Wimshurst περιστρέφονται με αντίθετη φορά, οι διαμετρικοί τομείς στον ίδιο δίσκο,

ενώνονται στιγμιαία με την βοήθεια των ράβδων "γείωσης" σε συγκεκριμένες θέσεις. Την στιγμή που οι τομείς συνδέονται με τη ράβδο "γείωσης", αυτοί αρχικά φορτίζονται επαγωγικά από το φορτίο του απέναντι τομέα του δίσκου όπως δείχνει η [Εικόνα 9γ](#).

Το φορτίο ωστόσο στον κάθε τομέα αυξάνει με κάθε κύκλο της περιστροφής. Αυτό συμβαίνει διότι όταν φορτιστούν όλοι οι τομείς με φορτίο έστω  $Q$ , στην συνέχεια στην επαγωγική φόρτιση συμμετέχουν και οι διπλανοί τομείς επάγοντας έτσι ένα αυξημένο φορτίο  $Q' > Q$ , [Εικόνα 9ε](#).

### Παράρτημα 2.

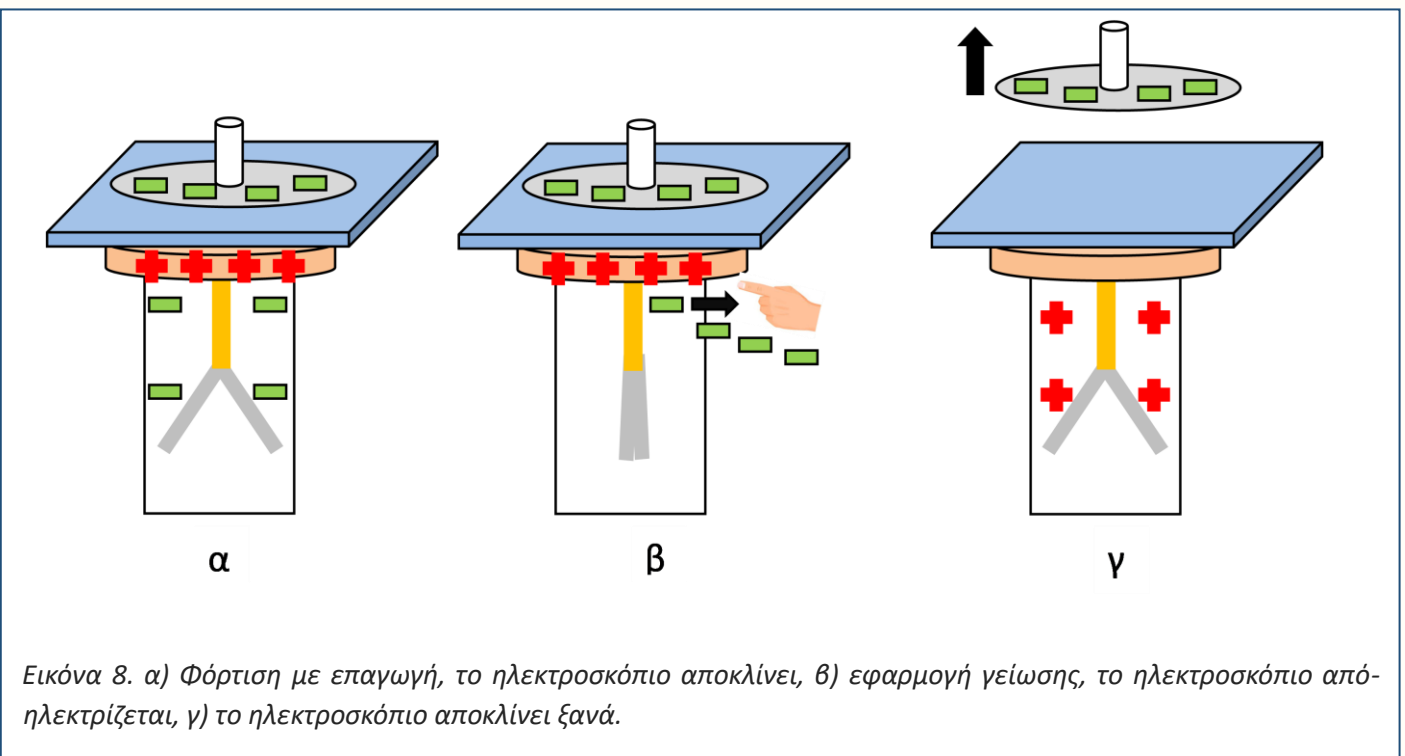
#### Αύξηση διαφοράς δυναμικού σε πυκνωτή

Έστω ότι έχουμε έναν πυκνωτή με χωρητικότητα  $C$  και διαφορά δυναμικού μεταξύ των οπλισμών του  $V$ , τότε το φορτίο θα είναι  $Q = C \cdot V$ . Εάν απομακρύνουμε τους οπλισμούς του πυκνωτή τότε μειώνεται η χωρητικότητα του από  $C = \epsilon_0 \frac{S}{L}$  σε  $C' = \epsilon_0 \frac{S}{L'}$  όπου  $L' > L$  και ταυτόχρονα αυξάνεται η διαφορά δυναμικού σε  $V'$  αφού το φορτίο παραμένει το ίδιο  $Q = C' \cdot V'$ .

Η ενεργεία του πυκνωτή μεταβάλλεται από:

$$E = \frac{1}{2} C \cdot V^2 \text{ σε } E' = \frac{1}{2} C' \cdot V'^2$$

κατά συνέπεια  $\frac{E}{E'} = \frac{V}{V'} < 1$  δηλαδή  $E' > E$ . Το  $E'$  αυξάνεται διότι πρέπει να καταναλωθεί έργο για να



απομακρυνθούν οι πλάκες του πυκνωτή το οποίο αυξάνει στην ουσία την δυναμική ενέργεια του πυκνωτή.

α) δυναμικό, β) πυκνότητα ηλεκτρικού φορτίου, γ) ηλεκτρικό πεδίο - δυναμικές γραμμές.

### Παράρτημα 3.

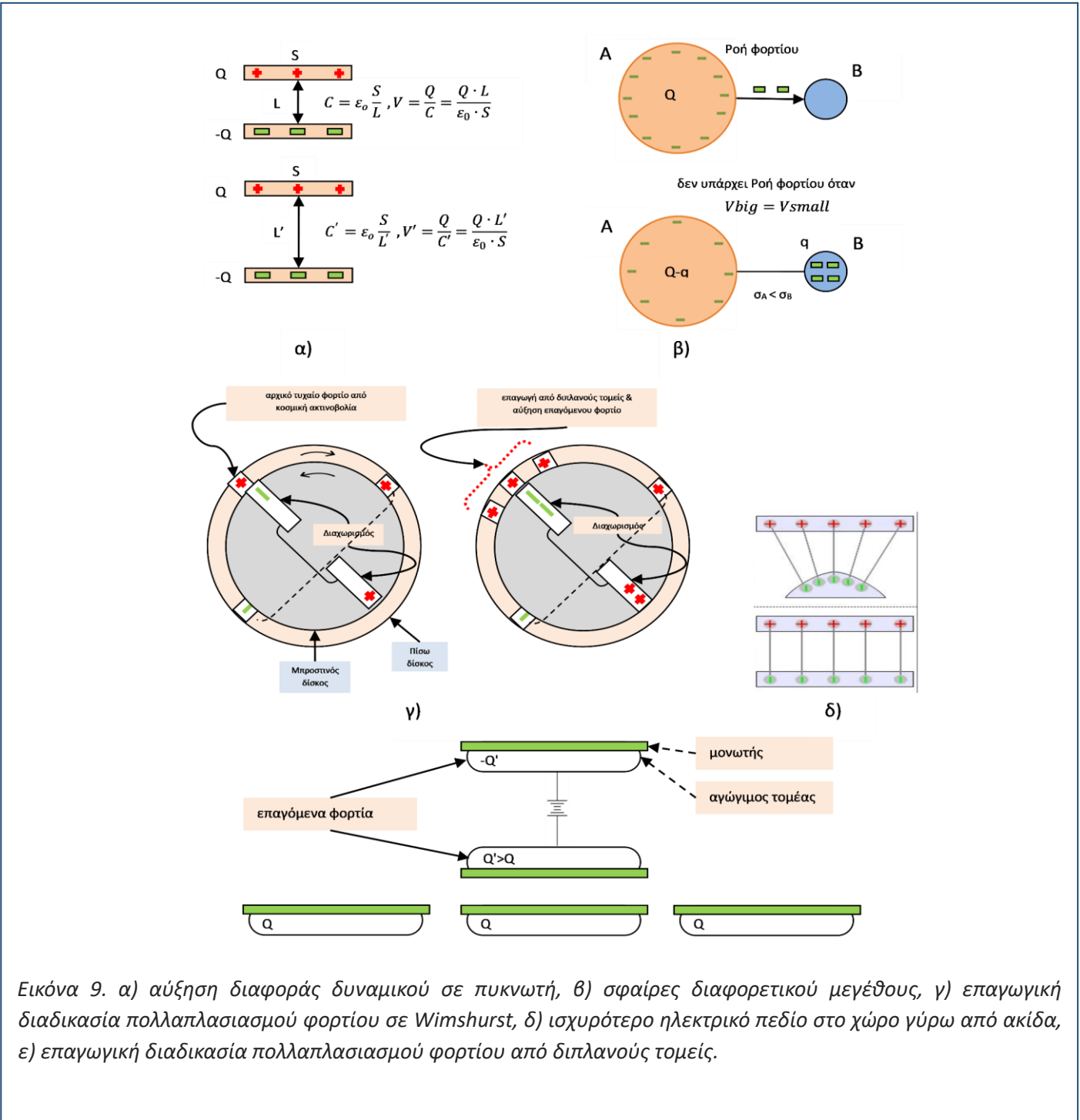
#### Φαινόμενο ακίδας

Έστω ότι έχουμε μια σφαίρα A ακτίνας  $R$  και μια σφαίρα B ακτίνας  $r$ , όπου  $R > r$ . Η σφαίρα A έχει αρχικά ηλεκτρικό φορτίο  $Q$ . Αν συνδέσουμε τις δυο σφαίρες A και B με αγώγιμο σύρμα, τότε να εξετάσετε τι θα συμβεί σε κάθε σφαίρα όταν αποκατασταθεί ηλεκτροστατική ισορροπία (δηλαδή  $V_{big}=V_{small}$ ) όσο αναφορά τα μεγέθη:

#### Ανάλυση:

Οι δυο σφαίρες με ακτίνες  $r$  και  $R = nr$  αντίστοιχα, στην ηλεκτροστατική ισορροπία θα αποκτήσουν το ίδιο δυναμικό οπότε:

$$\frac{k(Q-q)}{nr} = \frac{kq}{r} \rightarrow q = \frac{Q}{n+1} \quad (1)$$



Εικόνα 9. α) αύξηση διαφοράς δυναμικού σε πυκνωτή, β) σφαίρες διαφορετικού μεγέθους, γ) επαγωγική διαδικασία πολλαπλασιασμού φορτίου σε Wimshurst, δ) ισχυρότερο ηλεκτρικό πεδίο στο χώρο γύρω από ακίδα, ε) επαγωγική διαδικασία πολλαπλασιασμού φορτίου από διπλανούς τομείς.

Οι επιφανειακές πυκνότητες φορτίου  $\sigma_A$  και  $\sigma_B$  κάνοντας χρήση της εξίσωσης (1) απλοποιούνται και η μεταξύ τους σχέση δίνεται παρακάτω:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_A &= \frac{k(Q - q)}{4\pi n^2 r^2} \\ \sigma_B &= \frac{k(q)}{4\pi r^2} \end{aligned} \right\} \rightarrow \sigma_B = n\sigma_A$$

Η μεγαλύτερη σφαίρα Α ( ακτίνας  $R = nr$  ) θα κατακρατεί περισσότερο φορτίο αλλά θα έχει μικρότερη επιφανειακή πυκνότητα φορτίου.

Κατά συνέπεια η μικρή σφαίρα Β ή αλλιώς η ακίδα, επειδή έχει μεγαλύτερη επιφανειακή πυκνότητα φορτίου θα έχει πιο έντονο ηλεκτρικό πεδίο (οι δυναμικές γραμμές θα είναι πιο πυκνές), και τα ηλεκτρικά φαινόμενα όπως η εκκένωση ηλεκτρικού φορτίου μέσω του αέρα θα είναι πιο έντονα.

## Συμπεράσματα

Σε αυτό το άρθρο παρουσιάστηκαν μια σειρά από απλά πειράματα, στηριζόμενα στον ηλεκτροφόρο, τα οποία μπορούν να διεξαχθούν εύκολα από τους μαθητές προς καλύτερη κατανόηση του στατικού ηλεκτρισμού και εν γένει των ηλεκτρικών κατά βάση φαινομένων. Έγινε προσπάθεια να δοθούν όπου ήταν εφικτό, ερμηνείες σχετικά με τα ηλεκτροστατικά φαινόμενα για περαιτέρω εμπάθυνση. Τα παρουσιαζόμενα πειράματα κάνουν την διδασκαλία των ηλεκτροστατικών φαινομένων πιο ευχάριστη και δίνουν ικανοποίηση στον μαθητή διότι μπορεί αφενός να τα εκτελέσει, αφετέρου να ελέγξει φαινόμενα που δημιουργούνται μέσω σωματιδίων που δεν βλέπει και να εξάγει συμπεράσματα.

## Βιβλιογραφικές Αναφορές

[1] Panat, P. 2003. Contributions of Maxwell to electromagnetism. Resonance 8(5), pp. 17–29.,

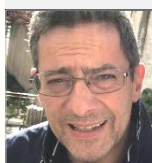
[https://ekfe.ker.sch.gr/BooksJournals/Contributions\\_of%20Maxwell\\_to\\_Electromagnetism.pdf](https://ekfe.ker.sch.gr/BooksJournals/Contributions_of%20Maxwell_to_Electromagnetism.pdf)

- [2] Gray, J. 1890. Electrical influence machines. Whittaker,  
[https://ekfe.ker.sch.gr/BooksJournals/Gray\\_J\\_1890\\_Electrical\\_influence\\_machines\\_Whittaker.pdf](https://ekfe.ker.sch.gr/BooksJournals/Gray_J_1890_Electrical_influence_machines_Whittaker.pdf)
- [3] de Queiroz, A.C.M. 2019. Variations of the doubler of electricity. Physics Education 54(3), p. 035019.
- [4] Lüttgens, G., Lüttgens, S. and Schubert, W. 2017. Static Electricity: Understanding, Controlling, Applying. John Wiley & Sons.
- [5] Aguilar, H.M. 2014. The Wimshurst machine as an electric circuit. Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol 8(1), p. 100.,  
[https://ekfe.ker.sch.gr/BooksJournals/The\\_Wimshurst\\_machine\\_as\\_an\\_electric\\_circuit.pdf](https://ekfe.ker.sch.gr/BooksJournals/The_Wimshurst_machine_as_an_electric_circuit.pdf)
- [6] Ivanov, D. and Nikolov, S. 2016. Electrostatics experiments with sharp metal points. Physics Education 51(6), p. 065019.
- [7] Burgo, T.A., Silva, C.A., Balestrin, L. and Galembeck, F. 2013. Friction coefficient dependence on electrostatic tribocharging. Scientific reports 3(1), pp. 1–8.

## Σημειώσεις

- 1) <https://el.wikipedia.org/wiki/Ηλεκτρισμός>
- 2) [https://en.wikipedia.org/wiki/Brush\\_discharge](https://en.wikipedia.org/wiki/Brush_discharge)

## Βιογραφικό συγγραφέως

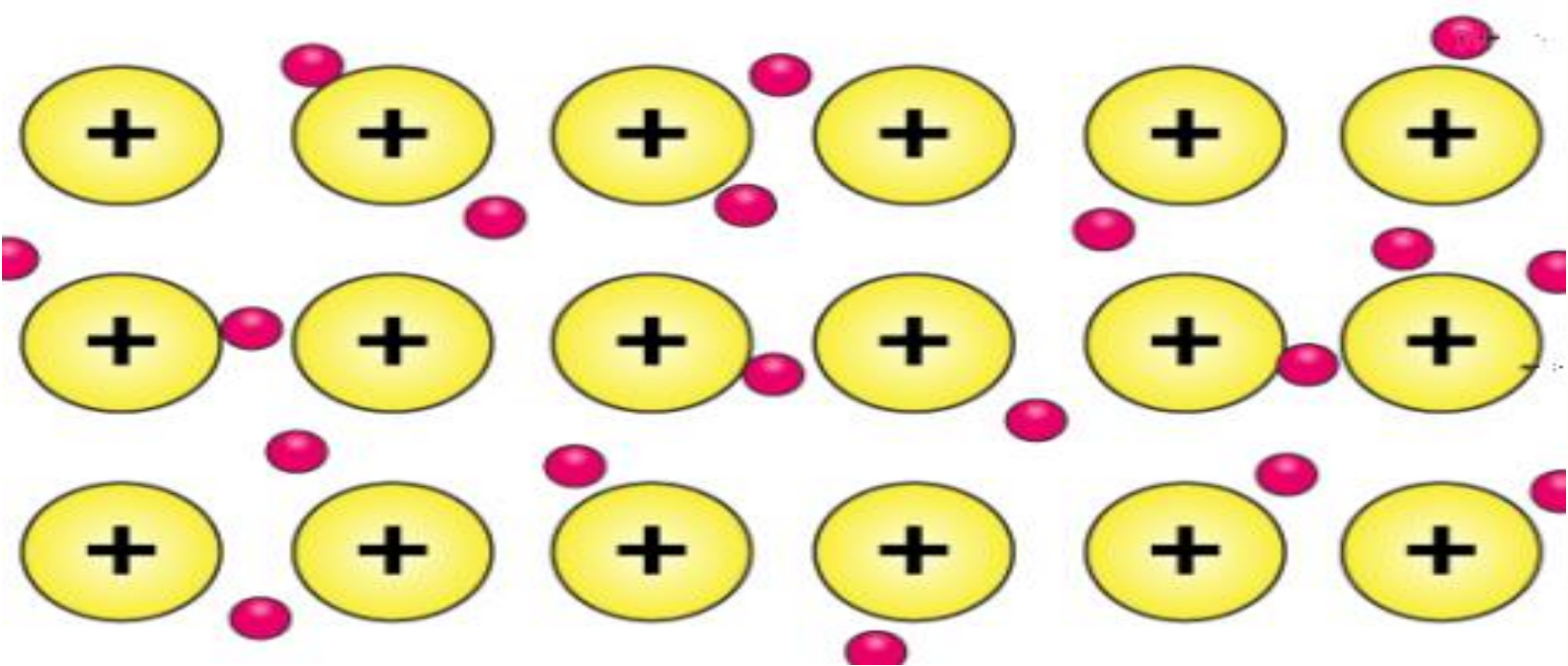


Ο Ευάγγελος Βάρθης είναι πρώην συνεργάτης στο Ε.Κ.Φ.Ε. Κέρκυρας, σπούδασε Φυσική στο Πανεπιστήμιο Ιωάννινων, και εκπόνησε Διδακτορική Διατριβή στη Σχολή Επιστήμης της Πληροφορίας και Πληροφορικής του Ιόνιου Πανεπιστημίου. Τα ερευνητικά του ενδιαφέροντα είναι η πειραματική φυσική, αλγόριθμοι, προγραμματισμός και μέθοδοι διασύνδεσης πληροφορίας.

