

13^{οι} Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών Πρακτικά

Αθήνα, 6 – 7 Νοεμβρίου 2025

13^{οι} Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών
και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών

«Εκπαίδευση STEM: Η καινοτομία συναντά τη δημιουργικότητα και την ευθύνη»



6 Νοεμβρίου 2025, 9.30 -20.00 και
7 Νοεμβρίου 2025, 9.00 -15.00

Ίδρυμα Ευγενίδου (Πεντέλης 11, Παλαιό Φάληρο - Αθήνα)

Είσοδος ελεύθερη

Οργάνωση: Ελληνική Συντονιστική Επιτροπή του Ευρωπαϊκού
προγράμματος «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο - Ευρώπη»
(Science on Stage - Europe) και το Ίδρυμα Ευγενίδου



Επιμέλεια:

Ευγενία Τσιτοπούλου –
Χριστοδουλίδη



Ελληνική Συντονιστική Επιτροπή του προγράμματος
«Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο – Ευρώπη»

(κενή σελίδα)

Ελληνική Συντονιστική Επιτροπή του προγράμματος
«Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο – Ευρώπη»

13^{οι} Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών

Πρακτικά

Αθήνα
6 – 7
Νοεμβρίου 2025

Επιμέλεια:

Ευγενία Τσιτοπούλου – Χριστοδουλίδη

Τίτλος: 13^{οι} Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών
Επιστημών, Πρακτικά, Αθήνα, 6 και 7 Νοεμβρίου 2025

Εκδότης: Ελληνική Συντονιστική Επιτροπή του προγράμματος «Φυσικές
Επιστήμες στο Προσχήνιο – Ευρώπη»
Επαμεινώνδα 2, 157 72, Ζωγράφου
Τηλ. 6977653558, e-mail: etsitop@otenet.gr

Έκδοση: Ιούλιος 2026

*Υπεύθυνη
έκδοσης:* Ευγενία Τσιτοπούλου – Χριστοδουλίδη

ISBN: 978-618-86235-4-5

ISSN: 3057-4862

*Επιστημονική
επιμέλεια:* Ευγενία Τσιτοπούλου – Χριστοδουλίδη

Η διδακτική αξιοποίηση του υλικού του παρόντος επιτρέπεται σε όλους τους διδάσκοντες και διδασκόμενους, σε οποιαδήποτε βαθμίδα εκπαίδευσης, με υποχρεωτική αναγραφή του/των συγγραφέων και του εκδότη. Απαγορεύεται απολύτως η κατά οποιοδήποτε μέσο ή τρόπο εμπορική εκμετάλλευση του συνόλου ή μέρους του έργου (Ν.2121/1993 όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει σήμερα περί πνευματικής ιδιοκτησίας).

Οργανωτική Επιτροπή

1. Τσιτοπούλου – Χριστοδουλίδη Ευγενία, φυσικός, Συντονίστρια του προγράμματος «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο – Ευρώπη»
2. Νίκος Θωμαΐδης, Υπεύθυνος Τμήματος Συνεδρίων και Εκδηλώσεων, Ίδρυμα Ευγενίδου
3. Γκαμπρέλας Κωνσταντίνος, φυσικός
4. Καπούς Κωνσταντίνος, φυσικός
5. Πανταζέλου Ελένη, φυσικός, Υπεύθυνη Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω

Επιστημονική Επιτροπή

1. Τσιτοπούλου – Χριστοδουλίδη Ευγενία, φυσικός, Συντονίστρια του προγράμματος «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο – Ευρώπη»
2. Καπούς Κωνσταντίνος, φυσικός
3. Δρ. Βάλια Λύρατζη, υπεύθυνη του Κέντρου Επιστήμης και Τεχνολογίας του Ιδρύματος Ευγενίδου
4. Ράπτη Αναστασία, χημικός
5. Φιλιόγλου Μιχάλης, βιολόγος

Ελληνική Συντονιστική Επιτροπή

1. Τσιτοπούλου – Χριστοδουλίδη Ευγενία, φυσικός, Συντονίστρια του προγράμματος «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο – Ευρώπη»
2. Γεωργόπουλος Χρήστος, φυσικός, υπεύθυνος του Ε.Κ.Φ.Ε. Αγίων Αναργύρων
3. Γκαμπρέλας Κωνσταντίνος, φυσικός
4. Καπούς Κωνσταντίνος, φυσικός
5. Κορακίτης Ρωμύλος, Ομότιμος Καθηγητής της Σχολής Αγρονόμων, Τοπογράφων, Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου
6. Ράπτη Αναστασία, χημικός
7. Τσουτσουδάκης Αστρινός, φυσικός, υπεύθυνος του 1^{ου} Ε.Κ.Φ.Ε. Ηρακλείου Κρήτης, Science on Stage Europe Ambassador
8. Φιλιόγλου Μιχαήλ, βιολόγος

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	9
Το πρόγραμμα «Science on Stage – Europe» και οι 13οι Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών	13
Ανακοίνωση βραβευθέντων εργασιών.....	27
Εργασίες 13ων Πανελληνίων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών.....	31
Van de Graaff Generator - κατασκευή και εκπαιδευτική χρήση	33
Ένα αρχαίο σιφώνι στο σήμερα – Ενυδρείοπονία	45
Η υπέρυθρη ακτινοβολία ως εργαλείο μελέτης κυκλωμάτων και άλλα εργαλεία ανάλυσης τους.....	56
Ξεκαθάρισμα «γεωγραφικών» λογαριασμών.....	61
Ένα Μεγάλο Μεταλλικό Κουτί στην Κουζίνα μας: Διεπιστημονική Προσέγγιση του Ψυκτικού Κύκλου με PLC και Επαναχρησιμοποιούμενα Εξαρτήματα.....	71
Αποθηκεύοντας ότι περισσεύει! Μια «φυσική» μπαταρία	92
Ο ήχος από το Α ως το Ω (ή τουλάχιστον από το Η ως το Σ).....	97
«Με επτά πειράματα, ένα αίνιγμα και μια ξεχασμένη επιστήμονα ... μπες στο κλίμα!»	109
CSI στην τάξη: Ανίχνευση πιθανής νοθείας στο ελαιόλαδο με φασματοσκοπία και χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης.....	128
Αναπαράσταση της στήλης του Volta	139 -
SAFE: STEM Approach to Fire Extinguishing. Educational Robotics for Automatic Fire Detection and Suppression.....	153 -
Εκπαιδευτική πρόταση διδασκαλίας του μαθηματικού εκκρεμούς και με τη βοήθεια του Α.Ι.	171 -
Υδραυλικό σύστημα μεταφοράς νερού, Εφαρμόζοντας την Ιστορική Τεχνολογία σε σύγχρονες βιώσιμες εφαρμογές	177 -
Κατασκευή σειсмоγράφου με πηνίο και επεξεργασία δεδομένων με arduino	188 -
Πείραμα ή Θεωρία;	199 -
Παρθένοι Ωκεανοί: Σήμα κινδύνου από το Τελευταίο Άγριο Καταφύγιο της Θάλασσας (Ένα εκπαιδευτικό παιχνίδι απόδρασης για την προστασία των θαλάσσιων οικοσυστημάτων)	201 -
Διαστημική Βιολογία: Πειράματα μικροβαρύτητας στο σχολείο.....	207 -
Βοηθώντας στην παραγωγή και στη διαχείριση φρούτων: Ξεχωρίζοντας τα άγουρα από τα ώριμα φρούτα	214 -
Laser στις διαστημικές επικοινωνίες και Li-Fi σε DIY (ιδιοκατασκευή)	227 -
Όχημα αποφυγής εμποδίων με λογισμικό neural network – AI Artificial Intelligence Eyes	234 -
Αναγνώριση φωνής AI.....	243 -
Ένα 3d μοντέλο για το φαινόμενο της παλίρροιας	249 -
Διπλοθλαστικότητα: Δύο εφαρμογές ενός όμορφου φαινομένου.....	258 -
Nocturnal: Υπολογίζοντας την ώρα από τα αστέρια.....	266 -
Μετεωρολογικός σταθμός ... τσέπης, χωρίς κώδικα.....	273 -
Φτιάχνοντας εκπαιδευτικά εργαλεία με την τεχνητή νοημοσύνη.....	277 -
Μια Τρισδιάστατη Ματιά στις Ομάδες Αίματος	284 -
Ένα arduino, δύο κινητά τηλέφωνα, τα μυστικά τους, η ποδηλάτισσα και ο ποδηλάτης: συνομιλία με ένα chatbot	300 -
Υπέρυθρη (IR) φωτογράφιση, ματιές σ' έναν αόρατο κόσμο	322 -
Επαγγέλματα STEM ενός ουτοπικού ή δυστοπικού μέλλοντος	331 -