## Ευχαριστίες

*Θα ήταν αγνωμοσύνη να μην απευθύνω ευχαριστίες στον αγαπητό συνάδελφο και «δάσκαλο» μου στα πειραματικά φαινόμενα και τις πειραματικές κατασκευές Παναγιώτη Μουρούζη. Η εκτενής συζήτηση και οι πειραματικές επαληθεύσεις που πραγματοποιήσαμε σε ευρύ φάσμα ηλεκτροστατικών φαινομένων και ειδικότερα για την κατανόηση λειτουργίας της μηχανής Wilmshurst είναι ανεκτίμητη. Χωρίς την βοήθεια του το άρθρο αυτό δεν θα είχε πραγματοποιηθεί, από καρδιάς τον ευχαριστώ.*





## Με πειράματα ηλεκτρισμού ανακαλύπτουμε τη δομή της ύλης: μια διαθεματική διδακτική πρόταση

*Αναστασία Γκιγκούδη*  
Υπεύθυνη Ε.Κ.Φ.Ε. Τούμπας  
[tgigoudi@gmail.com](mailto:tgigoudi@gmail.com)

*Αγαθονίκη Μαμζερίδου*  
Τέως συνεργάτιδα Ε.Κ.Φ.Ε. Κέντρου  
[niki.mamzeridou@gmail.com](mailto:niki.mamzeridou@gmail.com)

### Περίληψη

Στη διδακτική αυτή πρόταση οι μαθητές/τριες θα ταυτοποιήσουν το είδος των δομικών σωματιδίων και τον χημικό δεσμό, με τον οποίο συνδέονται αυτά, σε συγκεκριμένα υλικά. Η ταυτοποίηση γίνεται μέσα από πειραματικές δραστηριότητες, που σχετίζονται με το κεφάλαιο του ηλεκτρισμού. Για τον σκοπό αυτό οι μαθητές κατασκευάζουν ένα ηλεκτρικό κύκλωμα από τα «στοιχεία» του, ταξινομούν υλικά σε αγωγούς και μονωτές και κατόπιν παρασκευάζουν διαλύματα τριών ουσιών και ελέγχουν την αγωγιμότητά τους. Στο τέλος ερμηνεύουν τα πειραματικά αποτελέσματα και μέσα από ανακατασκευασμένα κείμενα βρίσκουν, σε κάθε περίπτωση, τους φορείς του ηλεκτρικού ρεύματος, καθώς και το είδος του χημικού δεσμού.

**Λέξεις Κλειδιά:** Δομικά σωματίδια, χημικός δεσμός, αγωγιμότητα, παρανοήσεις

## Εισαγωγή

Οι μαθητές/τριες του Γυμνασίου διδάσκονται για τα δομικά σωματίδια της ύλης και τον τρόπο που αυτά συνδέονται μεταξύ τους στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών. Συγκεκριμένα στο μάθημα Χημείας της Β΄ Τάξης οι μαθητές/τριες μετά από μακροσκοπικές παρατηρήσεις καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι χημικές ενώσεις αποτελούνται από απλούστερες ουσίες τα “χημικά στοιχεία” που δεν διασπώνται.

Σύμφωνα με την ατομική θεωρία που διδάσκονται μετά την διενέργεια των πειραμάτων μαθαίνουν ότι όλες οι ουσίες αποτελούνται από άτομα που ενώνονται μεταξύ τους και σχηματίζουν μόρια.

Μετά την αναφορά ιστορικών περαμάτων (Curie, Rutherford) εισάγονται στην υποατομική δομή, διδάσκεται ο υποατομικός τρόπος σχηματισμού ιόντων και πειραματικά αποδεικνύεται ότι ορισμένα υλικά βρίσκονται στα διαλύματά τους σε μορφή ιόντων [1].

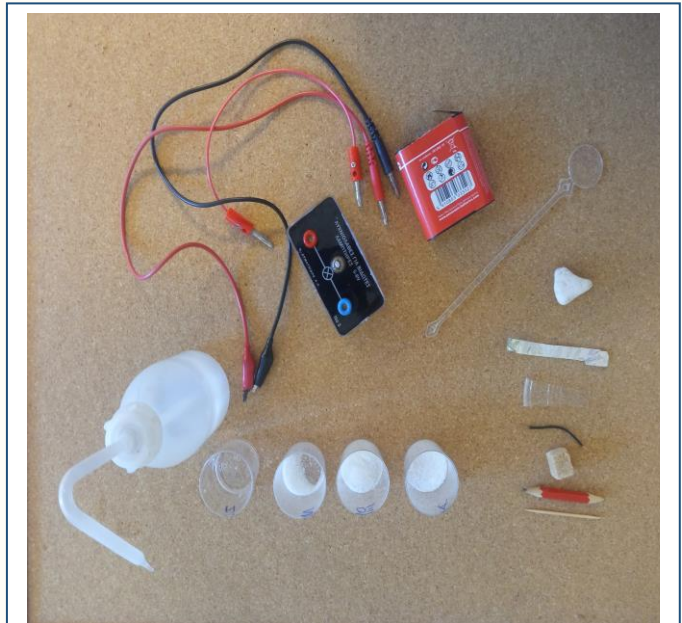
Στο μάθημα της Φυσικής της Γ΄ Γυμνασίου οι μαθητές/τριες εισάγονται με απλές πειραματικές δραστηριότητες στην έννοια του ηλεκτρικού φορτίου και, μέσα από αναφορές σε ιστορικά πειράματα, στην υποατομική δομή. Κατόπιν τούτου, μπορούν να ερμηνεύσουν τη φόρτιση των σωμάτων με διάφορους τρόπους με την μετακίνηση των ηλεκτρονίων. Με βάση την υποατομική δομή των μετάλλων μπορούν να εξηγήσουν την αγωγιμότητά τους και έτσι εισάγονται στην έννοια του ηλεκτρικού ρεύματος [2].

Στη Χημεία της Γ΄ Γυμνασίου οι μαθητές/τριες διαπιστώνουν τις ιδιότητες των οξέων (μακροσκοπικό επίπεδο) και οι οποίες ερμηνεύονται με τη θεωρία του Arrhenius (μικροσκοπικό επίπεδο). Το ίδιο γίνεται και στις βάσεις. Στη διδακτική ενότητα του Περιοδικού Πίνακα οι μαθητές/τριες για πρώτη φορά εμβαθύνουν στη δομή του ατόμου, την κατανομή των ηλεκτρονίων σε στιβάδες και κατανοούν ότι οι ιδιότητες των χημικών στοιχείων εξαρτώνται από τον αριθμό των ηλεκτρονίων της τελευταίας στιβάδας. Στον άνθρακα οι διαφορές στις φυσικές ιδιότητες των διαφορετικών μορφών του (διαμάντι, γραφίτης) εντοπίζονται και εξηγούνται από τον διαφορετικό τρόπο που συνδέονται τα άτομα μεταξύ τους. Στους υδρογονάνθρακες για πρώτη φορά εμφανίζεται η λέξη «δεσμός» και, μόνο συμβολικά, μπορούν να δουν τη διαφορά απλού-διπλού δεσμού. Σχεδόν σε όλες τις ενότητες, πρώτα γίνεται ένα πείραμα,

μία παρατήρηση ενός φαινομένου και κατόπιν αυτά ερμηνεύονται με βάση κάποια θεωρία ή άλλες επιστημονικές ανακαλύψεις [3].

Κι ενώ στα μαθήματα του Γυμνασίου προηγείται το πείραμα και η παρατήρηση δηλαδή οι μακροσκοπικές παρατηρήσεις, στη Χημεία της Α΄ Λυκείου πρώτα δίνεται ένας ορισμός για το χημικό δεσμό, κατόπιν ο σχηματισμός του προσεγγίζεται με τον κανόνα των οκτώ και στο τέλος αναφέρονται οι ιδιότητες των ενώσεων που προκύπτουν [4].

Η διδασκαλία με έμφαση στον τρόπο δημιουργίας των δύο ειδών δεσμών (ιοντικός-ομοιοπολικός) με συμπλήρωση της οκτάδας των ηλεκτρονίων οδηγεί



Εικόνα 1. Υλικά για τις πειραματικές δραστηριότητες.



Εικόνα 2. Κατασκευή και έλεγχος λειτουργίας ηλεκτρικού κυκλώματος.

τους/τις μαθητές/τριες σε λανθασμένες ερμηνείες και παρανοήσεις. Έτσι οι μαθητές/τριες

- έχουν εσφαλμένο και ακατάλληλο σκεπτικό σχετικά με την αιτία που δημιουργείται ο δεσμός
- αγνοούν κάποιες περιπτώσεις δεσμού αν δεν ταιριάζουν με την περιγραφή “συνεισφορά ηλεκτρονίων” ή “μεταφορά ηλεκτρονίων”
- δεν μπορούν να κατανοήσουν τα ενδιάμεσα είδη δεσμών (πολωμένος δεσμός) και συχνά λαμβάνουν υπόψη μόνο την περίπτωση του ιοντικού και του ομοιοπολικού δεσμού
- βλέπουν όλους τους δεσμούς να περιλαμβάνουν διακριτά μόρια και δεν κατανοούν τη φύση του ιοντικού και του μεταλλικού δεσμού καθώς και τις «γιγάντιες» ομοιοπολικές δομές (γραφίτης, διαμάντι κλπ.) [5].

## Διδακτική πρόταση

Η διδακτική πρόταση που προτείνεται στηρίζεται στις απόψεις των Taber και Lee – Cheng. Ο Keith Taber προτείνει μία συγκεκριμένη σειρά διδασκαλίας των χημικών δεσμών σε στερεές δομές. Ξεκινά τη διδασκαλία από τα μέταλλα, συνεχίζει με τις ιοντικές δομές, κατόπιν με τις γιγάντιες ομοιοπολικές δομές και τέλος με τις απλές μοριακές δομές. Η διδασκαλία και η εξήγηση των δεσμών σε όλες τις δομές στηρίζεται σε ηλεκτροστατικές έλξεις [5]. Οι Ray Lee και Maurice M. W. Cheng, στη διδακτική τους πρόταση, ξεκινούν τη διδασκαλία με τις ιδιότητες των ουσιών σε μακροσκοπικό επίπεδο. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι δομές σε υποατομικό επίπεδο και οι ηλεκτροστατικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δομικών συστατικών για να εξηγήσουν τις ιδιότητες. Η κυρίαρχη ιδέα στη διδασκαλία είναι οι ηλεκτροστατικές δυνάμεις και όχι

### Κατασκευή ηλεκτρικού κυκλώματος και έλεγχος λειτουργίας (Συνολικός χρόνος δραστηριότητας 15')

-Θυμηθείτε τι είναι το **ηλεκτρικό ρεύμα** και το **ηλεκτρικό κύκλωμα** και κατόπιν σκεφτείτε πώς θα συνδέσετε μπαταρία, λαμπάκι σε βάση, και 3 καλώδια (2 καλώδια μπανάνα-κροκοδειλάκι και 1 καλώδιο μπανάνα-μπανάνα) ώστε να σχηματίσετε ένα κύκλωμα.

- Αφού συζητήσετε με την ομάδα σας, καταγράψτε τις σκέψεις σας και κατόπιν βρείτε έναν τρόπο για να διαπιστώσετε αν η συνδεσμολογία που σκεφήκατε είναι σωστή (5')

.....  
-Συζήτηση στην τάξη (5')

- Κατασκευάστε τώρα το κύκλωμα (5')
- Τι άλλαξε από τις αρχικές σας απόψεις;

Εικόνα 3. Εισαγωγική δραστηριότητα από το φύλλο εργασίας.

αυτό που συμβαίνει στα ηλεκτρόνια για να σχηματιστούν οι δεσμοί (μεταφορά ηλεκτρονίων, συνεισφορά ηλεκτρονίων ή ο σχηματισμός μιας θάλασσας ηλεκτρονίων) [6].

## Μεθοδολογία

Οι μαθητές/τριες, προκειμένου να ταυτοποιήσουν το είδος των δομικών σωματιδίων και των χημικών δεσμών που υφίστανται σε κατάλληλα επιλεγμένα στερεά υλικά **Εικόνα 1**, πραγματοποιούν πειραματικές δραστηριότητες

### Ταξινόμηση στερεών υλικών με βάση την αγωγιμότητα (Συνολικός χρόνος δραστηριότητας 20')

-**Αγωγοί** είναι τα σώματα που επιτρέπουν να περάσει το ηλεκτρικό ρεύμα μέσα από τη μάζα τους, ενώ **μονωτές** τα σώματα που δεν επιτρέπουν να περάσει το ηλεκτρικό ρεύμα μέσα από τη μάζα τους. Σας δίνονται στερεά σώματα κατασκευασμένα από διάφορα υλικά: πέτρα από ορυκτό αλάτι, κύβος ζάχαρης, χάλκινο σύρμα, κομμάτι πλαστικού, λωρίδα αλουμινοχαρτου, γραφίτης (μολύβι με δύο «μύτες»), ξύλινη οδοντογλυφίδα.

- Αφού συζητήσετε με την ομάδα σας, προβλέψτε ποια από τα σώματα που δίνονται είναι αγωγοί και ποια μονωτές και σχεδιάστε με ποιο τρόπο θα το διαπιστώσετε πειραματικά. Καταγράψτε τις σκέψεις σας. (3')

-Συζήτηση στην τάξη (5')

- Συνδέστε κατάλληλα το κύκλωμα με το κάθε σώμα και μετά τη δοκιμασία κατατάξτε τα υλικά σε αγωγούς και μονωτές συμπληρώνοντας τον διπλανό πίνακα. (5')

| Αγωγοί | Μονωτές |
|--------|---------|
|        |         |

- Τι άλλαξε από την πρόβλεψή σας;

- Σκεφτείτε πού μπορεί να οφείλεται γενικά η αγωγιμότητα των σωμάτων. Καταγράψτε τη σκέψη σας. (2')

-Συζήτηση στην τάξη. (5')

Εικόνα 4. Πρώτη πειραματική δραστηριότητα στο φύλλο εργασίας.



για να ελέγξουν αν υπάρχουν φορείς του ηλεκτρικού ρεύματος.

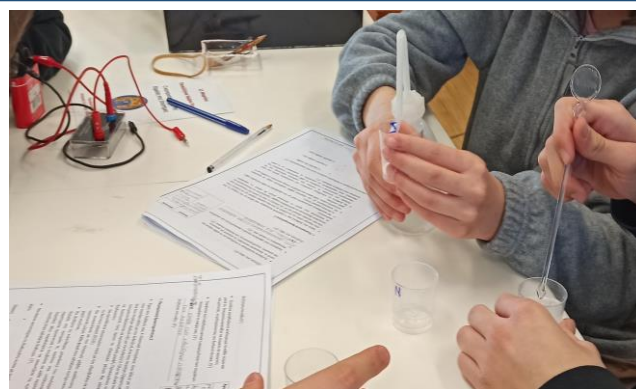
Σε καθεμία από τις τρεις πρώτες φάσεις, ανιχνεύονται οι αρχικές απόψεις των μαθητών/τριών, καταγράφονται στο φύλλο εργασίας, γίνεται συζήτηση στην τάξη, πραγματοποιείται η πειραματική δραστηριότητα και στο τέλος κάθε φάσης καταγράφονται οι νέες απόψεις. Στην επόμενη φάση οι μαθητές/τριες ερμηνεύουν τα αποτελέσματα των πειραματικών δραστηριοτήτων, στηριζόμενοι σε κατάλληλα διαμορφωμένα για την περίπτωση επιστημονικά κείμενα.