Από τη Γη στον Άρη	- 340 -
FeelosophAI : Όταν η σιωπή μιλά πιο δυνατά από τις λέξεις.....	- 354 -
STEM jobs of a Utopian or Dystopian Future	- 359 -
Η Προοπτική του νερού (The perspective of water).....	- 360 -
Next AIengineers: Καλλιεργώντας τους Μηχανικούς Τεχνητής Νοημοσύνης του Αύριο	- 384 -
See the World Through My Eyes.....	- 390 -
Eco:Bit – Uncoding the plants' hidden language: Χρήση μικροελεγκτών για τη μετατροπή των βιοηλεκτρικών σημάτων των φυτών σε Τέχνη	- 395 -
Προκήρυξη 13 ^{ου} Πανελληνίων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών	- 399 -
Ευρετήριο Συγγραφέων.....	- 408 -

(κενή σελίδα)

Πρόλογος

Οι «13^{οι} Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών» ήταν η κεντρική εκδήλωση στην Ελλάδα, του Ευρωπαϊκού προγράμματος «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο – Ευρώπη» (Science on Stage – Europe) και πραγματοποιήθηκαν στις 6 και 7 Νοεμβρίου 2025 στο Περιστύλιο του 2^{ου} ορόφου του Ιδρύματος Ευγενίδου. Διοργανώθηκαν από την Ελληνική Συντονιστική Επιτροπή του Ευρωπαϊκού προγράμματος «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο – Ευρώπη» (Science on Stage – Europe), σε συνεργασία με το Ίδρυμα Ευγενίδου.

Στον παρόντα τόμο των πρακτικών, περιλαμβάνονται οι περιγραφές όλων των πειραμάτων και κατασκευών που διαγωνίσθηκαν στους «13^{ους} Πανελλήνιους Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών» καθώς και οι εργασίες που συμμετείχαν εκτός συναγωνισμού. Περιλαμβάνεται επίσης η ενημερωτική ομιλία για την εκδήλωση που έγινε στο τέλος των Αγώνων, τα βραβεία, τα έγγραφα προκήρυξης των Αγώνων καθώς και το δελτίο τύπου του Πανευρωπαϊκού Φεστιβάλ που έγινε στην Κλαίρεδα, Λιθουανία, από 28 Μαΐου 2026 έως 31 Μαΐου 2026. Περιλαμβάνονται ακόμα τα τέσσερα Joint Projects Ελλήνων εκπαιδευτικών και το workshop Ελλήνων εκπαιδευτικών, τα οποία επίσης παρουσιάστηκαν στο Πανευρωπαϊκό Φεστιβάλ στη Λιθουανία.

Η έκδοση αυτή αποτελεί ένα συλλογικό έργο και ευχαριστούμε θερμά όλους τους συμμετέχοντες στους Αγώνες, που μας έκαναν την τιμή να προσφέρουν τις εργασίες τους. Ελπίζουμε ότι οι αναγνώστες εκπαιδευτικοί θα αντλήσουν υλικό και μεθόδους, χρήσιμο για την διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στα σχολεία τους.

Ευχαριστούμε το Ίδρυμα Ευγενίδου για την δωρεάν παραχώρηση του Περιστυλίου του 2^{ου} ορόφου του Ιδρύματος καθώς και για όλη την βοήθεια στην τεχνική διοργάνωση της εκδήλωσης.

Ευχαριστούμε επίσης το Υπουργείο Παιδείας για την αρωγή και την ενθάρυνση των προσπάθειών μας στην πραγματοποίηση και των δέκα τριών Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών που έγιναν έως σήμερα.

Ευγενία Τσιτοπούλου – Χριστοδουλίδη

Φυσικός

Συντονίστρια της Ελληνικής Επιτροπής του προγράμματος
«Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο – Ευρώπη»

Αθήνα, 10 Ιουνίου 2026

ΔΕΛΤΙΟ ΤΥΠΟΥ

"Συμμετοχή Ελλήνων καθηγητών Φυσικών Επιστημών στο 14^ο Science on Stage"

Ομάδα Ελλήνων εκπαιδευτικών συμμετείχε στο 14^ο Πανευρωπαϊκό φεστιβάλ «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο» (Science on Stage), που φιλοξενήθηκε στην Klaipėda της Λιθουανίας, από τις 28 έως 31 Μαΐου 2026. Το φεστιβάλ διοργανώθηκε από την LINEŠA, το Πανεπιστήμιο της Κλαϊπέντα και το Κέντρο STEAM του Science on Stage Lithuania, σε συνεργασία με το Science on Stage Europe. Το φεστιβάλ είχε την υποστήριξη του Υπουργείου Παιδείας, Επιστημών και Αθλητισμού της Δημοκρατίας της Λιθουανίας. Η επίσημη έναρξη έγινε από τον Εξοχότατο Πρόεδρο της Λιθουανίας, Gitanas Nausėda, και την Υπουργό Παιδείας της Λιθουανίας, Raminta Popovienė, οι οποίοι τόνισαν την αξία των εκπαιδευτικών και της εκπαίδευσης STEAM στο υψηλότερο πολιτικό επίπεδο. Το πρόγραμμα περιλάμβανε επίσης κεντρική ομιλία από τον Andreas Schleicher, Διευθυντή Εκπαίδευσης στον ΟΟΣΑ και συντονιστή των διεθνών μελετών PISA, προσφέροντας μια διεθνή προοπτική για την εκπαίδευση και τις μελλοντικές δεξιότητες.