Στην **εισαγωγική δραστηριότητα** **Εικόνα 3**, οι μαθητές/τριες κάθε ομάδας ανακαλούν τις γνώσεις τους για το ηλεκτρικό κύκλωμα και το ηλεκτρικό ρεύμα, σχεδιάζουν τη συνδεσμολογία του με βάση τα διαθέσιμα υλικά, κατασκευάζουν το «δικό» τους κύκλωμα και ελέγχουν τη λειτουργία του, **Εικόνα 2**.

Στην **πρώτη πειραματική δραστηριότητα** **Εικόνα 4**, οι μαθητές/τριες ταξινομούν επτά στερεά υλικά σε αγωγούς και μονωτές. Αρχικά προβλέπουν και κατόπιν, κάνοντας χρήση του ηλεκτρικού κυκλώματος, επαληθεύουν ή απορρίπτουν την πρόβλεψή τους. Στο τέλος της δραστηριότητας τους ζητείται να υποθέσουν πού οφείλεται η αγωγιμότητα των υλικών.

Στην **δεύτερη πειραματική δραστηριότητα** οι μαθητές/τριες παρασκευάζουν διαλύματα τριών στερεών χημικών ενώσεων (μία ιοντική και δύο ομοιοπολικές), **Εικόνα 5** και ελέγχουν την αγωγιμότητά τους από την ένταση τους φωτοβολίας του λαμπτήρα του κυκλώματος.

Μετά τις πειραματικές δραστηριότητες, γίνεται η ερμηνεία των αποτελεσμάτων, **Εικόνα 6**, μέσα από «ανακατασκευασμένα κείμενα» και οπτικές αναπαραστάσεις, όπου περιγράφεται αυτό που συμβαίνει σε κάθε δομή σε υποατομικό επίπεδο και οι ηλεκτροστατικές δυνάμεις που αναπτύσσονται ανάμεσα στα δομικά σωματίδια των υλικών. Έτσι οι μαθητές/τριες μπορούν να εξηγήσουν τη συμπεριφορά των αγωγών, το είδος των δομικών σωματιδίων από τα



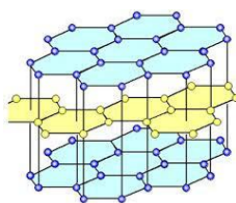
Εικόνα 5. Παρασκευή διαλυμάτων και έλεγχος της αγωγιμότητάς τους.

οποία αποτελούνται τα αγωγιμα και τα μη αγωγιμα υλικά, καθώς και το χημικό δεσμό που υφίσταται τους χημικές ενώσεις από την αγωγιμότητα των διαλυμάτων τους.

## Συμπεράσματα

Η διδακτική παρέμβαση πραγματοποιήθηκε σε Λύκειο της περιοχής της Ανατολικής Θεσσαλονίκης σε μαθητές της Α΄ τάξης, πριν διδαχθούν τους χημικούς δεσμούς. Είχε διάρκεια δύο διδακτικές ώρες, ολοκληρώθηκε μέσα στον προβλεπόμενο χρόνο και οι συμμετέχοντες έδειξαν ενδιαφέρον για όλες τις δραστηριότητες. Σε κάθε δραστηριότητα, οι ομάδες ακολουθούσαν τη δομή του φύλλου εργασίας. Από τα συμπληρωμένα φύλλα εργασίας φάνηκε ότι οι αρχικές

### Δ. Ερμηνεία αποτελεσμάτων- Θεωρητικό υπόβαθρο (Συνολικός χρόνος δραστηριότητας 10'+20'+5')



**Δ1.** Τα **μέταλλα** αποτελούνται από άτομα από τα οποία τα ηλεκτρόνια τη τελευταία στιβάδα μπορούν εύκολα να αποσπαστούν οπότε σχηματίζεται ένα «νέφος ηλεκτρονίων» που κινείται ανάμεσα στα ακίνητα θετικά ιόντα που έχουν προκύψει. Η έλξη αυτή ανάμεσα στα ηλεκτρόνια και τα θετικά ιόντα ονομάζεται **μεταλλικός δεσμός** και είναι αυτός που δίνει τις χαρακτηριστικές ιδιότητες στα μέταλλα.

Ο **γραφίτης** είναι ορυκτή μορφή του άνθρακα. Το όνομά του προέρχεται από το αρχαίο ελληνικό γράφει λόγω της ιδιότητάς του να βάζει όταν τρίβεται σε μαλακή επιφάνεια. Τα άτομα του άνθρακα σχηματίζουν επίπεδα «φύλλα», με δεσμούς πολύ ισχυρούς μεταξύ των ατόμων του ίδιου φύλλου, οι δεσμοί, όμως μεταξύ των φύλλων είναι ασθενείς. Κάθε άτομο σχηματίζει **ομοιοπολικούς δεσμούς** με τρία άλλα άτομα άνθρακα, σε ένα επίπεδο σχηματίζοντας εξαγωνικούς δακτυλίους, ενώ το ένα από τα τέσσερα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στιβάδας κάθε ατόμου άνθρακα συμμετέχει στον σχηματισμό νέφους ηλεκτρονίων που μπορεί να κινείται εύκολα ανάμεσα στα «φύλλα».

- Μετά από τη γνώση που αποκτήσατε για τα υλικά αυτά, συζητήστε με την ομάδα σας και εξηγήστε γιατί στην πειραματική δραστηριότητα 1 τα μέταλλα και ο γραφίτης είναι τα μόνα στερεά που άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα; (5')

- Συζήτηση στην τάξη (5')

Εικόνα 6. Ερμηνεία αποτελεσμάτων πειραματικών δραστηριοτήτων στο φύλλο εργασίας.

προβλέψεις των μαθητών/τριών αναθεωρήθηκαν από τους ίδιους με βάση τα πειραματικά αποτελέσματα. Η πρόβλεψή τους για τα υλικά που είναι αγωγοί είναι διαφορετική από αυτό που διαπιστώνουν στην πειραματική δραστηριότητα. Ακόμη, διαπιστώθηκε η δυσκολία που έχει ένα μικρό ποσοστό μαθητών να κατανοήσει κείμενα με αφηρημένες έννοιες και να ερμηνεύσει τα πραγματικά γεγονότα με βάση τα κείμενα.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση μοιράστηκαν ερωτηματολόγια με ερωτήσεις σχετικές με το αντικείμενο. Το ίδιο ερωτηματολόγιο μοιράστηκε στους μαθητές ενός τμήματος του σχολείου που πραγματοποίησε την διδασκαλία με τον κλασικό τρόπο και χωρίς πειραματικές δραστηριότητες. Μια σύντομη επεξεργασία των ερωτηματολογίων έδειξε ότι ο μέσος όρος της βαθμολογίας ήταν καλύτερος στους μαθητές που εφαρμόστηκε η παρέμβαση. Επιπλέον οι ερωτήσεις στις οποίες απάντησε σωστά μεγαλύτερος αριθμός μαθητών από αυτούς που εργάστηκαν πειραματικά σε σχέση με το ποσοστό των μαθητών της κλασικής διδακτικής προσέγγισης είχαν σχέση με τις μακροσκοπικές παρατηρήσεις.

**Οι ερωτήσεις αυτές ήταν οι παρακάτω:**

1. Το ορυκτό αλάτι είναι αγωγός του ηλεκτρισμού. Σωστό ή λάθος.
2. Το απιονισμένο νερό είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού. Σωστό ή λάθος.
3. Τα οξέα είναι ομοιοπολικές ενώσεις. Στο διάλυμα ενός οξέος αυτό βρίσκεται σε μορφή ιόντων, μορίων ή ιόντων και μορίων; Υπογραμμίστε τη σωστή απάντηση.

Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι η διδακτική πρόταση για τη διδασκαλία της δομής της ύλης και των χημικών δεσμών με χρήση πειραμάτων από το κεφάλαιο του ηλεκτρισμού οδηγεί σε μεγαλύτερη κατανόηση αυτών των εννοιών.

## Βιβλιογραφικές Αναφορές

- [1]. Αβραμιώτη Σ., Αγγελοπούλου Β., Καπελώνη Γ., Σιγιάλια Π., Σπαντίδη Δ., Τρικαλίτη Α., Φίλιου Γ. *ΧΗΜΕΙΑ Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ*. Έκδοση ΙΤΥΕ «Διόφαντος».
- [2]. Ν. Αντωνίου, Π. Δημητριάδης, Κ. Καμπούρης, Κ. Παπαμιχάλης, Λ. Παπασιμίπα. *ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ*. Έκδοση ΙΤΥΕ «Διόφαντος».
- [3]. Θεοδωρόπουλου Π., Παπαθεοφάνους Π., Σιδέρη Φ. *ΧΗΜΕΙΑ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ*. Έκδοση ΙΤΥΕ «Διόφαντος».
- [4]. Σ. Λιοδάκη, Δ. Γάκη, Δ. Θεοδωρόπουλου, Π. Θεοδωρόπουλου, Αν. Κάλλη. *ΧΗΜΕΙΑ Α' ΛΥΚΕΙΟΥ*. Έκδοση ΙΤΥΕ «Διόφαντος».
- [5]. Taber, K. S., & Coll, R. K. *Chemical bonding*. *Chemical Education: Research-based Practice 2002* (pp. 213-234), [https://doi.org/10.1007/0-306-47977-X\\_10](https://doi.org/10.1007/0-306-47977-X_10).
- [6]. Lee, R. & Cheng, Maurice M. W. *The Relationship Between Teaching and Learning of Chemical Bonding and Structures*. *Topics and Trends in Current Science Education: 9th ESERA Conference Selected Contributions 2014*, [https://doi.org/10.1007/978-94-007-7281-6\\_25](https://doi.org/10.1007/978-94-007-7281-6_25).

## Πρόσθετο υλικό

Φύλλο εργασίας:

[ΦΕ. ΜΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΟΥΜΕ ΤΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΎΛΗΣ](#)

Ερωτηματολόγιο:

[ΕΡ. ΜΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΟΥΜΕ ΤΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΎΛΗΣ](#)

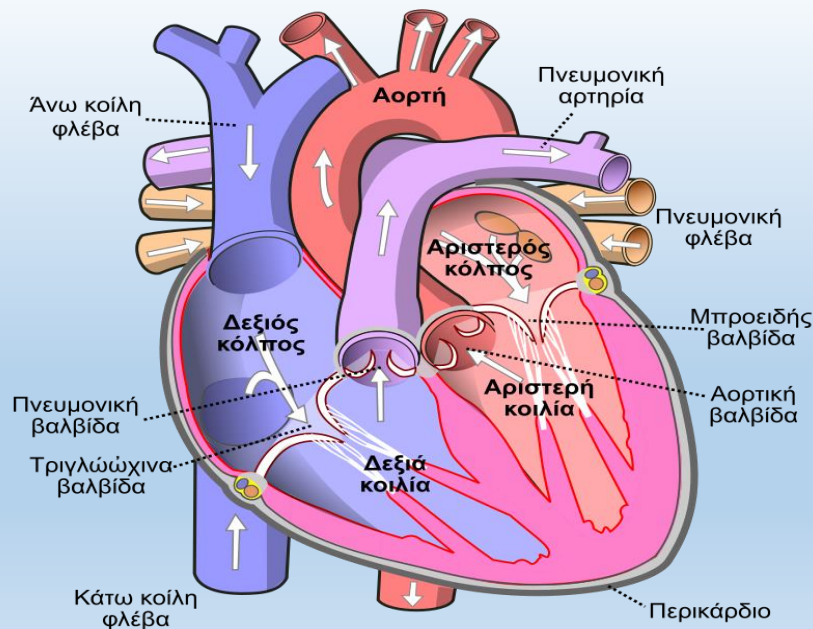
## Βιογραφικά συγγραφέων



Η **Αναστασία Γκιγκούδη** σπούδασε Χημεία στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, είναι κάτοχος μεταπτυχιακού διπλώματος στη Διδακτική της Χημείας και τις Νέες Εκπαιδευτικές Τεχνολογίες, εργάζεται στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση και από το 2013 στο Εργαστηριακό Κέντρο Φυσικών Επιστημών Τούμπας. Στα ενδιαφέροντα της κυριαρχεί η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με πειραματικές δραστηριότητες χρησιμοποιώντας απλά υλικά και καθημερινές δραστηριότητες.



Η **Αγαθονίκη Μαμζερίδου** σπούδασε Φυσική στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Είναι κάτοχος μεταπτυχιακού διπλώματος στη Ραδιοηλεκτρολογία. Εργάζεται στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση από το 2001. Την σχολική χρονιά 2022-2023 υπήρξε συνεργάτης του Ε.Κ.Φ.Ε. Κέντρου.



# Προσομοιώνοντας τη λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος και της σύστασης του αίματος

*Ελευθερία Παπαδέλη*

2<sup>ο</sup> ΓΕΛ Κοζάνης & Ε.Κ.Φ.Ε. Κοζάνης

[eripapadeli@gmail.com](mailto:eripapadeli@gmail.com)

## Περίληψη

Η διδακτική παρέμβαση που περιγράφεται αξιοποιεί τις αρχές της βιωματικής, της συνεργατικής και της “κινητής” μάθησης (“mobile learning”). Σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε στο Ε.Κ.Φ.Ε. (Εργαστηριακό Κέντρο Φυσικών Επιστημών) Κοζάνης στο πλαίσιο μαθητικών επισκέψεων και στο 2ο Γ.Ε.Λ. Κοζάνης στο πλαίσιο του μαθήματος της βιολογίας τον Απρίλιο-Μάιο του σχολικού έτους 2021-2022, Απρίλιο-Μάιο του σχολικού έτους 2022-2023 και Απρίλιο-Μάιο του σχολικού έτους 2023-2024. Μέσω της παρέμβασης οι μαθητές/μαθήτριες που συμμετείχαν κλήθηκαν να πραγματοποιήσουν εργαστηριακές ασκήσεις και hands-on δραστηριότητες σχετικές με το κυκλοφορικό σύστημα. Γενικά, από την παρατήρηση της εργασίας των μαθητών/μαθητριών κατά τη διάρκεια της παρέμβασης, από τις επιδόσεις τους στις διαδραστικές ασκήσεις αλλά και από τα ερωτηματολόγια που συμπλήρωσαν προκύπτει το συμπέρασμα ότι επιτεύχθηκαν οι στόχοι που τέθηκαν εξαρχής.

**Λέξεις Κλειδιά:** κυκλοφορικό σύστημα, κινητή μάθηση, συνεργατική μάθηση





Εικόνα 1. Προσομοιώνοντας τη σύσταση του αίματος.

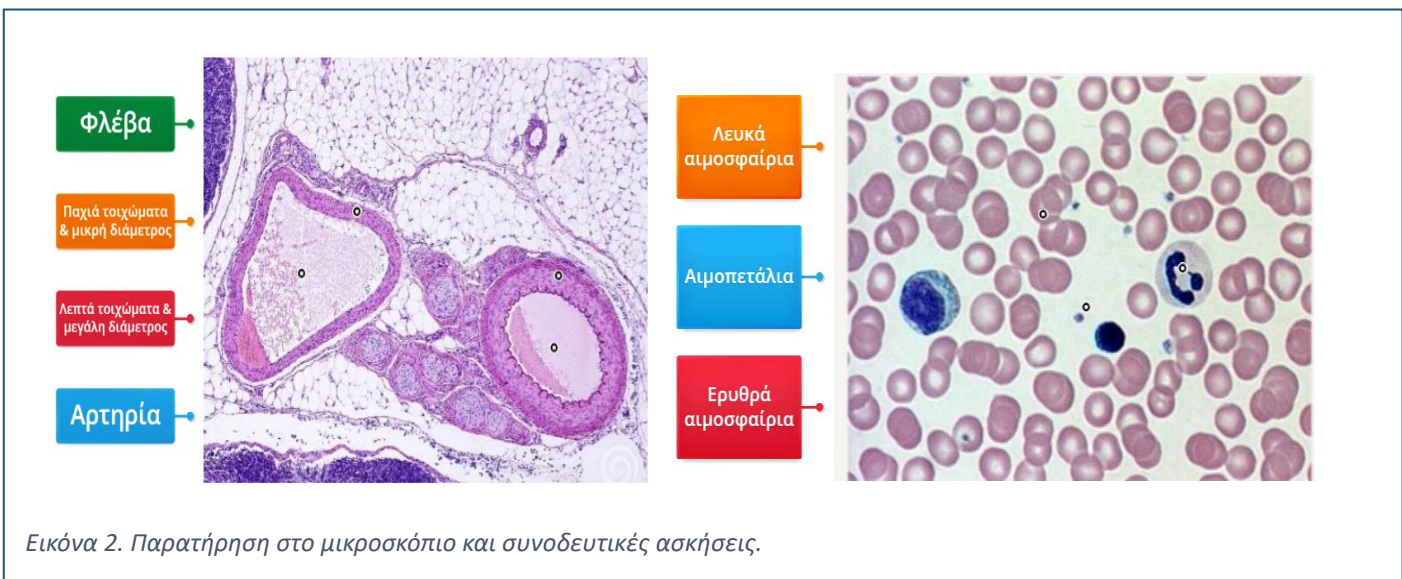
### Εισαγωγή

Το άρθρο περιγράφει μια διδακτική πρόταση διάρκειας δύο διδακτικών ωρών που σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε τα τελευταία 3 σχολικά έτη στο Ε.Κ.Φ.Ε. Κοζάνης στο πλαίσιο επισκέψεων μαθητών/μαθητριών της Α΄ Γυμνασίου και στο 2ο Γ.Ε.Λ. Κοζάνης στο πλαίσιο της διδασκαλίας της ενότητας για το κυκλοφορικό σύστημα της βιολογίας της Α΄ Λυκείου.