Στο Πανευρωπαϊκό Φεστιβάλ, που αποτελεί την μεγαλύτερη εκπαιδευτική έκθεση της Ευρώπης για καθηγητές Φυσικών Επιστημών, και φέτος είχε θέμα: «Εκπαίδευση STEAM: Η καινοτομία συναντά τη δημιουργικότητα και την ευθύνη» («STEAM Education: Innovation Meets Creativity and Responsibility»), οι Έλληνες εκπαιδευτικοί συμμετείχαν, μαζί με 600 εκπαιδευτικούς STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics) από 35 χώρες*, σε σεμινάρια, workshops και επιδείξεις των κατασκευών τους που έχουν δοκιμαστεί στην τάξη και έχουν σκοπό να ενισχύσουν τη διασυνοριακή συνεργασία μέσω της εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες. Σε μια εποχή που η Ευρώπη βιώνει βαθιές αλλαγές και μετασχηματισμούς, το φεστιβάλ προσφέρει μια ισχυρή άγκυρα: έναν χώρο για συνεργασία, εμπιστοσύνη και κοινή ευθύνη για το μέλλον τονίζοντας τον κρίσιμο ρόλο που διαδραματίζουν οι εκπαιδευτικοί στη διαμόρφωση των μελλοντικών γενεών.

Την Ελληνική αποστολή αποτελούσαν οι βραβευθέντες εκπαιδευτικοί των «13^{ων} Πανελληνίων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών», που πραγματοποιήθηκαν στις 6 και 7 Νοεμβρίου 2025, στο Περιστέλιο του 2^{ου} ορόφου του Ιδρύματος Ευγενίδου, και ήταν:

1. Δημητρίου Λουΐζα, Φυσικός Med, Συνεργάτης Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω,
2. Κουράκης Νεκτάριος, φυσικός, Γενικό Λύκειο Νέας Κυδωνίας, Χανίων,
3. Σαμαντά Ευαγγελία, φυσικός, 4^ο Γυμνάσιο Τούμπας, Σαμαντά Αγγελική (ΠΕ70), 1^ο Δ.Σ Ν. Φιλαδέλφειας – Σπαθάρη,
4. Νούσης Βασίλειος, Φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Θεσπρωτίας,

5. Παπάζογλου Παπαζογλάκης Νικόλαος, Μηχανολόγος ΠΕ82, ΕΠΑ.Λ. Σπάρτης και Ελένη Παλούμπα, χημικός, Υπεύθυνη Ε.Κ.Φ.Ε. Λακωνίας,
6. Χόρτης Σπυρίδων, φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Λευκάδας,
7. Τσουτσουδάκης Ασρινός, φυσικός, Υπεύθυνος του 1^{ου} Εργαστηριακού Κέντρου Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Φ.Ε.) Ηρακλείου, Κρήτης, Μέλος της Ελληνικής Συντονιστικής Επιτροπής και Science on Stage Ambassador και αρχηγός της Ελληνικής αποστολής.

Στην Ελληνική αποστολή συμμετείχαν με προγράμματα που έγιναν σε συνεργασία με εκπαιδευτικούς άλλων χωρών (Joint projects) και οι:

- Γεώργιος Βίλλιας, βιολόγος του Αναξαγόρειου Γενικού Λυκείου Νέας Ερυθραίας, με join project με εκπαιδευτικό από την Ιταλία,
- Αγγελική Καραγεωργοπούλου, Πληροφορικής ΠΕ86 στο 2ο Δημοτικό Σχολείο Λαμίας, με join project με εκπαιδευτικό από την Ισπανία,
- Ηρώ Κολιάκου, Φυσικός του Anatolia American College, με join project με εκπαιδευτικό από την Πορτογαλία,
- Αναστασία Παπακωνσταντίνου, βιολόγος του Λυκείου Γαζίου και συνεργάτης του 1ου Ε.Κ.Φ.Ε. Ηρακλείου Κρήτης, με join project με δασκάλα από την Τουρκία.

Επελέγη από την Διεθνή Επιτροπή του προγράμματος και παρουσιάστηκε στα Highlights (σε ολομέλεια) η εργασία: «**Van de Graaff Generator - κατασκευή και εκπαιδευτική χρήση**» του Βασιλείου Νούση.

Επίσης εργασίες των Ελλήνων εκπαιδευτικών προσκλήθηκαν να παρουσιαστούν στους εκπαιδευτικούς άλλων χωρών, βιντεοσκοπήθηκαν από κανάλι της ιταλικής τηλεόρασης και προσκλήθηκαν να δημοσιευτούν σε διεθνή εκπαιδευτικά περιοδικά.

Στην φετεινή διοργάνωση βραβεύτηκαν όλες οι Εθνικές επιτροπές για την προσφορά τους έως τώρα στο Science on Stage. Δεν υπήρξαν βραβεία για τις εργασίες που παρουσιάστηκαν. Έως σήμερα, οι Ελληνικές ομάδες έχουν βραβευθεί στις δέκα από τις δέκα τρεις διοργανώσεις του προγράμματος που συμμετείχαν.

Το Science on Stage ξεκίνησε το 2000 (αρχικά ως «Physics on Stage» και αργότερα ως «Science on Stage») ως εκπαιδευτική πρωτοβουλία που χρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Από το 2007 η πρωτοβουλία συνεχίζεται από μία ομάδα Ευρωπαίων εκπαιδευτικών που ίδρυσαν το «Science on Stage», επιστημονικό σωματείο μη κερδοσκοπικό με έδρα το Βερολίνο, που υπόκειται στον Γερμανικό νόμο, έχει παραρτήματα σε 35* χώρες και ένα δίκτυο 100000 εκπαιδευτικών STEM στις 35* αυτές χώρες. Υπεύθυνη του Ελληνικού τμήματος, και ιδρυτικό μέλος του Science on Stage, είναι η κα. Ευγενία Τσιτοπούλου – Χριστοδουλίδη, φυσικός.

Με τα διεθνή φεστιβάλ, που γίνονται κάθε δύο χρόνια, το «Science on Stage» υποστηρίζει την επαγγελματική εξέλιξη των εκπαιδευτικών. Ο γενικός στόχος είναι η αντιμετώπιση του επιστημονικού αλφαριθμητισμού, η προσέλκυση περισσότερων σπουδαστών στις Θετικές Επιστήμες, την Τεχνολογία, την Μηχανική και την Πληροφορική και η βελτίωση της διδασκαλίας συνδέοντας εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, που επεξεργάζονται και παρουσιάζουν πρωτότυπες ιδέες, νέες μεθόδους διδασκαλίας και πειραματικές κατασκευές που αναζωογονούν τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών στα σχολεία (ανεξαρτήτως αναλυτικών προγραμμάτων των συμμετεχουσών χωρών) και αναδεικνύουν την άμεση σύνδεσή τους με την καθημερινή μας ζωή.

Οι Έλληνες καθηγητές Φυσικών Επιστημών, και συνακόλουθα οι μαθητές των σχολείων μας, αλλά και οι μαθητές σε τάξεις σε όλη την Ευρώπη, θα έχουν πολλά να ωφεληθούν από την εμπειρία μας, το εκπαιδευτικό υλικό και τις προτάσεις για εκπαιδευτικές ανταλλαγές εκπαιδευτικών και μαθητών που μεταφέρουμε, τα οποία θα προσπαθήσουμε να διαδώσουμε με όλους τους πρόσφορους τρόπους: σε συνέδρια, ημερίδες, Ελληνικά και διεθνή διαδικτυακά σεμινάρια και άρθρα σε εκπαιδευτικά περιοδικά. Σε αυτή μας την προσπάθεια, ευελπιστούμε ότι θα έχουμε την αρωγή και την ενθάρυνση του Υπουργείου Παιδείας.

Η Υπεύθυνη του Science on Stage – Greece

Ευγενία Τσιτοπούλου – Χριστοδουλίδη, φυσικός

e-mail: [etsitop\[a\]otenet.gr](mailto:etsitop[a]otenet.gr)

<http://etsito.mysch.gr/> , <https://www.science-on-stage.eu/> , www.sons2026.eu

Facebook: [sonsgreece](https://www.facebook.com/sonsgreece) και <https://www.youtube.com/@sonsgreece>

The Festival on X, Instagram, and Facebook: #sons2026

*Στο πρόγραμμα συμμετέχουν οι εξής χώρες: Αλβανία, Βέλγιο, Βόρειος Μακεδονία, Βουλγαρία, Γαλλία, Γερμανία, Γεωργία, Δανία, Ελβετία, Ελλάδα, Ηνωμένο Βασίλειο, Ιρλανδία, Ισλανδία, Ισπανία, Ιταλία, Καζακστάν, Καναδάς, Κροατία, Κύπρος, Λετονία, Λιθουανία, Νορβηγία, Ολλανδία, Ουγγαρία, Ουκρανία, Πολωνία, Πορτογαλία, Ρουμανία, Σερβία, Σλοβακία, Σλοβενία, Σουηδία, Τουρκία, Τσεχία και η Φιλανδία.



Το πρόγραμμα «Science on Stage – Europe» και οι 13οι Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών

*Ευγενία Τσιτοπούλου – Χριστοδουλίδη, φυσικός,
Συντονίστρια της Ελληνικής Επιτροπής του Προγράμματος
[etsitop\[a\]otenet.gr](mailto:etsitop[a]otenet.gr)*

«Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο – Ευρώπη» (Science on Stage – Europe) είναι μία επιστημονική ένωση μη κερδοσκοπική, με έδρα το Βερολίνο, Γερμανία, η οποία ιδρύθηκε τον Νοέμβριο του 2011 από τους 25 συντονιστές των εθνικών επιτροπών των ευρωπαϊκών προγραμμάτων «Η Φυσική στο Προσκήνιο» (*Physics on Stage*) και «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο» (*Science on Stage*). Ιδρυτικό μέλος της επιστημονικής ένωσης Science on Stage – Europe για την Ελλάδα ήταν η κα. Ευγενία Τσιτοπούλου – Χριστοδουλίδη, φυσικός. Η Ελλάδα είναι μέλος όλων αυτών των προγραμμάτων από το 2000 έως σήμερα.

Το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα «Η Φυσική στο Προσκήνιο» (*Physics on Stage*) άρχισε τον Μάρτιο 2000 από τις Ομάδες Εκλαϊκευσης του CERN (Ευρωπαϊκό Εργαστήριο Φυσικής Σωματιδίων), της ESA (Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Διαστήματος) και του ESO (Ευρωπαϊκό Νότιο Αστεροσκοπείο). Οι εκδηλώσεις του προγράμματος εντάσσονταν στο πλαίσιο της «European Science and Technology Week 2000» και είχαν χρηματοδότηση από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Το πρόγραμμα «Η Φυσική στο Προσκήνιο» (*Physics on Stage*) απευθυνόταν μόνο σε φυσικούς.

Το πρόγραμμα συνεχίστηκε ως «Η Φυσική στο Προσκήνιο 2» (*Physics on Stage 2*) και το δεύτερο Ευρωπαϊκό Φεστιβάλ Διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών το 2002 οργανώνεται και χρηματοδοτείται από την ESA με την υποστήριξη του CERN, του ESO, της ESRF (Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Ακτινοβολίας Σύγχροτρο), του EMBL (Ευρωπαϊκό Εργαστήριο Μοριακής Βιολογίας), του EFDA-JET (Ευρωπαϊκό Σύμφωνο Ανάπτυξης της Σύντηξης) και του ILL (Ινστιτούτο Laue-Langevin).

Οι ερευνητικοί οργανισμοί CERN, ESA, ESRF, EMBL, EFDA-JET, ESO και ILL συγκροτούν το EIROforum, το οποίο, με χρηματοδότηση από την Ευρωπαϊκή Ένωση, οργάνωσε το πρόγραμμα «Η Φυσική στο Προσκήνιο 3» (*Physics on Stage 3*) και το τρίτο Ευρωπαϊκό Φεστιβάλ Διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών το 2003. Τα προγράμματα «Η Φυσική στο Προσκήνιο 2» (*Physics on Stage 2*) και «Η Φυσική στο Προσκήνιο 3» (*Physics on Stage 3*) απευθύνονταν μόνο σε φυσικούς.

Το 2004 το πρόγραμμα «Η Φυσική στο Προσκήνιο» (*Physics on Stage*) γίνεται «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο» (*Science on Stage*) και απευθύνεται σε όλους τους εκπαιδευτικούς των Φυσικών Επιστημών. Οργανώνονται άλλα δύο Ευρωπαϊκά Φεστιβάλ Διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών το 2005 στο CERN και το 2007 στα ESRF/ILL. Το 2008 η χρηματοδότηση από την Ευρωπαϊκή Ένωση τελειώνει. Η Γερμανική Συντονιστική Επιτροπή (*Science on Stage Germany*) οργανώνει ένα μεγάλο φεστιβάλ στο Βερολίνο το 2008 με χρηματοδότηση από την Ομοσπονδία think ING. (*Federation of German Employers' Associations in the Metal and Electrical Engineering Industries*). Η επιτυχία του φεστιβάλ ήταν μεγάλη και οι συντονιστές των Εθνικών Επιτροπών αποφάσισαν να αναδιοργανώσουν το πρόγραμμα Science on Stage Europe με εναλλακτική χρηματοδότηση, αλλά διατηρώντας την ίδια δομή και κεντρικό σύνθημα: «Από τους εκπαιδευτικούς (των σχολείων) για τους

εκπαιδευτικούς (των σχολείων)». Από τότε έχουν γίνει άλλα επτά φεστιβάλ: το 2011 στην Κοπεγχάγη (Δανία), το 2013 στο SŁUBICE (Πολωνία) και Frankfurt (Oder) (Γερμανία), το 2015 στο Λονδίνο (Ηνωμένο Βασίλειο), το 2017 στο Debrecen (Ουγγαρία), το 2019 στο Cascais (Πορτογαλία), το 2022 στην Πράγα (Τσεχία) και το 2024 στο Turku (Φινλανδία).