Κατά την υλοποίηση της διδακτικής παρέμβασης αξιοποιήθηκαν οι αρχές της βιωματικής μάθησης, της “κινητής μάθησης” (mobile learning) και της εργασίας σε ομάδες. Η χρήση κινητών συσκευών για εκπαιδευτικούς σκοπούς προέκυψε ως αποτέλεσμα της διαδεδομένης χρήσης της τεχνολογίας και της ανάγκης για εύκολη πρόσβαση στην πληροφορία, οπουδήποτε και ανά πάσα στιγμή [1]. Κατά τη συνεργατική μάθηση οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες για την επίτευξη ενός κοινού σκοπού και ολοκληρώνουν το έργο τους χωρίς την άμεση επίβλεψη και παρέμβαση του εκπαιδευτικού [2].

Για την υλοποίηση της παρέμβασης οι μαθητές/μαθήτριες χωρίζονται σε πέντε ομάδες των 3-5 μαθητών. Κάθε ομάδα δουλεύει σε έναν πάγκο-σταθμό, στον οποίο υπάρχει μια ξεχωριστή δραστηριότητα, και περνά κυκλικά από όλους τους πάγκους. Με τον τρόπο αυτό λύνεται και το πρόβλημα που προκύπτει από την έλλειψη εξοπλισμού για όλες τις ομάδες στα Σχολικά Εργαστήρια Φυσικών Επιστημών (Σ.Ε.Φ.Ε.) και ενίοτε στα Ε.Κ.Φ.Ε.. Σε κάθε πάγκο υπάρχουν ταμπλέτες και φωτοτυπημένοι κωδικοί (QR codes). Οι μαθητές/μαθήτριες, αξιοποιώντας εφαρμογή (εργαλείο σάρωσης), εγκατεστημένη στην ταμπλέτα της ομάδας τους, σαρώνουν τους κωδικούς και οδηγούνται σε βιντεοσκοπημένες οδηγίες για τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσουν σε κάθε πάγκο-σταθμό και σε διαδραστικές ασκήσεις.

Μετά την ολοκλήρωση του σεναρίου αναμένεται οι μαθητές και οι μαθήτριες να εξοικειωθούν με τη σύσταση του αίματος, να περιγράψουν τη δομή και τη



Εικόνα 2. Παρατήρηση στο μικροσκόπιο και συνοδευτικές ασκήσεις.

**Πίνακας 1.** Απαντήσεις σε ποσοστά επί τοις εκατό (%) στις ερωτήσεις κλειστού τύπου (ΔΑ=διαφωνώ απόλυτα, ΣΛ=συμφωνώ λίγο, ΣΑ=συμφωνώ αρκετά ΣΠ= συμφωνώ πολύ ΣΑ= συμφωνώ απόλυτα).

|  | ΔΑ | ΣΛ | ΣΑ | ΣΠ | ΣΑ |
|--|----|----|----|----|----|
| <b>Συμμετείχα στο μάθημα.</b>  |    | 6  | 25 | 25 | 44 |
| <b>Κατανόησα τις έννοιες του μαθήματος</b>   |    | 19 | 19 | 31 | 31 |
| <b>Το σημερινό μάθημα ανταποκρίθηκε στις προσδοκίες μου.</b>                                   |    | 13 | 25 | 31 | 31 |
| <b>Συνεργαστήκαμε καλά στην ομάδα μου.</b>   |    |    | 25 | 31 | 44 |
| <b>Η ομάδα μου ολοκλήρωσε τις δραστηριότητες.</b>  |    | 6  | 25 | 25 | 44 |
| <b>Θα ήθελα το μάθημα της βιολογίας στο σχολείο να συνοδεύεται από τέτοιες δραστηριότητες.</b> |    | 6  | 19 | 19 | 56 |

λειτουργία της καρδιάς, να διακρίνουν τις αρτηρίες από τις φλέβες, να εξασκηθούν στην παρατήρηση με το οπτικό μικροσκόπιο και την εφαρμογή οδηγιών, να αποκτήσουν δεξιότητες συνεργασίας και επικοινωνίας και να αποκτήσουν θετική στάση απέναντι στη βιολογία και τις φυσικές επιστήμες γενικότερα.

## Περιγραφή παρέμβασης

### Δραστηριότητα 1: Προσομοίωση των συστατικών του αίματος

Στον πρώτο πάγκο-σταθμό οι μαθητές/μαθήτριες ακολουθούν τις οδηγίες ενός διαδραστικού video, ώστε να προσομοιώσουν με απλά υλικά (π.χ. χρώματα ζαχαροπλαστικής, cheerios, marshmallows) τα συστατικά του αίματος. Μέσα από αυτή τη δραστηριότητα μαθαίνουν-θυμούνται ότι το υγρό του αίματος (πλάσμα) είναι κίτρινο, ότι τα έμμορφα συστατικά του αίματος είναι τα ερυθρά αιμοσφαίρια, τα λευκά αιμοσφαίρια και τα αιμοπετάλια, ότι το αίμα παίρνει το χρώμα του από τα ερυθρά αιμοσφαίρια και ότι τα ερυθρά αιμοσφαίρια είναι τα πολυπληθέστερα κύτταρα του αίματος, [Εικόνα 1](#).

### Δραστηριότητα 2: Παρατήρηση στο μικροσκόπιο

Στον δεύτερο πάγκο-σταθμό οι μαθητές/μαθήτριες παρατηρούν δύο μόνιμα παρασκευάσματα στο μικροσκόπιο: ένα παρασκεύασμα κυττάρων του αίματος κι ένα παρασκεύασμα τομής αρτηρίας και φλέβας, όπου φαίνεται καθαρά ότι οι αρτηρίες διαθέτουν παχύτερα τοιχώματα και μικρότερη διάμετρο, ενώ οι φλέβες λεπτότερα τοιχώματα και μεγαλύτερη διάμετρο. Μετά την ολοκλήρωση της παρατήρησης σαρώνουν QR codes, για να οδηγηθούν σε σύντομες διαδραστικές ασκήσεις σχετικές με αυτά που παρατήρησαν, [Εικόνα 2](#).

### Δραστηριότητα 3: Προσομοίωση της δομής του κυκλοφορικού συστήματος

Στον τρίτο πάγκο-σταθμό οι μαθητές/μαθήτριες παρατηρούν-προσομοιώνουν τη δομή του κυκλοφορικού συστήματος, ακολουθώντας τις οδηγίες ενός video, και υλοποιούν σύντομες διαδραστικές ασκήσεις. Στη δραστηριότητα αξιοποιείται η καρδιά από το πρόπλασμα του ανθρώπινου σώματος, που υπάρχει στα περισσότερα Σ.Ε.Φ.Ε., καθώς και μπλε και κόκκινες κορδέλες για προσομοίωση των φλεβών και των αρτηριών αντίστοιχα, [Εικόνα 4](#). Στόχος της συγκεκριμένης δραστηριότητας είναι οι μαθητές να μάθουν-θυμηθούν τη δομή της τετράχωρης καρδιάς του ανθρώπου καθώς και τη ροή του αίματος κατά τη μικρή και τη μεγάλη κυκλοφορία.

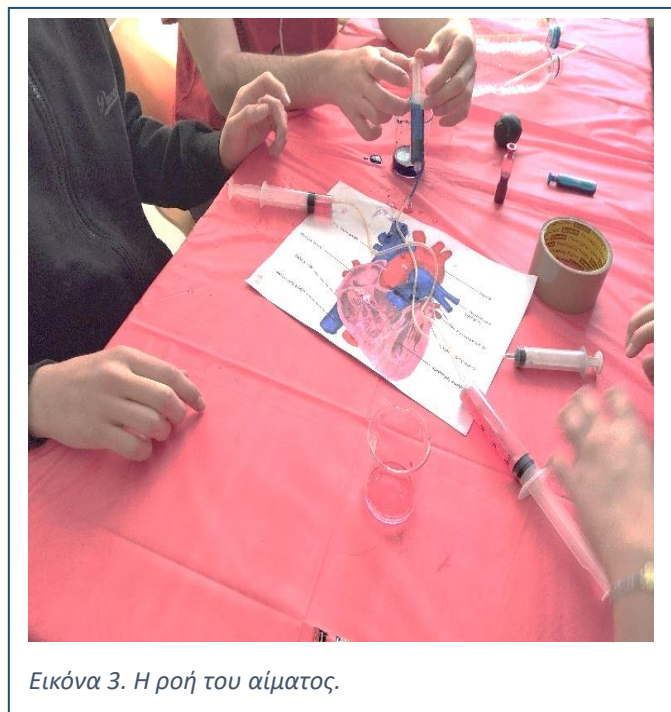
### Δραστηριότητα 4: Προσομοίωση της λειτουργίας της καρδιάς

Στον τέταρτο πάγκο-σταθμό οι μαθητές/μαθήτριες προσομοιώνουν τη λειτουργία της καρδιάς, ακολουθώντας τις οδηγίες ενός video, που στηρίχτηκε σε δημοσιευμένο video της Π.Ε.Β. στο κανάλι της στο YouTube [\[3\]](#). Μέσα από αυτή τη δραστηριότητα μαθαίνουν/θυμούνται ότι η καρδιά λειτουργεί ως μία αντλία, που στέλνει το αίμα από τους κόλπους προς τις κοιλίες και όχι αντίστροφα, [Εικόνα 5](#).

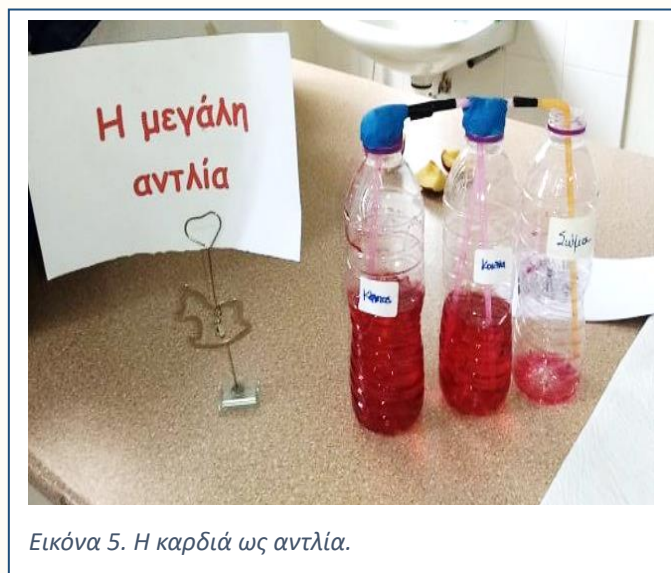




Εικόνα 4. Προσομοίωση της δομής του κυκλοφορικού συστήματος και διαδραστική άσκηση.



Εικόνα 3. Η ροή του αίματος.



Εικόνα 5. Η καρδιά ως αντλία.

### Δραστηριότητα 5: Προσομοίωση της ροής του αίματος

Στον πέμπτο πάγκο-σταθμό οι μαθητές/μαθήτριες προσομοιώνουν τη μικρή και τη μεγάλη κυκλοφορία με απλά υλικά (τέσσερις σύριγγες, νερό, μπλε και κόκκινο χρώμα ζαχαροπλαστικής, διαφανής σωλήνας σιλικόνης, φωτοτυπία καρδιάς, κόλλα), ακολουθώντας βιντεοσκοπημένες οδηγίες, [Εικόνα 5](#).

### Αποτελέσματα

Η παρέμβαση συνολικά υλοποιήθηκε με 13 τμήματα μαθητών/μαθητριών Α' Γυμνασίου και Α' Λυκείου, ήτοι 262 μαθητές & μαθήτριες. Στο τέλος της παρέμβασης οι μαθητές/μαθήτριες αξιολόγησαν την παρέμβαση μέσω φόρμας google. Στον [Πίνακα 1](#) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα στις ερωτήσεις κλειστού τύπου, όπου χρησιμοποιήθηκε 5-βαθμη κλίμακα Likert.

Στην ανοιχτή ερώτηση «Τι σου άρεσε περισσότερο» 27% απάντησαν ότι τους άρεσαν όλα. Στο 40% άρεσε περισσότερο η δραστηριότητα με το μικροσκόπιο (Δραστηριότητα 2), στο 6% η δραστηριότητα 5, στο 20% η δραστηριότητα 1 και στο 7% η δραστηριότητα 3. Αντιστοίχως, στην ανοιχτή ερώτηση «Τι θα άλλαζες/Τι δεν σου άρεσε;» 56% απάντησαν ότι δεν θα άλλαζαν κάτι, ενώ ένας/μία μαθητής/μαθήτρια απάντησε ότι δεν του/της άρεσε που λερώθηκε με τα χρώματα.

### Συμπέρασμα

Γενικά, από την παρατήρηση της εργασίας των μαθητών/μαθητριών κατά τη διάρκεια της παρέμβασης, από τις επιδόσεις τους στις διαδραστικές ασκήσεις αλλά

και από τα ερωτηματολόγια που συμπλήρωσαν προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι στόχοι επιτεύχθηκαν. Η επιτυχής διεξαγωγή της διδακτικής παρέμβασης οφείλεται ενδεχομένως στη συνεργατική και ταυτόχρονα βιωματική προσέγγιση που ακολουθήθηκε αλλά και στη χρήση της τεχνολογίας και της “κινητής μάθησης”.

## Βιβλιογραφικές Αναφορές

- [1] Talan, T. (2020). The Effect of Mobile Learning on Learning Performance: A Meta-Analysis Study, *Educational Sciences: Theory & Practice*, 20, (1), 79-103, <https://jestp.com/menuscript/index.php/estp/article/view/771>
- [2] Cohen, E. (1994). Restructuring the classroom: conditions for productive small groups. *Review of Educational Research*, 64 (1), 1-35, <https://journals.sagepub.com/doi/10.3102/00346543064001001>
- [3] Π.Ε.Β., *Γίνε βιολόγος για μία ημέρα- Η μεγάλη αντλία* <https://www.youtube.com/watch?v=PcxXRQc6FFA>

## Πρόσθετο υλικό

- Video προς αξιοποίηση στη δραστηριότητα 1 <https://tinyurl.com/videdr1>
- Διαδραστικές ασκήσεις προς αξιοποίηση στη δραστηριότητα 2 <https://tinyurl.com/wwbloodvessels>  
<https://tinyurl.com/wwbloodcells>

- Video προς αξιοποίηση στη δραστηριότητα 3 <https://tinyurl.com/videdr3>
- Διαδραστικές ασκήσεις προς αξιοποίηση στη δραστηριότητα 3 <https://tinyurl.com/wwdr1cs>  
<https://tinyurl.com/wwdr2cs>  
<https://tinyurl.com/wwdr3cs>
- Video προς αξιοποίηση στη δραστηριότητα 4 <https://tinyurl.com/videdr4>
- Video προς αξιοποίηση στη δραστηριότητα 5 <https://tinyurl.com/videdr5>

## Βιογραφικό συγγραφέως



Η Δρ. Παπαδέλη Ελευθερία είναι βιολόγος, μόνιμη εκπαιδευτικός από το 2008. Διετέλεσε υπεύθυνη του Ε.Κ.Φ.Ε. Κοζάνης (Μάρτιος 2019 έως Σεπτέμβριος 2022). Έκτοτε υπηρετεί στο 2ο ΓΕΛ Κοζάνης και ταυτόχρονα είναι αποσπασμένη στο Ε.Κ.Φ.Ε. Κοζάνης για δύο ημέρες την εβδομάδα. Είναι διδάκτωρ παιδαγωγικής του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Δυτ. Μακεδονίας. Κατέχει δύο μεταπτυχιακούς τίτλους σπουδών (στη Μοριακή Βιολογία και στην Προγεννητική Γενετική και Εμβρυϊκή Ιατρική). Είναι ενεργό μέλος της ΠΑΝ.Ε.Κ.Φ.Ε. και μέλος του Διοικητικού Συμβουλίου της Π.Ε.Β.