Οι σκοποί του προγράμματος είναι:

- Ενθάρρυνση και διευκόλυνση του διαλόγου μεταξύ μάχιμων εκπαιδευτικών, που εκπονούν πρωτοποριακά προγράμματα, για να τα γνωστοποιήσουν στο ευρύ κοινό ή στην ευρύτερη εκπαιδευτική κοινότητα
- Η ανταλλαγή μεταξύ μάχιμων εκπαιδευτικών επιτυχημένων μεθόδων και υλικού διδασκαλίας αναφορικά με τις Φυσικές Επιστήμες και την άμεση σύνδεση των Φυσικών Επιστημών με την καθημερινή μας ζωή.
- Συνεργασία ερευνητών και εκπαιδευτικών για εκλαΐκευση της επιστήμης και την ενημέρωση των πολιτών της Ευρώπης.
- Αύξηση του ενδιαφέροντος των νέων να σπουδάσουν Φυσικές Επιστήμες
- Μείωση του επιστημονικού αλφαριθμητισμού
- Δημιουργία ευκαιριών για διεθνείς επαφές

Το πρόγραμμα Science on Stage – Europe συντονίζεται σε κάθε χώρα από μια εθνική επιτροπή. Κατά τη διάρκεια του προγράμματος γίνονται διάφορες εκδηλώσεις και οι καλύτερες προτάσεις επιλέγονται για να συμμετάσχουν στο Ευρωπαϊκό Φεστιβάλ Διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, το οποίο γίνεται κάθε δύο χρόνια σε διαφορετική χώρα και αποτελεί την κορυφαία εκδήλωση του προγράμματος. Από το 2000 έως σήμερα έχουν συμμετάσχει στις εκδηλώσεις του περίπου 100000 εκπαιδευτικοί από τις χώρες που συμμετέχουν στο πρόγραμμα.

Οι χώρες που συμμετέχουν στο πρόγραμμα «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο – Ευρώπη» είναι: Αλβανία, Βέλγιο, Βόρειος Μακεδονία, Βουλγαρία, Γαλλία, Γερμανία, Γεωργία, Δανία, Ελβετία, Ελλάδα, Ηνωμένο Βασίλειο, Ιρλανδία, Ισλανδία, Ισπανία, Ιταλία, Καζακστάν, Καναδάς, Κροατία, Κύπρος, Λετονία, Λιθουανία, Νορβηγία, Ολλανδία, Ουγγαρία, Ουκρανία, Πολωνία, Πορτογαλία, Ρουμανία, Σερβία, Σλοβακία, Σλοβενία, Σουηδία, Τουρκία, Τσεχία και η Φινλανδία.

Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών

Οι Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών αποτελούν την κύρια εκδήλωση του προγράμματος στην Ελλάδα και πραγματοποιούνται με πρωτοβουλία και ευθύνη της Ελληνικής Συντονιστικής Επιτροπής του προγράμματος «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο – Ευρώπη».

Έχουν πραγματοποιηθεί δέκα τρεις Πανελλήνιοι Αγώνες έως σήμερα. Οι Αγώνες αυτοί κοινοποιούνται με έγγραφο του Υπουργείου Παιδείας σε όλες τις σχολικές μονάδες Δευτεροβάθμιας και Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης της χώρας και δικαίωμα συμμετοχής έχουν όλοι οι εκπαιδευτικοί που διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες στην Δευτεροβάθμια και Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση με ατομικές ή ομαδικές εργασίες ή/και εργασίες εκπαιδευτικών που πραγματοποιήθηκαν με συμμετοχή μαθητών Δευτεροβάθμιας ή/και Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Οι εργασίες πρέπει να αναφέρονται στο εκάστοτε θέμα του προγράμματος και μπορούν να είναι: κατασκευές, πειράματα, καινοτόμο εκπαιδευτικό υλικό σε μορφή έντυπη ή ηλεκτρονική (video, cd-rom, λογισμικό), προτάσεις για workshops (εργαστήρια) και on-stage activities (παρουσιάσεις).

Όλες οι προτεινόμενες εργασίες υπόκεινται σε κρίση. Η προεπιλογή και η τελική επιλογή γίνεται από επιτροπή μελών της Ελληνικής Συντονιστικής Επιτροπής του προγράμματος «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο – Ευρώπη».

Τα κριτήρια αξιολόγησης των εργασιών που υποβάλλονται στο πρόγραμμα, είναι τα κάτωθι:

- Η συμβολή της προτεινόμενης εργασίας ή του εκπαιδευτικού υλικού στην κατανόηση συνδυασμού βασικών εννοιών των Φυσικών Επιστημών στο πλαίσιο του εκάστοτε θέματος του προγράμματος.
- Ο βαθμός αλληλεπιδραστικότητας της εργασίας με τους μαθητές.
- Ο βαθμός πρωτοτυπίας της εργασίας.
- Η δυνατότητα αναπαραγωγής και διάχυσης στην εκπαιδευτική κοινότητα (εκπαιδευτικούς ή μαθητές)
- Η ποιότητα και η αισθητική της κατασκευής ή του εκπαιδευτικού υλικού.

Οι εκπαιδευτικοί που βραβεύονται στους Πανελλήνιους Αγώνες μετέχουν με τις εργασίες τους στο Ελληνικό περίπτερο και διαγωνίζονται στην κεντρική εκδήλωση του προγράμματος Science on Stage – Europe, μαζί με τις εργασίες των άλλων εκπαιδευτικών από τις τριάντα πέντε χώρες που μετέχουν στο πρόγραμμα. Έως σήμερα, η Ελλάδα έχει βραβευτεί στις ένδεκα από τις δέκα τρεις διοργανώσεις του προγράμματος που συμμετείχε.

Οι **Πρώτοι** Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικής, που ήταν και η πρώτη Science Fair στην Ελλάδα, έγιναν στις 29 και 30 Σεπτεμβρίου 2000, στο Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών. Παρουσιάστηκαν 72 εργασίες από 22 ομάδες, οι οποίες προέρχονταν από τις πόλεις: Αθήνα, Δράμα, Ζάκυνθος, Θεσσαλονίκη, Ιωάννινα, Καλαμάτα, Καστοριά, Κέρκυρα, Κεφαλονιά, Κομοτηνή, Πάτρα, Σπάρτη και Χανιά. Βραβεύτηκαν εννέα εκπαιδευτικοί, οι οποίοι συμμετείχαν στην κεντρική εκδήλωση του προγράμματος που έγινε στο CERN (Γενεύη) στις 4 έως 10 Νοεμβρίου 2000. Η εργασία «Μηχανικό ανάλογο της σκέδασης Rutherford με γωνιομετρική τράπεζα» (με εκπρόσωπο της ομάδας τον Ιωάννη Κοπανά) δωρήθηκε στο CERN και εκτίθεται στην μόνιμη έκθεσή του «Μικρόκοσμος».

Οι **Δεύτεροι** Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικής έγιναν στις 1 και 2 Μαρτίου 2002, στο Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών. Παρουσιάστηκαν 98 εργασίες από 36 ομάδες, οι οποίες προέρχονταν από τις πόλεις: Αθήνα, Αλεξάνδρεια Ημαθίας, Γαργαλιάνοι, Ελάτεια Φθιώτιδας, Θεσσαλονίκη, Ιωάννινα, Καλαμάτα, Κατερίνη, Κέρκυρα, Πάτρα, Πρέβεζα, Πρόσυμα Αργολίδας, Πύργος, Σάμος, Χαλκίδα, Χανιά και Χίος. Βραβεύτηκαν οκτώ εκπαιδευτικοί, οι οποίοι συμμετείχαν στην κεντρική εκδήλωση του προγράμματος που έγινε στην ESA-ESTEC στο Noordwijk (Ολλανδία) στις 2 έως 6 Απριλίου 2002. Η εργασία «Γραμμικό ελαστικό μέσο για την μελέτη των κυμάτων», του Ηλία Καλογήρου (υπεύθυνο του Ε.Κ.Φ.Ε. Ηλείας) πήρε το 1ο βραβείο της Πανευρωπαϊκής διοργάνωσης.

Οι **Τρίτοι** Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικής με θέμα: «Φυσική και Ζωή», έγιναν στις 19 και 20 Σεπτεμβρίου 2003, στο Κεντρικό κτίριο του Πανεπιστημίου Αθηνών. Παρουσιάστηκαν 35 εργασίες από 20 ομάδες, οι οποίες προέρχονταν από τις πόλεις: Αθήνα, Γαργαλιάνοι, Θεσσαλονίκη, Καλαμάτα, Κέρκυρα, Μελέσες Νομού Ηρακλείου Κρήτης, Πρόσυμα Αργολίδας και Πύργο. Βραβεύτηκαν οκτώ εκπαιδευτικοί, οι οποίοι συμμετείχαν στην κεντρική εκδήλωση του προγράμματος που έγινε στην ESA-ESTEC στο Noordwijk (Ολλανδία) στις 8 έως 15 Νοεμβρίου 2003. Στην Πανευρωπαϊκή διοργάνωση οι Έλληνες εκπαιδευτικοί πήραν τα εξής βραβεία:

- Ο φυσικός Ηλίας Καλογήρου, υπεύθυνος του Ε.Κ.Φ.Ε. Ηλείας, κέρδισε το μεγάλο βραβείο της διοργάνωσης (Πρώτο «Ευρωπαϊκό βραβείο Διδασκαλίας

των Φυσικών Επιστημών») για την πρωτότυπη κατασκευή του «Προσεγγίζοντας την Φυσιολογία του ανθρώπινου αυτιού».

- Ο φυσικός Διονύσιος Καρούνιας, συνεργάτης του Ε.Κ.Φ.Ε. Μεσσηνίας, κέρδισε το δεύτερο από τα 7 βραβεία πρωτοποριακού εκπαιδευτικού υλικού για την δημιουργία του με πολυμέσα «Ο Αλέξανδρος ταξιδεύει και συλλογίζεται ...»
- Το Ελληνικό περίπτερο στην έκθεση των κατασκευών πήρε το τρίτο βραβείο για την συνολική του παρουσία στη διοργάνωση. Το βραβείο παρέλαβε, η εκπρόσωπος της Ελληνικής αποστολής, φυσικός Ευγενία Τσιτοπούλου – Χριστοδουλίδη, υπεύθυνη του Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω και υπεύθυνη της Ελληνικής Συντονιστικής Επιτροπής του προγράμματος.

Οι **Τέταρτοι** Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών με θέμα: «Οι Φυσικές Επιστήμες για την Ανθρωπότητα», έγιναν στις 30 Σεπτεμβρίου – 1 Οκτωβρίου 2005, στο Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών. Παρουσιάστηκαν 70 εργασίες από 22 ομάδες, οι οποίες προέρχονταν από τις πόλεις: Αθήνα, Γαργαλιάνοι, Ηράκλειο, Θεσσαλονίκη, Καλαμάτα, Κέρκυρα, Λαμία, Πύργος, Ρέθυμνο και Σάμο. Βραβεύτηκαν επτά εκπαιδευτικοί, οι οποίοι συμμετείχαν στην κεντρική εκδήλωση του προγράμματος που έγινε στο CERN (Γενεύη) στις 21 έως 25 Νοεμβρίου 2005. Η εργασία «Δίκλωνη έλικα του DNA» (με εκπρόσωπο της ομάδας την Ευανθία Παπανικολάου) κέρδισε το ένα από τα 7 βραβεία πρωτοποριακού εκπαιδευτικού υλικού.

Οι **Πέμπτοι** Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών έγιναν στις 10 και 11 Νοεμβρίου 2006, στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Παρουσιάστηκαν 40 εργασίες από 26 ομάδες, οι οποίες προέρχονταν από τις πόλεις: Αθήνα, Δράμα, Ηράκλειο, Θεσσαλονίκη, Καλαμάτα, Κέρκυρα, Κιλκίς, Πύργος, Ρέθυμνο και Τρίκαλα. Βραβεύτηκαν οκτώ εκπαιδευτικοί, οι οποίοι συμμετείχαν στην κεντρική εκδήλωση του προγράμματος που έγινε στο ESRF (Γκρενόμπλ) στις 2 έως 6 Απριλίου 2007.

Οι **Έκτοι** Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών με θέμα: «Αιχμαλωτίζοντας την Καρδιά και το Νου μέσω της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών», έγιναν στις 15 και 16 Οκτωβρίου 2010, στο Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω. Παρουσιάστηκαν 110 εργασίες από 41 ομάδες, οι οποίες προέρχονταν από τις πόλεις: Αγιάσος Λέσβου, Αθήνα, Άντισσα Λέσβου, Βόλος, Θεσσαλονίκη, Καλαμάτα, Καρδίτσα, Γουμένισσα Κιλκίς, Λαμία, Πύργος, Ρέθυμνο, Σαλαμίνα, Σάμος, Σιμόπουλο Αμαλιάδας, Σπάρτη και Φιλιατρά. Βραβεύτηκαν οκτώ εκπαιδευτικοί, οι οποίοι συμμετείχαν στην κεντρική εκδήλωση του προγράμματος που έγινε στη Κοπεγχάγη (Δανία) στις 16 έως 19 Απριλίου 2011. Η εργασία με θέμα: «Από το ουράνιο τόξο στη χημεία των χρωμάτων», του Ηλία Καλογήρου, κέρδισε το ένα από τα 3 βραβεία του Ευρωπαϊκού Φεστιβάλ.