# Σχολική Σαπωνοποίηση:

για μικρούς (όχι για πολύ ακόμα) επιSTEAMονες

**Σταυρούλα Γατή**

Εκπαιδευτικός κλ.ΠΕ70,  
Δημοτικό Σχολείο Παπαδιανικών Λακωνίας  
[stevigati123@gmail.com](mailto:stevigati123@gmail.com)

**Ελένη Παλούμπα**

Εκπαιδευτικός κλ.ΠΕ04.02,  
Υπεύθυνη του Ε.Κ.Φ.Ε. Λακωνίας  
[elpaloumpa2@gmail.com](mailto:elpaloumpa2@gmail.com)

## Περίληψη

Η αναζήτηση τρόπων βελτίωσης της αποτελεσματικότητας της διδασκαλίας και προσαύξησης του ενδιαφέροντος των μαθητών συμβαδίζει με το ευσυνείδητο έργο του εκπαιδευτικού. Η εργαστηριακή δραστηριότητα της σαπωνοποίησης αποτελεί ενδιαφέρουσα, ελκυστική, διεπιστημονική και βιωματική δραστηριότητα περιβαλλοντικής αγωγής για την οικονομία και την αειφορία. Διαχρονικά υλοποιείται σε κατάλληλα εξοπλισμένους χώρους εργοστασίων σαπωνοποίησης και σε πρόσκαιρα οικιακά εργαστήρια. Συνυφασμένη με τεχνο-επιστημονικές, δημιουργικές, οικονομικές αλλά και λαογραφικές και καλλιτεχνικές παραμέτρους, γίνεται η αφορμή για την εφαρμογή του διδακτικού μοντέλου «STEAM» στο πλαίσιο των Εργαστηρίων Δεξιοτήτων της Στ΄ Δημοτικού. Πλαίσιο εφαρμογής του εγχειρήματος αποτελεί η ανακαλυπτική, διερευνητική και συνεργατική μάθηση μέσα από το πείραμα. Χώρος πιλοτικής διεξαγωγής της διαδικασίας που περιγράφεται στο άρθρο αυτό είναι η σχολική αίθουσα της Στ΄ τάξης του Δημοτικού Σχολείου Παπαδιανικών Λακωνίας.

**Λέξεις Κλειδιά:** σαπωνοποίηση, αειφορία, εργαστήρια δεξιοτήτων, STEAM



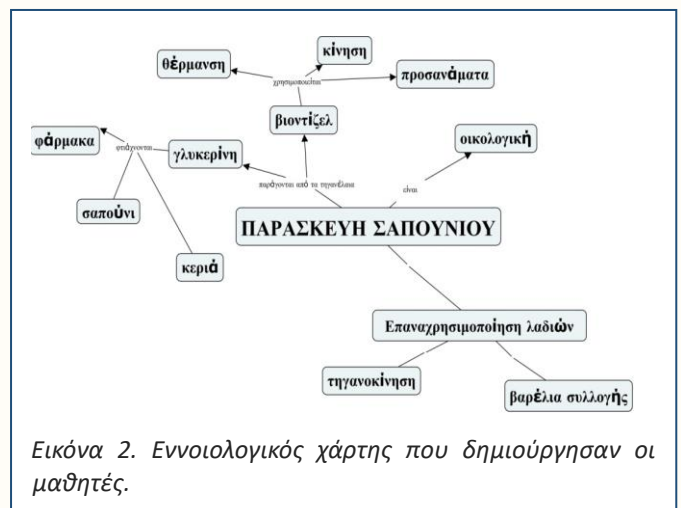
Εικόνα 1.Εισαγωγή στη Σαπωνοποίηση.

## Εισαγωγή

Οι δεξιότητες του 21ου αιώνα, των οποίων η συχνότητα εφαρμογής βαίνει αξιοσημείωτα αυξανόμενη στην ελληνική εκπαιδευτική πραγματικότητα, υποστηρίζονται εμφανώς στο συγκεκριμένο σχέδιο δράσης. Δεξιότητες μάθησης, επιχειρηματικότητας, κοινωνικής ζωής, συνεργασίας, τεχνολογίας, στρατηγικής σκέψης, δημιουργικότητας και παραγωγικότητας, καλλιεργούνται κι ενδυναμώνονται. Η ελιά, το ελαιόλαδο και τα παράγωγά του, πάντα εμπίπτουν στο ενδιαφέρον των σχολικών δραστηριοτήτων της ευρύτερης περιοχής της Λακωνίας, αλλά και πολλών άλλων αγροτικών περιοχών της Ελλάδας, δεδομένου ότι τα προϊόντα αυτά αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της τοπικής ανάπτυξης και της καθημερινότητας των κατοίκων. Ο Θεματικός Κύκλος των Εργαστηρίων Δεξιοτήτων της Στ' τάξης με τίτλο: Δημιουργώ και Καινοτομώ - Δημιουργική Σκέψη και Πρωτοβουλία [1], με την επιμέρους θεματική υποενότητα «STEAM», διασταυρώνεται διεπιστημονικά με τα μαθήματα της Γλώσσας, των Μαθηματικών, της Φυσικής και των Εικαστικών του Αναλυτικού Προγράμματος Σπουδών. Η συνεργασία του Δημοτικού Σχολείου Παπαδιανικών με το Εργαστηριακό Κέντρο Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Φ.Ε.) Λακωνίας, έφερε ως αποτέλεσμα στους μαθητές την παρακάτω διδακτική προσέγγιση, η οποία κατατίθεται ως δοκιμασμένη αξιόλογη διδακτική πρακτική, τόσο για το περιεχόμενο όσο και για την πολυθεματική της ευελιξία.

## Αφόρμηση

Ως αφόρμηση για το θέμα, χρησιμοποιείται το βίντεο με τίτλο «Τηγανοκίνηση - Το ημερολόγιο μιας μαθήτριάς!» [2], Εικόνα 1. Το βίντεο αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο συλλέγονται, επεξεργάζονται και ανακυκλώνονται τα τηγανέλαια καθώς και στο είδος των προϊόντων που μπορούν να προσφέρουν. Ακολουθεί συζήτηση κατά την οποία οι μαθητές αναφέρουν τις σχετικές εμπειρίες τους από το οικογενειακό τους περιβάλλον κι έπειτα δημιουργούν εννοιολογικό χάρτη με το ψηφιακό εργαλείο (CmapsTools) (Technology), Εικόνα 2. Σε αυτόν καταγράφονται οι βασικές έννοιες, οι λέξεις κλειδιά και οι σκέψεις που προκύπτουν από τον καταγιτισμό ιδεών και τη συζήτηση που έχει προηγηθεί. Με αυτόν τον τρόπο οι μαθητές εισάγονται στο θέμα, ευαισθητοποιούνται για την αναγκαιότητα ανακύκλωσης των χρησιμοποιημένων ελαίων, καλούνται να επιλύσουν ένα



Εικόνα 2. Εννοιολογικός χάρτης που δημιούργησαν οι μαθητές.



πρόβλημα και στη συνέχεια να δημιουργήσουν ένα προϊόν, συνδυάζοντας διεπιστημονικά διάφορους κλάδους.

## Κατάρτιση Σχεδίου Δράσης- Engineering

Σε επόμενο εργαστήριο, προβάλλεται ένα δεύτερο βίντεο με τίτλο «**Φτιάξε αγνό σπιτικό σαπουνι-ψυχρή μέθοδος**» [3], από το οποίο προκύπτει η ανάγκη χρήσης ενός πρωτοκόλλου βημάτων. Ακολουθεί χωρισμός σε ομάδες 3-4 ατόμων, μεικτών ως προς το φύλο και τις ικανότητες. Η κάθε ομάδα ορίζει διακριτούς ρόλους στα μέλη της. Οι ομάδες διατηρούνται ως το τέλος της δράσης. Με την καθοδήγηση της εκπαιδευτικού κάθε ομάδα απαντά σε ερωτήσεις σχετικές με τα απαιτούμενα υλικά, τα μέσα και τα εργαλεία, τις ποσότητες και την πηγή προμήθειας των υλικών, τους ενδεχόμενους κινδύνους και τους τρόπους αντιμετώπισης, τα ενδεδειγμένα μέτρα ασφάλειας, τη διαρρύθμιση της τάξης κλπ. Όλος ο σχεδιασμός καταγράφεται από τον υπεύθυνο μαθητή κάθε ομάδας.

Ενθαρρύνονται έτσι η περιέργεια, η έρευνα και η πρόκληση σχεδιασμού, θεμελιώνεται η μάθηση βάσει προβλημάτων και οικοδομούνται βασικές δεξιότητες (Engineering).

## Παρασκευή Σαπουνιού–STEM

Η διδακτική παρέμβαση για την εργαστηριακή δραστηριότητα της σαπωνοποίησης οργανώνεται χρονικά σε δύο μέρη και σε δύο διδακτικές ώρες αντίστοιχα:

Στο 1ο μέρος προβάλλεται ολιγόλεπτη σειρά διαφανειών μέσω της οποίας οι μαθητές ενημερώνονται για το θέμα, τον σκοπό και τους στόχους. Αξιοποιείται το υλικό της ηλεκτρονικής πλατφόρμας «**Φωτόδεντρο**», για την ιδιαιτερότητα της δομής του μορίου του σαπουνιού και την απορρυπαντική του λειτουργία. Αξιοποιούνται πλαστικά προσομοιώματα μορίων του σαπουνιού (δεκαεξανικού ή παλμιτικού νατρίου) και της γλυκερίνης. Ανιχνεύονται εναλλακτικές ιδέες των παιδιών, ενθαρρύνεται η συζήτηση, κατατίθενται νέες ιδέες και εξάγεται -προσαρμοσμένο στη βαθμίδα του δημοτικού- το βασικό επιστημονικό υπόβαθρο.

Παρουσιάζεται το παιγνιώδες σενάριο της δραστηριότητας, σύμφωνα με το οποίο ένα ζεύγος κερδοσκοπών σαπωνοποιών (Λάμπης και Σαπφώ Κρυψίνου) προσλαμβάνει ως υπαλλήλους του σαπωνοποιείου τους μαθητές της συγκεκριμένης τάξης, πλην όμως, το ζεύγος

λαμβάνει μέτρα για τη διατήρηση της μυστικότητας της πολύτιμης συνταγής. Γι' αυτό αυτή δίνεται αποσπασματικά, γραμμένη με γρίφους και, ποτέ σε έναν μόνο, αλλά σε δύο «υπαλλήλους», ώστε «να έχουν τα χέρια τέσσερα, τα μάτια δεκατέσσερα». Τα παιδιά, σε ζεύγη, φορούν εργαστηριακές μπλούζες, γυαλιά και γάντια και παραλαμβάνουν διαδοχικά τους φακέλους με τους γρίφους. Έτσι ακολουθούν τα «σωστά βήματα» της διαδικασίας σαπωνοποίησης, τα οποία στο τέλος καλούνται να διατυπώσουν ως ομάδα και ως ολομέλεια της τάξης τους για χάρη της συνεργασίας, της προόδου και της επιστήμης.

Στο 2ο μέρος της διδακτικής παρέμβασης, τα παιδιά αποκωδικοποιούν σταδιακά τις οδηγίες και τις υλοποιούν. Ζυγίζουν τα υλικά, θερμομετρούν, αναδεύουν, σχολιάζουν και συζητούν εποικοδομητικά. Συνεισφέρουν όλοι στη δημιουργία του τελικού προϊόντος, έτσι ώστε να το θεωρούν «δικό τους».

Η διάλυση του NaOH γίνεται από τον/την εκπαιδευτικό και όχι από τα παιδιά. Τονίζεται η επικινδυνότητα και συζητώνται τα μέτρα ασφαλείας γενικότερα. Ο/η εκπαιδευτικός έχει ρόλο κατά βάση συμβουλευτικό. Δίνει οδηγίες όπου απαιτείται. Επιβλέπει, υποστηρίζει, ενισχύει κι επιβραβεύει την προσπάθεια των μαθητών.

Ως προς την υλικοτεχνική υποδομή, οι μαθητές εργάστηκαν σε πρόσκαιρο εργαστήριο στη σχολική τους αίθουσα, μπορούν όμως να εργαστούν στο Σχολικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, αλλά και στο πλαίσιο εκπαιδευτικής επίσκεψης σε θεματικό μουσείο (π.χ. Μουσείο Ελιάς κι Ελληνικού Λαδιού στη Σπάρτη) ή στο οικείο Ε.Κ.Φ.Ε.

Ένας βιντεοπροβολέας αναβαθμίζει τη διδακτική διαδικασία. Σκεύη, όργανα και υλικά μπορούν να βρεθούν σχετικά εύκολα.

Κατά την υλοποίηση της εργαστηριακής άσκησης στη σχολική αίθουσα, το γυάλινο ποτήρι ζέσεως έχει αντικατασταθεί από μεταλλική κατσαρόλα και ο λύχνος Bunsen από ηλεκτρική εστία, για τον περιορισμό πιθανών ατυχημάτων.

Στις **κάρτες γρίφων** έχουν επιμεριστεί οι οδηγίες του φύλλου εργασίας, έτσι ώστε να ενδιαφερθεί και να ασχοληθεί ενεργά το σύνολο της τάξης. Βάσει των οδηγιών αυτών, οι μαθητές τελικά παρασκευάζουν σε πραγματικές συνθήκες το δικό τους σαπουνι, [Εικόνα 3](#).

Η αξιολόγηση είναι διακριτική και συνεχής, ενώ στο τέλος δίνεται σύντομο φύλλο αξιολόγησης, έντυπο ή ηλεκτρονικό (**ΚΑΗΟΟΤ**), αν στο σχολείο υπάρχουν

διαθέσιμες ηλεκτρονικές συσκευές. Αν όχι, με κατάλληλη προετοιμασία από τον/την εκπαιδευτικό, μπορεί να αξιοποιηθεί το ψηφιακό εργαλείο «Plickers».

Στο φύλλο αξιολόγησης αποτυπώνεται ο βαθμός επίτευξης των διδακτικών στόχων. Επιπλέον, οι μαθητές καλούνται να καταθέσουν τις θετικές ή/και αρνητικές εντυπώσεις τους και τις προτάσεις τους για βελτίωση του μαθήματος που παρακολούθησαν. Τέλος, καλούνται να συνεργαστούν στην κατεύθυνση της διάχυσης των αποτελεσμάτων και να συνθέσουν τα βήματα της «**μουσικής συνταγής**», όπως τα αποκωδικοποίησαν και τα υλοποίησαν.

## Συσκευασία-διαφήμιση

### Mathematics, Art, Technology, Engineering

Όταν το σαπούνι είναι έτοιμο προς χρήση, οι ομάδες κάνοντας τους απαραίτητους υπολογισμούς διαίρεσης της επιφάνειας σε ίσα ορθογώνια τμήματα (MATHS - σύνδεση με Μαθηματικά, τάξη Στ', Θεματική ενότητα 6η) και χρησιμοποιώντας κατάλληλα εργαλεία, χαράσσουν και κόβουν τα σαπούνια τους. Στη συνέχεια τα συσκευάζουν σε επιλεγμένη χάρτινη συσκευασία, την οποία και διακοσμούν επιμελώς, **Εικόνα 4**. Δίνουν όνομα και εικόνα – ζωγραφιά ως λογότυπο, ενώ δημιουργούν και ευφάνταστο σλόγκαν για το προϊόν τους. Σε αυτό το σημείο εμπλέκεται το μάθημα της Γλώσσας της Στ' τάξης και πιο συγκεκριμένα η ενότητα «Διατροφή» και η δημιουργία διαφήμισης. (Art)

## Αξιολόγηση – διάχυση

Πραγματοποιείται προφορική αξιολόγηση και διαμορφωτική συζήτηση κατά τη διάρκεια των επιμέρους δράσεων. Επίσης στο τέλος γίνεται γραπτή, ατομική αξιολόγηση.

Οι μαθητές/τριες παρουσιάζουν τα έργα τους σε άλλες τάξεις, προωθώντας την αξία της ανακύκλωσης, ενώ η δράση δημοσιοποιείται στην ιστοσελίδα και στα κοινωνικά δίκτυα του σχολείου. Η δράση εντάσσεται σε ένα διευρυμένο διδακτικό πρόγραμμα με τίτλο «Οι θησαυροί της Μεσογείου», το οποίο περιλαμβάνει θέματα όπως το αμπέλι, το ψωμί, το λάδι, και τη Μεσογειακή διατροφή. Περιλαμβάνει επίσης εκπαιδευτικές επισκέψεις και συνεργασίες με διάφορους φορείς, όπως το ΚΕΠΕΑ Μολάων και το Μουσείο Ελιάς κι Ελληνικού Λαδιού. Το πρόγραμμα υλοποιείται και μέσω e-twinning σε συνεργασία με σχολεία από την Ισπανία, την Ιταλία, την

Τουρκία και την Ιορδανία. Η δράση διαρκεί συνολικά 14 ώρες και εντάσσεται σε δύο ενότητες των Εργαστηρίων Δεξιοτήτων, συνδυάζοντας μαθήματα Γλώσσας, Μαθηματικών, Φυσικών, Πληροφορικής και Αγγλικής γλώσσας, στο πλαίσιο σχετικών δραστηριοτήτων του σχολικού εγχειριδίου, όπως προτείνεται και από τον **εξορθολογισμό της διδακτέας ύλης** [4].

## Συμπεράσματα

Η διαθεματικότητα, η απλότητα, η ευελιξία και η συνεργατική ανακάλυψη γνώσης είναι βασικά χαρακτηριστικά αυτής της δραστηριότητας. Το ενδιαφέρον που εκδήλωσαν οι μαθητές, ιδιαίτερα στις βιωματικές – hands on διδακτικές πρακτικές, αποδεικνύει την προστιθέμενη αξία και την ωφελιμότητα της συνολικής διδακτικής προσέγγισης. Η εργαστηριακή δραστηριότητα της σαπωνοποίησης έχει υλοποιηθεί επανειλημμένα και εξακολουθεί να υλοποιείται συστηματικά στο πλαίσιο των δράσεων του Ε.Κ.Φ.Ε. σε σχολεία της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Η εφαρμογή σε μαθητές Δημοτικού έχει



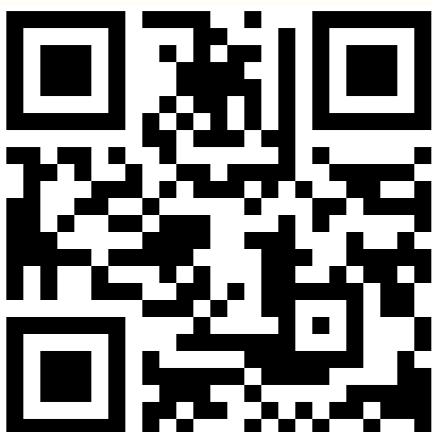
Εικόνα 3.Συνεργατική αποκωδικοποίηση των γρίφων.