Οι **Έβδομοι** Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών με θέμα: «Ξεπερνώντας τα σύνορα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών», έγιναν στις 12 και 13 Οκτωβρίου 2012, στο Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω. Παρουσιάστηκαν 130 εργασίες από 45 ομάδες, οι οποίες προέρχονταν από τις πόλεις: Αγιάσος Λέσβου, Αθήνα, Ανδρούσα Μεσσηνίας, Βόλος, Ηράκλειο Κρήτης, Θεσσαλονίκη, Ίναχος Αργολίδας, Ιωάννινα, Ιωλκός Μαγνησίας, Καλαμάτα, Καρδίτσα, Κόρινθος, Κως, Λέρος, Λιβαδειά, Πειραιάς, Σαλαμίνα, Φιλιατρά και Χίος. Βραβεύτηκαν οκτώ εκπαιδευτικοί, οι οποίοι συμμετείχαν στην κεντρική εκδήλωση του προγράμματος που έγινε στο SLUBICE (Πολωνία) – Frankfurt (Oder) (Γερμανία) στις 25 έως 28 Απριλίου 2013. Οι ομαδικές εργασίες: «Φωτεινές «ευλυγισίες»», με εκπρόσωπο της ομάδας τον Μαργαρίτη Αντώνιο και «Υπερβαρύτητα και

αντιβαρύτητα: Επίδραση της βαρύτητας στο απλό εκκρεμές», με εκπρόσωπο της ομάδας τον Σκουλίδη Νικόλαο, επελέγησαν από την Διεθνή Επιτροπή του προγράμματος και παρουσιάστηκαν σε συνεδρείες Master classes στο Ευρωπαϊκό φεστιβάλ. Οι έβδομοι Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών αναμεταδόθηκαν ζωντανά μέσω διαδικτύου από το Πανελλήνιο Σχολικό Δίκτυο και το βίντεο της εκδήλωσης έχει αναρτηθεί στην διεύθυνση: <http://vod.sch.gr/video/view/1908> και <http://vod.sch.gr/video/view/1909>

Οι **Όγδοοι** Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών με θέμα: «Διαφωτίζοντας την εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών», έγιναν στις 7 και 8 Νοεμβρίου 2014, στο Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω. Παρουσιάστηκαν 180 εργασίες από 52 ομάδες, οι οποίες προέρχονταν από τις πόλεις: Αθήνα, Αλεξάνδρεια Ημαθίας, Βαλτινός Τρικάλων, Γαργαλιάνοι, Ηγουμενίτσα, Ηράκλειο Κρήτης, Θερμή Λέσβου, Θεσσαλονίκη, Ιωάννινα, Ιωλκός Μαγνησίας, Καλαμάτα, Καρδίτσα, Κατερίνη, Κως, Λαμία, Λάρισα, Νέα Αλικαρνασός Ηρακλείου Κρήτης, Πάτρα, Σαλαμίνα, Σέρρες, Τσικαλαριά Χανίων και Χανιά. Βραβεύτηκαν οκτώ εκπαιδευτικοί, οι οποίοι συμμετείχαν στην κεντρική εκδήλωση του προγράμματος που έγινε στο Queen Mary University στο Λονδίνο (Ηνωμένο Βασίλειο) στις 17 έως 20 Ιουνίου 2015. Στην Πανευρωπαϊκή διοργάνωση οι Έλληνες εκπαιδευτικοί πήραν τα εξής βραβεία:

- Η εργασία με θέμα: «Το οπτικό σύστημα του οφθαλμού», των Μαργαρίτη Αντωνίου και Μαράκη Γεωργίου κέρδισε το δεύτερο Ευρωπαϊκό Βραβείο Διδασκαλίας Φυσικών Επιστημών στην κατηγορία «Η Επιστήμη και ο Βιώσιμος Κόσμος μας» (*Science and Our Sustainable World*) που διαγωνίστηκε.
- Η ομαδική εργασία με θέμα: ««Oberpfaffenhofen, έχουμε πρόβλημα!» Μία διερευνητική μελέτη της εκπομπής, διάδοσης και λήψης ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με μία συσκευή βίντεο (VCR) και μία αναλογική τηλεόραση», με εκπρόσωπο της ομάδας τον Θεόδωρο Πιερράτο, ως Presentation (σε ολομέλεια).
- Η ατομική εργασία με θέμα: «Καταγραφή τροχιών με φως. Σχήματα Lissajous, απλή αρμονική ταλάντωση και διακροτήματα. Τρεις εφαρμογές του φωσφορισμού στην μηχανική», του Παναγιώτη Λάζου, ως workshop.
- Η ομαδική εργασία με θέμα: «Μελέτη, Σχεδιασμός και Κατασκευή Τηλεχειριζόμενου Υποβρύχιου Οχήματος», με εκπρόσωπο της ομάδας τον Πέτρο Πούτο, ως μία από τις τέσσερις εργασίες που παρουσιάστηκαν με λεπτομέρεια στους Υπουργούς Παιδείας, στους Ευρωβουλευτές και στους πρεσβευτές των συμμετεχόντων χωρών που επισκέφτηκαν το φεστιβάλ κατά την διάρκεια του VIP tour.
- Για τις προσπάθειές της, από το 2000 έως σήμερα, να εμπνεύσει, να εμπνεύσει και να υλοποιήσει τους στόχους του προγράμματος στην Ελλάδα και στην Ευρώπη βραβεύτηκε η Τσιτοπούλου – Χριστοδουλίδη Ευγενία.

Οι **Ένατοι** Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών με θέμα: «Εφευρίσκοντας το μέλλον στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών», έγιναν στις 11 και 12 Νοεμβρίου 2016, στο Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω. Παρουσιάστηκαν 32 εργασίες από 60 ομάδες, οι οποίες προέρχονταν από τις πόλεις: Αθήνα, Ηγουμενίτσα, Ηράκλειο Κρήτης, Θεσσαλονίκη, Ιεράπετρα, Ιωάννινα, Κατερίνη, Κέρκυρα, Κως, Λαμία, Ξυλόκαστρο, Πάτρα, Πειραιά, Σαλαμίνα και Τρίκαλα. Βραβεύτηκαν εννέα εκπαιδευτικοί, οι οποίοι συμμετείχαν στην κεντρική εκδήλωση του προγράμματος που έγινε στο Debrecen (Ουγγαρία) στις 29 Ιουνίου 2017 έως 2 Ιουλίου 2017. Στην Πανευρωπαϊκή διοργάνωση οι Έλληνες εκπαιδευτικοί πήραν τα εξής βραβεία:

- Η εργασία με θέμα: «Οπτικός Αξονικός Τομογράφος με LEGO – Αξονική Τομογραφία σε Gummy Bears» του Ορφανάκη Μιχάλη κέρδισε το Βραβείο στην κατηγορία «Οι Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών» (*ICT in Science Education*) που διαγωνίστηκε. Ο συνολικός αριθμός των εργασιών που διαγωνίστηκαν σε αυτή την κατηγορία ήταν 29.
- Η εργασία με θέμα: «Κατασκευή Ρομποτικού Φωτοβολταϊκού Ανιχνευτή, (Tracker) με Μερική Προσομοίωση της Κίνησης της Γης», ομαδική εργασία με εκπρόσωπο τον Πούτο Πέτρο κέρδισε το Βραβείο του «Απαιτητικότερου και καινοτόμου πειράματος» (*Demanding and innovation experiment*) του φεστιβάλ από τις 233 συνολικά εργασίες που παρουσιάστηκαν.
- Επελέγησαν από την Διεθνή Επιτροπή του προγράμματος και παρουσιάστηκαν στα Highlights (σε ολομέλεια):
 - Α. «Το Οπτικό Σύστημα του Ψαριού και η Υποβρύχια Οραση του Ανθρώπου», των Μαργαρίτη Αντωνίου και Μαράκη Γεωργίου (1^η ημέρα) και
 - Β. «Οπτικός Αξονικός Τομογράφος με LEGO – Αξονική Τομογραφία σε Gummy Bears» του Ορφανάκη Μιχάλη (2^η ημέρα)