Εικόνα 4.Δείγμα των επιμελημένων προϊόντων.



πραγματοποιηθεί πέντε φορές σε διαφορετικά Δημοτικά σχολεία του νομού, με μαθητές/τριες Στ΄ Δημοτικού, ενώ ήταν η πρώτη φορά που εντάχθηκε στο ευρύτερο πλαίσιο των Εργαστηρίων Δεξιοτήτων της βαθμίδας αυτής. Στα θετικά σημεία συγκαταλέγεται η παιγνιώδης διάσταση που προσελκύει το ενδιαφέρον και προσαυξάνει τον ενθουσιασμό των παιδιών. Η -δικαιολογημένα- ελλιπίης εξοικείωση των μαθητών/τριών με φαινόμενα, έννοιες και όρους επιστημονικούς που αφορούν στον μικρόκοσμο, αποτελεί δυσκολία, ο τρόπος προσέγγισης της οποίας εναπόκειται στην κρίση του/της εκπαιδευτικού. Στην περίπτωση μας η άμβλυση επιχειρήθηκε με την εστίαση στη δημιουργικότητα, τη διεπιστημονικότητα, τη συσχέτιση εφαρμογών της Χημείας με την καθημερινή ζωή και με σύντομες αναφορές στον μικρόκοσμο, προσαρμοσμένες στο γνωστικό επίπεδο των παιδιών. Η δημιουργία κλίματος επικοινωνίας, συνεργασίας και συναπόφασης στην τάξη για τη διατύπωση υποθέσεων, τον πειραματισμό και την εξαγωγή τεκμηριωμένων συμπερασμάτων, διαπιστώθηκε επανειλημμένα πως καλλιεργεί τη θετική στάση των παιδιών για τις Φυσικές Επιστήμες και ισχυροποιεί την πιθανότητα να γίνουν περιβαλλοντικά ευαισθητοποιημένοι και τεχνοεπιστημονικά εγγράμματοι πολίτες. Τέλος, πολύτιμο στοιχείο σε όλη τη διάρκεια εφαρμογής του προγράμματος, στάθηκε η συνεργασία των εκπαιδευτικών όλων των ειδικοτήτων με την εκπαιδευτικό της Στ΄ τάξης. Επιπλέον υποστηρικτικό της δράσης υλικό, ιδέες και γνώσεις του οποίου αξιοποιήθηκαν σε όλη τη διάρκεια της προαναφερθείσας δράσης καθώς και στο παρόν άρθρο, έχει συγκεντρωθεί [εδώ](#).



## Βιβλιογραφικές- Διαδικτυακές Αναφορές

- [1]. ΙΕΠ, Εργαστήρια Δεξιοτήτων 21+, Προγράμματα & Εφαρμογές Εργαστηρίων από την Πιλοτική Εφαρμογή & Νέες προτάσεις Φορέων, <https://elearning.iep.edu.gr/study/mod/folder/view.php?id=41873>
- [2]. AKTI Project and Research Centre, Τηγανόκίνηση – Το ημερολόγιο μιας μαθήτριας, <https://www.youtube.com/watch?v=NK6dqyBUQdk>
- [3]. SophiaKou, Φτιάξε αγνό σπικτικό σαπούνι – ψυχρή μέθοδος, <https://www.youtube.com/watch?v=S0jYs6colrY>
- [4]. ESOS, Οδηγίες για τη διδασκαλία των μαθημάτων του Δημοτικού σχολείου για το σχολικό έτος 2023-2024, <https://tinyurl.com/3np5fydj>

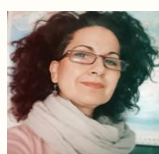
## Πρόσθετο υλικό

1. Παιγνιώδες σενάριο εργαστηριακής δραστηριότητας.
2. Κάρτες γρίφων – Βήματα εργαστηριακής διαδικασίας.
3. Φύλλο οδηγιών εκπαιδευτικού.
4. Φύλλο εργασίας μαθητή.
5. Φύλλο αξιολόγησης.
6. Σελιδοδείκτης – Βήματα μουσικής συνταγής για κάθε παιδί στο τέλος.
7. Plickers
8. ΚΑΗΟΟΤ

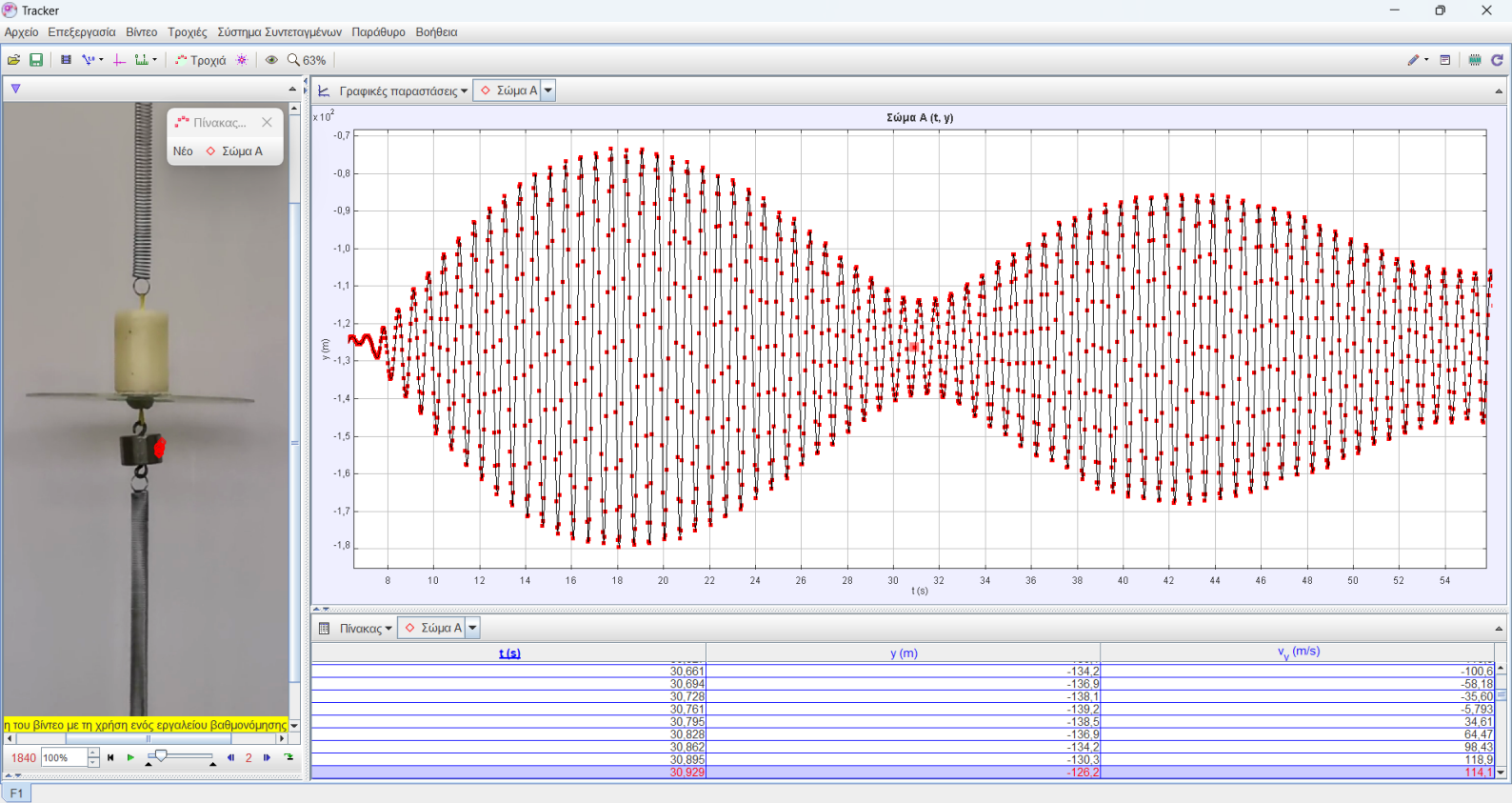
## Βιογραφικά συγγραφέων



Η Σταυρούλα Γατή είναι απόφοιτη του Παιδαγωγικού Τμήματος του Πανεπιστημίου Αιγαίου και κάτοχος μεταπτυχιακού διπλώματος στην «Εκπαιδευτική Ηγεσία και Διοίκηση». Εργάζεται ως δασκάλα τα τελευταία 15 έτη και είναι υποστηρίκτρια της δια βίου μάθησης. Παρακολουθεί συνεχώς ποικίλα επιμορφωτικά προγράμματα που θεωρεί ότι αναβαθμίζουν την ποιότητα της διδασκαλίας της. Συμμετέχει με τους μαθητές της σε διαγωνισμούς, προγράμματα STEM, συνεργασίες με σχολεία του εξωτερικού για τα οποία έχει λάβει διακρίσεις.



Η Ελένη Παλούμπα είναι υπεύθυνη του Ε.Κ.Φ.Ε. Λακωνίας, Χημικός, με μεταπτυχιακές σπουδές στην Εκπαίδευση και την Επικοινωνία της Επιστήμης. Συμμετέχει σε επιμορφωτικές δράσεις, συνέδρια κι εκπαιδευτικά προγράμματα και συνεργάζεται με φορείς για την υποστήριξη της εργαστηριακής διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Έχει λάβει διακρίσεις για καινοτόμες εκπαιδευτικές δραστηριότητες και για πρωτότυπο εκπαιδευτικό υλικό. Τα ενδιαφέροντά της επικεντρώνονται στη βελτίωση της εκπαίδευσης του σήμερα, για την κατάκτηση ενός αρμονικά βιώσιμου κι ελπιδοφόρου αύριο.



# Ανάλυση Βίντεο: το ελεύθερο λογισμικό Tracker

**Βασίλης Νούσης**

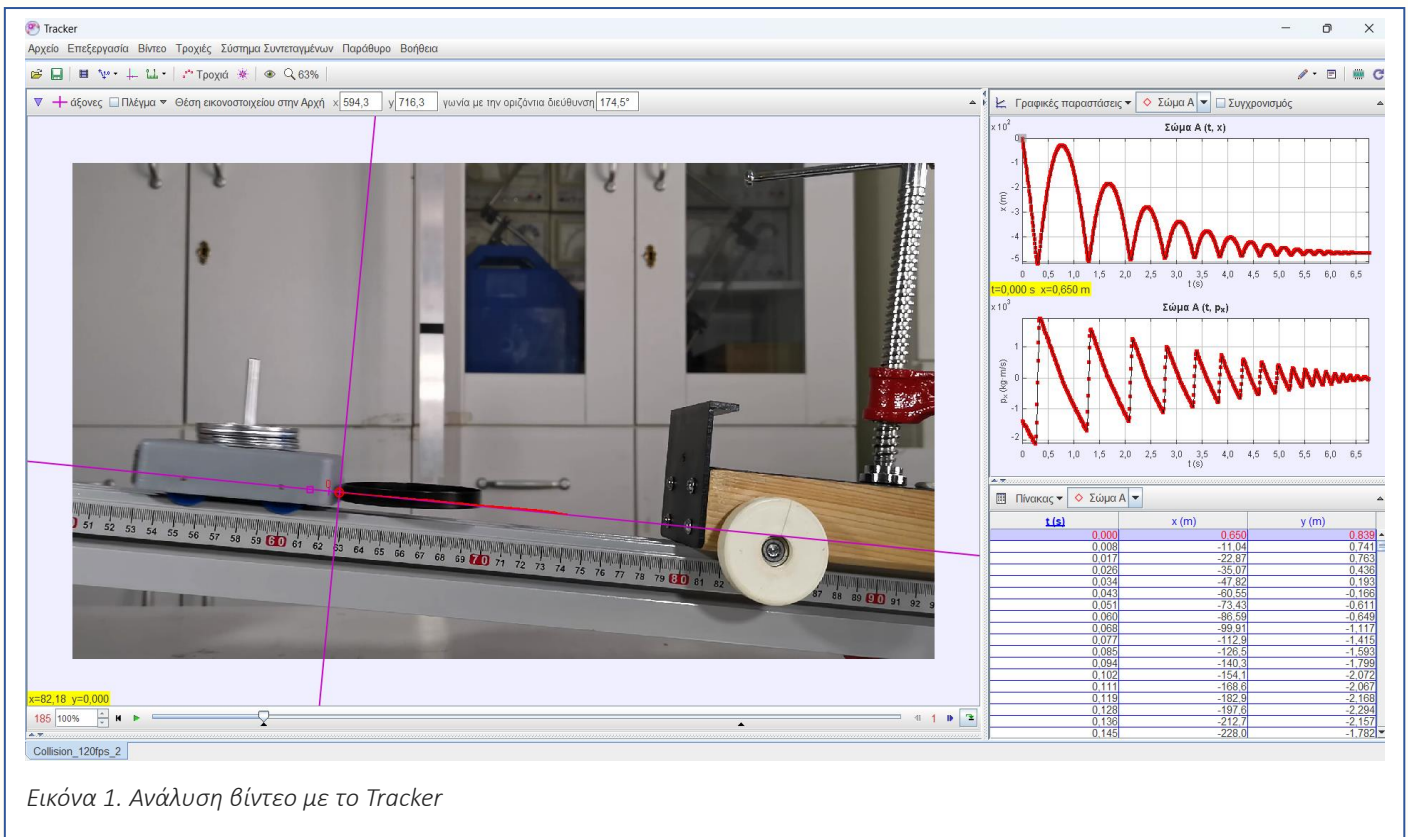
Υπ. Ε.Κ.Φ.Ε. Θεσπρωτίας ΠΕ04.01

[bill1961gr@yahoo.gr](mailto:bill1961gr@yahoo.gr)

## Περίληψη

Η ανάλυση βίντεο είναι μια μοντέρνα πειραματική μέθοδος, που συνίσταται στην καταγραφή ενός φαινομένου σε αρχείο ψηφιακού βίντεο και την επεξεργασία του με κατάλληλο λογισμικό, ώστε να εξαχθούν πληροφορίες και πειραματικά δεδομένα, τα οποία αφορούν το φαινόμενο όπως πραγματοποιείται στον πραγματικό κόσμο. Έχει πολλά και σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις παραδοσιακές εργαστηριακές τεχνικές, ενώ μεταξύ των λογισμικών ανάλυσης βίντεο, εξέχουσα θέση καταλαμβάνει το ανοικτού κώδικα Tracker, που δημιούργησε ο καθηγητής Douglas Brown και διατίθεται ελεύθερα.

**Λέξεις Κλειδιά:** ανάλυση βίντεο, Tracker, ιχνηλασία



Εικόνα 1. Ανάλυση βίντεο με το Tracker

## Εισαγωγή

Οι ψηφιακές τεχνολογίες όπως οι υπολογιστές, οι κινητές συσκευές, τα εργαλεία δημιουργίας και διανομής ψηφιακών μέσων, τα εκπαιδευτικά λογισμικά, οι ιστότοποι κοινωνικής δικτύωσης, κ.λπ. έχουν μεταμορφώσει τον τρόπο με τον οποίο σκεφτόμαστε το σχολείο και τη μάθηση [1] και οδηγούν αναπόφευκτα στην αλλαγή του τρόπου με τον οποίο διδάσκουμε. Η έρευνα [2],[3],[4] έχει αναδείξει πληθώρα πλεονεκτημάτων από τη χρήση των ψηφιακών τεχνολογιών στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών αφού μεταξύ άλλων: κάνουν τις επιστήμες πιο ενδιαφέρουσες, συμβάλλουν στην ανάπτυξη δεξιοτήτων και κριτικής σκέψης, προσφέρουν ευκολία συλλογής και χειρισμού δεδομένων και συνεπώς αφήνουν περισσότερο χρόνο για παρατήρηση και συζήτηση, αυξάνουν τις ευκαιρίες για επικοινωνία και συνεργασία καθώς και την πρόσβαση στη γνώση μέσω της οπτικοποίησης και των πολλαπλών αναπαραστάσεων. Πρέπει βέβαια να τονιστεί πως η χρήση των νέων τεχνολογιών δεν υποστηρίζει αυτόματα τη μάθηση [5], αλλά οι δεξιότητες των ίδιων των εκπαιδευτικών στη χρήση των νέων τεχνολογιών και οι στρατηγικές διδασκαλίας που εφαρμόζουν αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες [6].

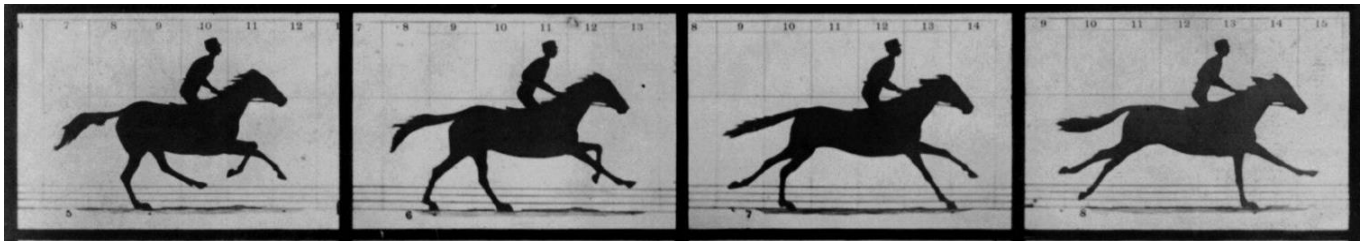
Στην περίπτωση της πειραματικής διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών οι κύριοι τρόποι αξιοποίησης των νέων τεχνολογιών ταξινομούνται σε δυο κατηγορίες:

- Το εργαστήριο βασισμένο σε μικροεπεξεργαστές (microprocessor-based laboratory ή MBL ), που στηρίζεται σε μικροϋπολογιστικά συστήματα και αισθητήρες, καθώς και τα αντίστοιχα λογισμικά για τη λήψη, απεικόνιση και ανάλυση των πειραματικών δεδομένων.
- Το εργαστήριο βασισμένο σε βίντεο (video-based laboratory ή VBL), που στηρίζεται σε λογισμικά ανάλυσης βίντεο για τη μελέτη αντικειμένων σε κίνηση (Εικόνα 1).

## Η ανάλυση βίντεο

### 1. Αναδρομή

Η ανάλυση βίντεο είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται για τη λήψη πληροφοριών σχετικά με κινούμενα αντικείμενα που καταγράφονται σε κάποιο αρχείο βίντεο. Οι πρώτες προσπάθειες μελέτης μιας κίνησης με τη χρήση της τεχνολογίας ανάγονται στα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα με την ανακάλυψη της χρονοφωτογραφίας.



Εικόνα 2. Σειρά διαδοχικών φωτογραφιών αλόγου σε καλπασμό του Eadward Muybridge

Ο Άγγλος φωτογράφος Eadward Muybridge [7] μεταξύ 1878 και 1886 χρησιμοποιώντας πολλαπλές κάμερες κατέγραψε σειρές διαδοχικών εικόνων ζώων και ανθρώπων σε κίνηση, [Εικόνα 2](#).

Τις δεκαετίες 1950 και 1960 η Berenice Abbot στο έργο "Documenting Science" χρησιμοποίησε τεχνικές φωτογραφίας υψηλής ταχύτητας και στροβοσκοπίας, [Εικόνα 3](#), για να απεικονίσει γρήγορα μεταβαλλόμενα φυσικά φαινόμενα [8].

Με την ανάπτυξη στα μέσα της δεκαετίας του 1950 της πρώτης πρακτικής συσκευής εγγραφής βίντεοταινίας, η ανάλυση βίντεο άρχισε να κερδίζει έδαφος ως εργαλείο στον τομέα του αθλητισμού, ιδιαίτερα του στίβου, για τη βελτίωση της τεχνικής και της απόδοσης. Ωστόσο, η εμφάνιση της τεχνολογίας ψηφιακού βίντεο και η αύξηση της υπολογιστικής ισχύος στα τέλη του 20<sup>ου</sup> αιώνα, καθιέρωσαν την ανάλυση βίντεο ως βασικό εργαλείο σε διάφορους τομείς, όπως ο αθλητισμός, η ιατρική, η ασφάλεια, κ.ά.



Εικόνα 3. Μια από τις πολύ γνωστές φωτογραφίες της Berenice Abbot

Την ίδια περίοδο εμφανίζονται και τα πρώτα λογισμικά για την αξιοποίηση της ανάλυσης βίντεο στη διδασκαλία της Φυσικής [9], ενώ στις αρχές του 21<sup>ου</sup> αιώνα «η αξία της ανάλυσης βίντεο είναι καλά εδραιωμένη» αναφέρει ο Douglas Brown [10], ο οποίος δύο χρόνια νωρίτερα είχε παρουσιάσει το λογισμικό ανάλυσης βίντεο Tracker. Τα χρόνια που ακολούθησαν εφαρμογές ανάλυσης βίντεο ενσωματώθηκαν στα υπάρχοντα προγράμματα που συνόδευαν τα συστήματα συγχρονικής λήψης και απεικόνισης μεγάλων εταιρειών του χώρου, όπως π.χ. στο Logger Pro της Vernier ή το Capstone της Pasco.

## 2. Βασική λειτουργία

Ανεξάρτητα από το χρησιμοποιούμενο λογισμικό η αξιοποίηση της ανάλυσης βίντεο στις Φυσικές Επιστήμες απαιτεί την ύπαρξη ενός αρχείου ψηφιακού βίντεο, στο οποίο να έχει καταγραφεί το προς μελέτη φαινόμενο (π.χ. η κίνηση ενός σώματος) και πραγματοποιείται ακολουθώντας τις ίδιες πρακτικά βασικές αρχές:

- Το λογισμικό μετατρέπει το αρχείο ψηφιακού βίντεο σε μια σειρά διαδοχικών εικόνων, που κάθε μια διαφέρει από την προηγούμενή της το ίδιο χρονικό διάστημα, που καθορίζεται από την ταχύτητα των καρτέ (fps) του βίντεο.
- Ρυθμίζεται το τμήμα του βίντεο που θα αναλυθεί (βίντεο-κλιπ), αν το βίντεο έχει διάρκεια μεγαλύτερη από αυτή του φαινομένου που μας ενδιαφέρει.
- Βαθμονομείται το βίντεο-κλιπ, ώστε να είναι δυνατή η μετατροπή μιας απόστασης μετρημένης σε pixels επί της οθόνης του υπολογιστή στην αντίστοιχη απόσταση στον πραγματικό κόσμο. Για τη βαθμονόμηση είναι απαραίτητο στο βίντεο να καταγράφεται κάποιο αντικείμενο με γνωστές τις διαστάσεις του στον πραγματικό κόσμο.



- Ιχνηλατείται κάποιο κινούμενο αντικείμενο που καταγράφεται στο βίντεο, δηλαδή σημειώνεται η θέση του στα διάφορα καρέ του βίντεο-κλιπ. Το λογισμικό αναλαμβάνει μετά τη μετατροπή των μετρημένων στην οθόνη του υπολογιστή συντεταγμένων σε συντεταγμένες στον πραγματικό κόσμο, καθώς και τον υπολογισμό των αντίστοιχων χρονικών στιγμών.

Στο τέλος της διαδικασίας το λογισμικό έχει εξάγει δεδομένα θέσης - χρόνου για το κινούμενο αντικείμενο στον πραγματικό κόσμο, έχει συμπληρώσει το σχετικό πίνακα τιμών και έχει σχεδιάσει τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις. Είτε με το ίδιο λογισμικό είτε με μεταφορά των πειραματικών δεδομένων σε άλλο κατάλληλο λογισμικό ακολουθεί η επεξεργασία τους, ανάλογα με τον κάθε φορά επιδιωκόμενο διδακτικό στόχο.

### 3. Πλεονεκτήματα

Τα κύρια πλεονεκτήματα [11],[12],[13],[14] της ανάλυσης βίντεο σε σχέση με τις παραδοσιακές εργαστηριακές τεχνικές είναι:

1. Η ανάλυση βίντεο απελευθερώνει τους μαθητές από την πολύπλοκη και χρονοβόρα διαδικασία του “στησίματος” της πειραματικής διάταξης και της συλλογής των μετρήσεων αφήνοντας περισσότερο χρόνο σε δραστηριότητες για την κατανόηση των διδασκομένων εννοιών. Βέβαια το “στήσιμο” μιας πειραματικής διάταξης και η λήψη μετρήσεων αποτελούν σημαντικό μέρος των δεξιοτήτων που πρέπει να αποκτήσουν οι μαθητές στο εργαστήριο, και συνεπώς πρέπει να υπάρχει ισορροπημένη χρήση των παραδοσιακών εργαστηριακών τεχνικών και της ανάλυσης βίντεο.

2. Η δυνατότητα επανάληψης και ειδικότερα η “καρέ-καρέ” αναπαραγωγή του βίντεο, συμβάλλει στη διεξοδικότερη μελέτη του καταγεγραμμένου φαινομένου και στην ακριβέστερη κατανόηση των λεπτομερειών του. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο ειδικά σε φαινόμενα που στη φύση εξελίσσονται πολύ γρήγορα π.χ. ελεύθερη πτώση. Καθοριστικής σημασίας στις περιπτώσεις αυτές είναι και η χρήση βίντεο που έχουν ληφθεί σε υψηλή ταχύτητα καρέ και συνεπώς κατά την αναπαραγωγή τους δημιουργούν την αίσθηση της αργής κίνησης.

3. Σε περιπτώσεις δισδιάστατων κινήσεων π.χ. πλάγια βολή, κυκλική κίνηση ή κινήσεων στις οποίες συμμετέχουν δύο ή περισσότερα σώματα π.χ. πλάγια κρούση, οι παραδοσιακές εργαστηριακές τεχνικές είναι εξαιρετικά δύσκολο ή και αδύνατο να χρησιμοποιηθούν. Με την ανάλυση βίντεο, δεδομένα και για τους δύο άξονες της κίνησης μπορούν να ληφθούν, αλλά και δύο ή ακόμη περισσότερων σωμάτων η κίνηση μπορεί να μελετηθεί στο ίδιο πείραμα.

4. Οι πολλαπλές αναπαραστάσεις που προσφέρουν τα λογισμικά ανάλυσης βίντεο, π.χ. η καρέ-καρέ παρακολούθηση της κίνησης ενός αντικειμένου και ο ταυτόχρονος σχεδιασμός της γραφικής παράστασης της θέσης του σε συνάρτηση με το χρόνο, βοηθάει τους μαθητές να δημιουργήσουν τη νοητική σύνδεση μεταξύ κίνησης και γραφικής παράστασης, διευκολύνοντας την άρση σημαντικών παρανοήσεων σε σχέση με τις γραφικές παραστάσεις, όπως ότι μια γραφική παράσταση αποτελεί μια κατά κάποιο τρόπο φωτογραφική αναπαράσταση της κίνησης κ.ά.

5. Η ανάλυση βίντεο είναι εύκολη στη χρήση της και δίνει τη δυνατότητα της ενεργού συμμετοχής των μαθητών τόσο στο σχεδιασμό, όσο και στην εκτέλεση του πειράματος. Μπορούν για παράδειγμα οι ίδιοι οι μαθητές με το κινητό τους τηλέφωνο να βιντεοσκοπήσουν μια δραστηριότητά τους, π.χ. το χτύπημα μιας μπάλας και να αναλύσουν αργότερα το βίντεο στο εργαστήριο ή στο σπίτι τους, υπολογίζοντας χαρακτηριστικά της κίνησης π.χ. την ταχύτητα με την οποία εκτοξεύτηκε η μπάλα. Έχουμε κατ’ αυτό τον τρόπο τη δυνατότητα να ενεργοποιήσουμε τους μαθητές, ώστε να ανακαλύψουν τις έννοιες της Φυσικής μέσα από τις καθημερινές τους δραστηριότητες, αλλά και να μαθαίνουν στο δικό τους χώρο και χρόνο.

6. Η μέθοδος ανάλυσης βίντεο έχει πολύ μικρότερο οικονομικό κόστος σε σχέση με άλλα πειραματικά εργαλεία, αφού αρκετά λογισμικά ανάλυσης βίντεο διατίθενται ελεύθερα από τους δημιουργούς τους, ενώ στο διαδίκτυο μπορεί να βρεθεί μεγάλος αριθμός ελεύθερων για χρήση αρχείων βίντεο που είναι κατάλληλα για ανάλυση.

### Το λογισμικό ανάλυσης βίντεο Tracker

Το Tracker είναι ένα ελεύθερο λογισμικό ανάλυσης βίντεο και μοντελοποίησης. Δημιουργός του είναι ο - συνταξιούχος πλέον- καθηγητής Douglas Brown.

Πρόκειται για μια ανοικτού κώδικα εφαρμογή γραμμένη σε Java και βασισμένη στη συλλογή εργαλείων Open Source Physics. Διαθέτει εγκαταστάτες για Windows, MacOS και Linux, που μπορείτε να τους βρείτε στην ιστοσελίδα: <https://www.physlets.org/tracker>, ενώ μετά την έκδοση 6.0 διατίθεται και η **online έκδοσή του**, ώστε να μπορείτε να δείτε τις δυνατότητές του χωρίς να χρειαστεί να το εγκαταστήσετε στον υπολογιστή σας.

Με το Tracker μπορείτε να αναλύσετε αρχεία ψηφιακού βίντεο (mov, avi, mp4, flv, wmv, κλπ.) και στατικές εικόνες ή σειρές στατικών εικόνων (jpg, png, gif). Συνοδεύεται από ψηφιακή βιβλιοθήκη με έτοιμο για χρήση υλικό, ενώ με μια σειρά ψηφιακών φίλτρων που διαθέτει, επιτρέπει την τροποποίηση της εικόνας του βίντεο με ειδικά εφέ ή τη βελτίωση της ποιότητας των δεδομένων που λαμβάνονται κατά την ανάλυση.

Για τη βαθμονόμηση του βίντεο-κλιπ διαθέτει τρία διαφορετικά εργαλεία: τη συνήθως χρησιμοποιούμενη ράβδο βαθμονόμησης, τη μετατόπιση αρχής, χρήσιμη όταν η αρχή του συστήματος αξόνων βρίσκεται έξω από την εικόνα του βίντεο και τα σημεία βαθμονόμησης που σχετίζονται με ένα από τα χαρακτηριστικά του Tracker που το κάνουν να ξεχωρίζει από τον ανταγωνισμό: Πρόκειται για τη δυνατότητα πραγματοποίησης πειραμάτων φασματοσκοπικής ανάλυσης με τη βοήθεια του εργαλείου (ή “τροχιάς” σύμφωνα με την ορολογία του Tracker) “προφίλ γραμμής”. Άλλα πειράματα με φως μπορούν να πραγματοποιηθούν με την τροχιά “περιοχή RGB” μέσω της οποίας το Tracker μπορεί να προσδιορίσει τη φωτεινότητα μιας μικρής περιοχής στα διάφορα καρέ του βίντεο. Και οι δύο αυτές δυνατότητες είναι -εκτός των άλλων- χρήσιμες και στην πειραματική διδασκαλία θεμάτων Χημείας.

Η ιχνηλασία ενός κινούμενου αντικειμένου που καταγράφεται στο βίντεο μπορεί στο Tracker να γίνει είτε χειροκίνητα είτε αυτόματα. Περισσότερα του ενός υλικά σημεία μπορούν να ιχνηλατηθούν διαδοχικά, αλλά και να προσδιοριστεί και ιχνηλατηθεί το κέντρο μάζας τους. Τα πρωτογενή πειραματικά δεδομένα από την ιχνηλασία είναι δεδομένα θέσης-χρόνου, τα οποία εμφανίζονται σε πίνακα τιμών και σε σχετικές γραφικές παραστάσεις. Για τον προσδιορισμό της θέσης των τροχιών το Tracker δημιουργεί ένα σύστημα συντεταγμένων, του οποίου μπορούμε να αλλάζουμε και τη θέση της αρχής του και τον προσανατολισμό των αξόνων του. Επιπλέον μπορούμε να προσαρμόζουμε την αρχή π.χ. στο κέντρο μάζας ενός συστήματος υλικών σημείων (σύστημα

κέντρου μάζας) ή σε κάποια άλλη τροχιά (υλικό σημείο) για τη μελέτη σχετικών κινήσεων, **Εικόνα 4**.

Με μεθόδους αριθμητικής παραγωγής των πρωτογενών δεδομένων το Tracker μπορεί να εξαγάγει και να απεικονίζει στον πίνακα τιμών ή σε γραφική παράσταση δεδομένα ταχύτητας και επιτάχυνσης και εν συνεχεία άλλα παράγωγα μεγέθη, π.χ. ορμή, δύναμη, κινητική ενέργεια κ.ά. Επιπρόσθετα μπορεί ο χρήστης να ορίσει και άλλα φυσικά μεγέθη, τα οποία δεν υπολογίζει εξ ορισμού το Tracker, π.χ. τη δυναμική ή τη μηχανική ενέργεια.

Στην περίπτωση της ανάλυσης στατικής εικόνας, δε γίνεται ιχνηλασία, αλλά μόνο μετρήσεις με τα εικονικά όργανα του Tracker: μέτρηση αποστάσεων με το εργαλείο “χάρακας”, μέτρηση γωνιών με το “μοιρογνωμόνιο” και μέτρηση των στοιχείων κύκλου (συντεταγμένες κέντρου και ακτίνα) με τον “προσαρμογέα κύκλου”. Ειδική περίπτωση στατικής εικόνας είναι η χρονοφωτογραφία, η οποία μπορεί να αναλυθεί αξιοποιώντας την εξ ορισμού δυνατότητα του Tracker να δημιουργεί δέκα ίδια καρέ από μια στατική εικόνα. Μετρήσεις σε χάρτες ή σε φωτογραφίες γεωλογικών σχηματισμών ή σε -μέσω μικροσκοπίου- φωτογραφίες μικροοργανισμών μπορούν να πραγματοποιηθούν εύκολα με τη χρήση αυτών των οργάνων.

Εκείνη όμως η δυνατότητα που πραγματικά ξεχωρίζει το Tracker από αντίστοιχα εμπορικά ή ελεύθερα λογισμικά είναι η δυνατότητα δημιουργίας του κινηματικού ή δυναμικού μοντέλου για το φαινόμενο που μελετάμε. Ουσιαστικά, εισάγοντας στο σχετικό εργαλείο του Tracker τις χρονικές εξισώσεις των συντεταγμένων θέσης (για το κινηματικό μοντέλο) ή τις αρχικές συνθήκες και τις εξισώσεις των συντεταγμένων δύναμης (για το δυναμικό μοντέλο) το λογισμικό υπολογίζει τις συντεταγμένες θέσης με βάση το θεωρητικό μοντέλο και επισυνάπτει τα αντίστοιχα ίχνη σε όλα τα καρέ του βίντεο-κλιπ, επιτρέποντας την άμεση σύγκριση πραγματικού φαινομένου-θεωρητικού μοντέλου, **Εικόνα 4**.

Για την ανάλυση των πειραματικών δεδομένων το Tracker ενσωματώνει το “Εργαλείο δεδομένων”, στις δυνατότητες του οποίου είναι:

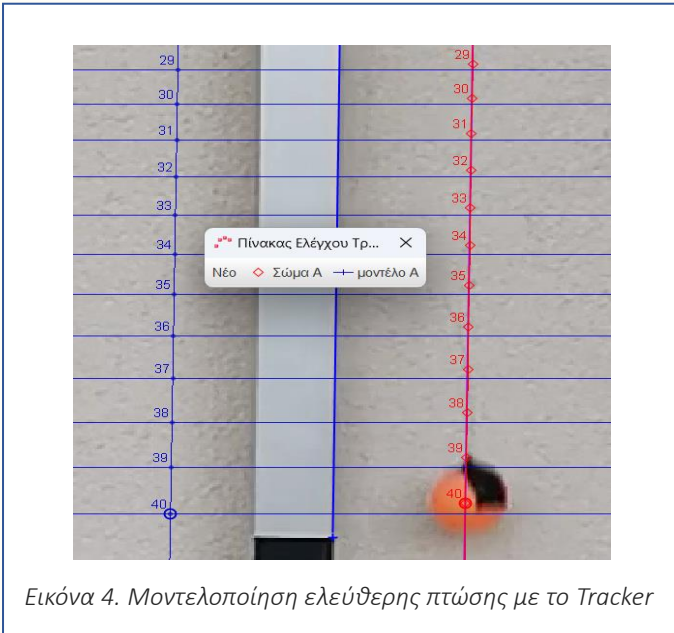
- Η δημιουργία μιας ή περισσότερων γραφικών παραστάσεων με βάση τα μεγέθη που έχει υπολογίσει το Tracker κατά την ιχνηλασία ή άλλων

## Συμπεράσματα

Η ανάλυση βίντεο διαθέτει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις παραδοσιακές εργαστηριακές τεχνικές, αν και δεν υποστηρίζει δεξιότητες που σχετίζονται με το στήσιμο της πειραματικής διάταξης και την άμεση λήψη μετρήσεων. Το ελεύθερο λογισμικό ανάλυσης βίντεο Tracker διαθέτει πληθώρα εργαλείων βαθμονόμησης και μετρήσεων, διάφορα είδη “τροχιών” για την αυτόματη ή χειροκίνητη ιχνηλασία, ικανοποιητικές δυνατότητες ανάλυσης των πειραματικών δεδομένων, καθώς και κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, όπως η μοντελοποίηση και η χρήση του σε πειράματα φασματοσκοπίας, που το κάνουν να ξεχωρίζει ακόμη και από αντίστοιχα εμπορικά προϊόντα. Παρότι το Tracker εμφανίζει τον “καλύτερο εαυτό” του στη Φυσική και ειδικότερα στην ανάλυση κινήσεων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλους τομείς της Φυσικής π.χ. στην οπτική, αλλά και στις άλλες Φυσικές Επιστήμες.

## Βιβλιογραφικές Αναφορές

- [1] Collins, A., & Halvestron, R. (2010). The second educational revolution: rethinking education in the age of technology. *Journal of Computer Assisted Learning*(26), σσ. 18-27.
- [2] BECTA. (2004). A review of the research literature on barriers to the uptake of ICT by teachers. Ανάκτηση από [https://dera.ioe.ac.uk/id/eprint/1603/1/becta\\_2004\\_barrierstouptake\\_litrev.pdf](https://dera.ioe.ac.uk/id/eprint/1603/1/becta_2004_barrierstouptake_litrev.pdf)
- [3] Ditzler, C., Hong, E., & Strudler, N. (2016, May). How Tablets Are Utilized in the Classroom. *Journal of Research on Technology in Education*.
- [4] CAID. (2017). Digital technologies in the classroom. Ανάκτηση 2024, από Cambridge Assessment International Education: <https://www.cambridgeinternational.org/images/271191-digital-technologies-in-the-classroom.pdf>
- [5] Cope, W., & Kalantzis, M. (2007). New media, new learning. *The International Journal of Learning: Annual Review*, 14, σσ. 75-80.
- [6] Richtel, M. (2011). In Classroom of Future, Stagnant Scores. Ανάκτηση 2024, από New York Times: [https://www.nytimes.com/2011/09/04/technology/technology-in-schools-faces-questions-on-value.html?\\_r=1&partner=rss&emc=rss](https://www.nytimes.com/2011/09/04/technology/technology-in-schools-faces-questions-on-value.html?_r=1&partner=rss&emc=rss)
- [7] Wikipedia. (2005). Eadweard Muybridge. Ανάκτηση 2024, από [https://en.wikipedia.org/wiki/Eadweard\\_Muybridge](https://en.wikipedia.org/wiki/Eadweard_Muybridge)
- [8] Chazot, C. (2023). Motion analysis using chronophotography. Ανάκτηση 2024, από <https://www.fizziq.org/en/post/using-chronophotography-in-physics-lab-in-college-and-high-school>
- [9] Beichner, R. J. (1996). The impact of video motion analysis on kinematics graph interpretation skills. *American Journal of Physics*, 64.
- [10] Brown, D., & Cox, A. J. (2009, February). Innovative Uses of Video Analysis. *The Physics Teacher*, 47.



Εικόνα 4. Μοντελοποίηση ελεύθερης πτώσης με το Tracker

που στο ίδιο το εργαλείο μπορούμε να δημιουργήσουμε.

- Η λήψη μετρήσεων κατευθείαν πάνω στις γραφικές παραστάσεις (π.χ. συντεταγμένες, κλίση σε οποιοδήποτε σημείο, εμβαδό).
- Ο προσδιορισμός της καλύτερης καμπύλης προσαρμογής στα πειραματικά δεδομένα, επιλέγοντας από μια σειρά έτοιμων συναρτήσεων ή ορίζοντας εμείς τη συνάρτηση της καλύτερης καμπύλης.

Εννοείται βέβαια πως τα πειραματικά δεδομένα μπορούν να εξαχθούν σε αρχείο κειμένου, ώστε η ανάλυση να γίνει με τη βοήθεια κάποιου άλλου λογισμικού, π.χ. με το EXCEL.

Στα πλεονεκτήματα του λογισμικού Tracker πρέπει να αναφερθεί πως το περιβάλλον του είναι εξελληνισμένο. Υπεύθυνος για την ελληνική μετάφραση είναι ο Κύπριος Φυσικός Δρ. Γεώργιος Τσαλακός.

Τέλος είναι σημαντικό να αναφερθεί η συνεισφορά της ΠΑΝ.Ε.Κ.Φ.Ε. ως προς την επιμόρφωση των συναδέλφων στην ανάλυση βίντεο και το Tracker, με τα σεμινάρια που υλοποίησε κατά τα έτη 2023 και 2024, καθώς και με το επιμορφωτικό υλικό που παράχθηκε για το σκοπό αυτό. Το υλικό αυτό είναι ελεύθερα διαθέσιμο και οι σχετικοί σύνδεσμοι δίνονται στο πρόσθετο υλικό που συνοδεύει το άρθρο.

- [11] Escalada, L. T., & Zollman, D. A. (1997, 5). An Investigation on the Effects of Using Interactive Digital Video in a Physics Classroom on Student Learning and Attitudes. *Journal of Research in Science Teaching* (34), σσ. 467-489.
- [12] Laws, P., & Pfister, H. (1998, May). Using digital video analysis in introductory mechanics projects. *The Physics Teacher* (36)
- [13] Τσαλακός, Γ. (2011, Οκτώβριος). Η αξιοποίηση της ανάλυσης βίντεο στο μάθημα της Φυσικής. *Δελτίο Παιδαγωγικού Ινστιτούτου Κύπρου*, σσ. 19-25. Ανάκτηση από  
[https://archeia.moec.gov.cy/sm/175/axiopoisi\\_analysis\\_video.pdf](https://archeia.moec.gov.cy/sm/175/axiopoisi_analysis_video.pdf)
- [14] Νούσης, Β. (2014). Tracker Λογισμικό ανάλυσης βίντεο - Πειράματα Φυσικής Α' Λυκείου. Ηγουμενίτσα: Αυτοέκδοση. Ανάκτηση από <https://ekfethesp.blogspot.com/2023/11/tracker-2014.html>

## Πρόσθετο υλικό

Video για ανάλυση και επιμορφωτικό υλικό μπορείτε να βρείτε εδώ:

- <https://livephoto.sciencetutorials.net>
- <https://www.fizziq.org/en/cinematique>
- <http://islevideos.net>
- <https://physics.highpoint.edu/~atitus/videos/>

- <https://ekfe.reth.sch.gr/moodle/course/view.php?id=5>
- <https://www.facebook.com/groups/931265455308061>
- <https://www.pexels.com/el-gr/>

Υλικό για πειράματα Χημείας-Βιολογίας μπορείτε να βρείτε εδώ:

- <https://ekfethesp.blogspot.com/search/label/Tracker>

## Βιογραφικό συγγραφέως



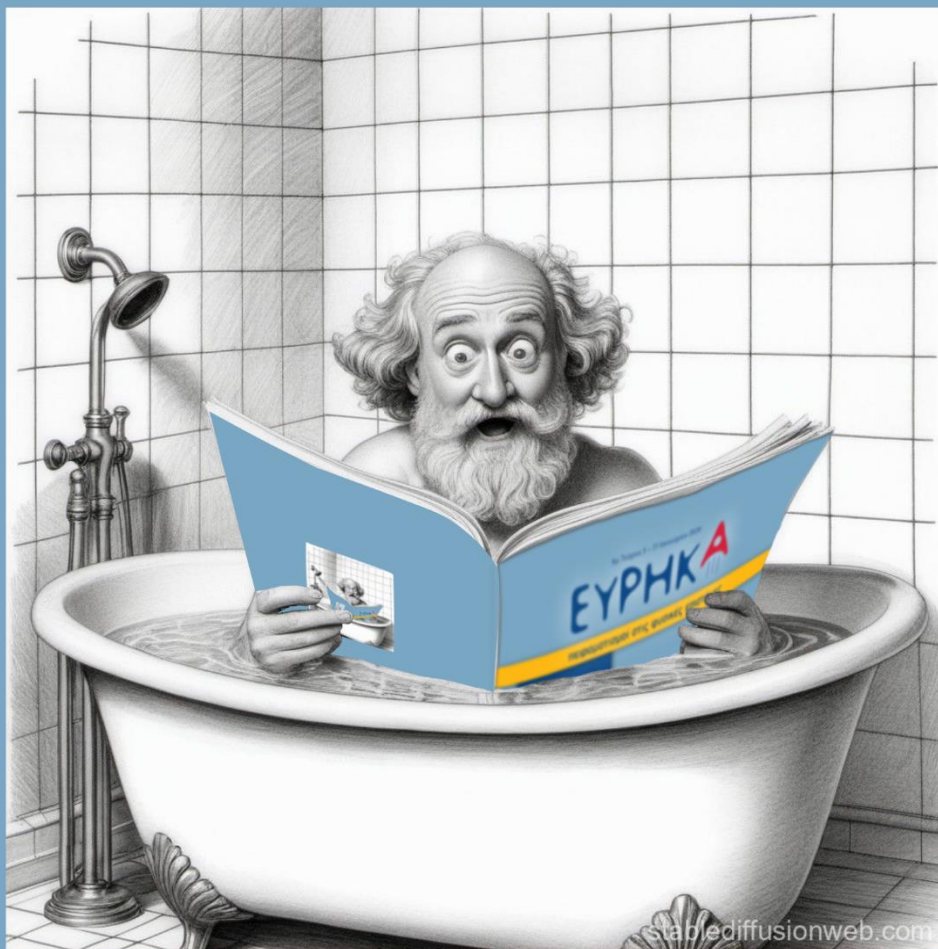
Ο Βασίλης Νούσης ζει και εργάζεται στην Ηγουμενίτσα, Θεσπρωτίας. Είναι πτυχιούχος του Τμήματος Φυσικής της Σχολής Θετικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Απόκτησε μεταπτυχιακό δίπλωμα στις "Νέες τεχνολογίες και έρευνα στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών" από το ίδιο τμήμα. Από το 1996 διδάσκει Φυσικές Επιστήμες (Φ.Ε.) στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, ενώ από το 2011 είναι υπεύθυνος του ΕΚΦΕ Ηγουμενίτσας. Στα ενδιαφέροντά του είναι η αξιοποίηση στοιχείων από την ιστορία των Φυσικών Επιστημών και των νέων τεχνολογιών στην πειραματική διδασκαλία των Φ.Ε.



# Πίνακας Περιεχομένων

|  |    |
|--|----|
| <b>Editorial</b>   | 2  |
| Σημείωμα Συντακτικής Ομάδας                                  | 2  |
| Σχετικά με το Περιοδικό                                      | 2  |
| <b>Νίκος Αναστασάκης</b>                                     | 3  |
| Η διδασκαλία των Φυσικών επιστημών:                          | 3  |
| Εισαγωγή   | 4  |
| Επέκταση του εργαστηρίου στη σχολική τάξη                    | 4  |
| Οι πειραματικές δραστηριότητες                               | 5  |
| Αξιολόγηση της διδακτικής στρατηγικής                        | 7  |
| Συμπεράσματα   | 7  |
| Βιβλιογραφικές Αναφορές                                      | 8  |
| Δικτυακοί τόποι:   | 8  |
| Βιογραφικό συγγραφέως  | 8  |
| <b>Βαγγέλης Βάρθης</b>                                       | 9  |
| Ηλεκτροφόρος:  | 9  |
| Φύλλο εργασίας ηλεκτροφόρου                                  | 12 |
| Φόρτιση ηλεκτροφόρου   | 12 |
| Ηλεκτρική εκκένωση με το δάχτυλο                             | 13 |
| Ταλάντωση αγώγιμων σφαιρών πάνω σε φορτισμένο ηλεκτροφόρο    | 13 |
| Ταλάντωση μπίλιας μεταξύ δυο ηλεκτροφόρων με αντίθετα φορτία | 13 |
| Φόρτιση ηλεκτροσκοπίου.                                      | 14 |
| Αύξηση διαφοράς δυναμικού στην απομάκρυνση πλακών πυκνωτή    | 14 |
| Παράρτημα 1.   | 15 |
| Παράρτημα 2.   | 15 |
| Παράρτημα 3.   | 16 |
| Συμπεράσματα   | 17 |
| Σημειώσεις   | 17 |
| Βιογραφικό συγγραφέως  | 17 |
| Ευχαριστίες  | 17 |
| <b>Αναστασία Γκιγκουδη - Αγαθονίκη Μαμζερίδου</b>            | 18 |
| Με πειράματα ηλεκτρισμού ανακαλύπτουμε τη δομή της ύλης:     | 18 |

|  |    |
|--|----|
| Εισαγωγή   | 19 |
| Διδακτική πρόταση  | 20 |
| Μεθοδολογία  | 20 |
| Συμπεράσματα   | 21 |
| <b>Έρη Παπαδέλλη</b>   | 23 |
| Προσομοιώνοντας τη λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος και της σύστασης του αίματος | 23 |
| Περιγραφή παρέμβασης   | 25 |
| Αποτελέσματα   | 26 |
| Συμπέρασμα   | 26 |
| Βιβλιογραφικές Αναφορές  | 27 |
| Πρόσθετο υλικό   | 27 |
| Βιογραφικό συγγραφέως  | 27 |
| <b>Σταυρούλα Γατή - Ελένη Παλούμπα</b>   | 28 |
| Σχολική Σαπωνοποίηση:  | 28 |
| Εισαγωγή   | 29 |
| Αφόρμηση   | 29 |
| Κατάρτιση Σχεδίου Δράσης - Engineering   | 30 |
| Παρασκευή Σαπουνιού–STEM   | 30 |
| Συσκευασία–διαφήμιση   | 31 |
| Mathematics, Art, Technology, Engineering  | 31 |
| Αξιολόγηση – διάχυση   | 31 |
| Συμπεράσματα   | 31 |
| Βιβλιογραφικές- Διαδικτυακές Αναφορές  | 32 |
| Πρόσθετο υλικό   | 32 |
| Βιογραφικά συγγραφέων  | 32 |
| <b>Βασίλης Νούσης</b>  | 33 |
| Ανάλυση βίντεο:  | 33 |
| Εισαγωγή   | 34 |
| Η ανάλυση βίντεο   | 34 |
| Το λογισμικό ανάλυσης βίντεο Tracker   | 36 |
| Συμπεράσματα   | 38 |
| Πρόσθετο υλικό   | 39 |
| Βιογραφικό συγγραφέως  | 39 |



ISSN 2945-2856



9 772945 285002