Οι **Δέκατοι** Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών με θέμα: «Δεξιότητες για το μέλλον», έγιναν στις 15 και 16 Φεβρουαρίου 2019, στο Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω. Παρουσιάστηκαν 45 εργασίες από 28 ομάδες, οι οποίες προέρχονταν από τις πόλεις: Αθήνα, Αριδαία, Ηγουμενίτσα, Ηράκλειο Κρήτης, Θεσσαλονίκη, Ιεράπετρα, Ιωάννινα, Καλαμάτα, Κατερίνη, Σαλαμίνα, Σέρρες, Σούδα, Σπάρτη και Σφακιά. Βραβεύτηκαν επτά εκπαιδευτικοί, οι οποίοι συμμετείχαν στην κεντρική εκδήλωση του προγράμματος που έγινε στο Cascais (Πορτογαλία) στις 31 Οκτωβρίου 2019 έως 3 Νοεμβρίου 2019. Στην Πανευρωπαϊκή διοργάνωση οι Έλληνες εκπαιδευτικοί πήραν τα εξής βραβεία:

- Η εργασία με θέμα: «Οπτικές Λαβίδες. Το Βραβείο Νόμπελ Φυσικής 2018 στο σχολείο σας» του Ορφανάκη Μιχάλη και Μυλωνάκη Μίκη, με εκπρόσωπο τον Ορφανάκη Μιχάλη, κέρδισε το Βραβείο στην κατηγορία «Ψηφιακός Αλφαριθμητισμός και Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες» (*Digital Literacy and Science Education*) που διαγωνίστηκε. Ο συνολικός αριθμός των εργασιών που διαγωνίστηκαν σε αυτή την κατηγορία ήταν 41.
- Επελέγησαν από την Διεθνή Επιτροπή του προγράμματος και παρουσιάστηκαν στα Highlights (σε ολομέλεια):
 1. «Από τη Γη στον ...Άρη», του Πούτου Πέτρου (1^η ημέρα) και
 2. «Γυροσκοπιο ελεγχόμενης ροπής», του Τσουτσουδάκη Ασρινού (2^η ημέρα).
- Η εργασία «Από τη Γη στον ...Άρη», του Πούτου Πέτρου, παρουσιάστηκε σε ζωντανή μετάδοση σε τάξεις μαθητών της Ουκρανίας και της Γαλλίας.
- Όλες οι εργασίες των Ελλήνων εκπαιδευτικών προσκλήθηκαν να παρουσιασθούν σε εκπαιδευτικούς άλλων χωρών

Ο Πρόεδρος της Ελληνικής Δημοκρατίας κ. Προκόπιος Παυλόπουλος προσκάλεσε, συνομίλησε και συνεχάρη τα μέλη της ελληνικής αποστολής στο 11ο Πανευρωπαϊκό Φεστιβάλ «Science on Stage» στις 7 Δεκεμβρίου 2019 στο Προεδρικό Μέγαρο (Εικόνα 1 και 2).

Οι **Ενδέκατοι** Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών με θέμα: «Από Εκπαιδευτικούς Για Εκπαιδευτικούς», έγιναν στις 3 και 4 Σεπτεμβρίου 2021, διαδικτυακά. Παρουσιάστηκαν 20 εργασίες από 18 ομάδες, οι οποίες προέρχονταν από τις πόλεις: Αθήνα, Διακοπτό Αχαΐας, Ηγουμενίτσα, Ηράκλειο Κρήτης, Θεσσαλονίκη, Κέρκυρα, Κεφαλονιά, Σαλαμίνα και Χανιά. Βραβεύτηκαν επτά εκπαιδευτικοί, οι οποίοι συμμετείχαν στην κεντρική εκδήλωση του

προγράμματος που έγινε στην Πράγα (Τσεχία), στις 24 έως 27 Μαρτίου 2022. Στην Πανευρωπαϊκή διοργάνωση οι Έλληνες εκπαιδευτικοί πήραν τα εξής βραβεία:



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Greece

Εικόνα 1: Ο Πρόεδρος της Ελληνικής Δημοκρατίας κ. Προκόπιος Παυλόπουλος με τα μέλη της ελληνικής αποστολής



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Greece

Εικόνα 2: Ο Πρόεδρος της Ελληνικής Δημοκρατίας κ. Προκόπιος Παυλόπουλος με την αρχηγό της ελληνικής αποστολής

- Η εργασία με θέμα: ««Αψηφώντας» τη βαρύτητα;» του Χατζησάββα Γεωργίου και Γιαννακουδάκη Καλλιόπης, με εκπρόσωπο τον Χατζησάββα Γεώργιο, **κέρδισε το Βραβείο** (European STEM Teacher Award) στην κατηγορία «Ψηφιακές Τεχνολογίες στην εκπαίδευση STEM» (*Technologies in STEM education*) που διαγωνίσθηκε.

Οι **Δωδέκατοι** Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών με θέμα: «Η βιωσιμότητα στην εκπαίδευση STEM», έγιναν στις 3 και 4 Νοεμβρίου 2023, στο Πολιτιστικό Κέντρο «Γιάννης Ρίτσος» του Δήμου Αιγιάλεω. Παρουσιάστηκαν 22 εργασίες από 18 ομάδες, οι οποίες προέρχονταν από τις πόλεις: Οι συμμετέχοντες προέρχονται από τις πόλεις: Αθήνα, Βαθύ Σάμου, Ηγουμενίτσα, Ηράκλειο Κρήτης, Θεσσαλονίκη, Καλαμάτα, Μυτιλήνη, Ρέθυμνο, Σαλαμίνα και Χανιά. Βραβεύτηκαν επτά εκπαιδευτικοί, οι οποίοι συμμετείχαν στην κεντρική εκδήλωση του προγράμματος που έγινε στο Turku (Φινλανδία), στις 12 έως 15 Αυγούστου 2024. Στην Πανευρωπαϊκή διοργάνωση οι Έλληνες εκπαιδευτικοί πήραν τα εξής βραβεία:

- «**Acid rain, is it pain?**» (Joint project) των Αναστασία Παπακωνσταντίνου και Esra Aksoy κέρδισαν το **European STEM Teacher Awards** στην κατηγορία «Joint projects» που διαγωνίσθηκε. Ο συνολικός αριθμός των εργασιών που διαγωνίστηκαν σε αυτή την κατηγορία ήταν 15.
- «**Σχετικά με την έγχρωμη όραση: Εκεί που συναντώνται η φυσική, η φυσιολογία και η τεχνολογία**» του Παναγιώτη Λάζου προτάθηκε ως **Highly Commended Programme** στην κατηγορία Προγράμματα STEM χαμηλού κόστους στην εκπαίδευση (*Low-cost experiments in STEM Education*) που διαγωνίσθηκε. Ο συνολικός αριθμός των εργασιών που διαγωνίστηκαν σε αυτή την κατηγορία ήταν 46.
- Επελέγη από την Διεθνή Επιτροπή του προγράμματος και παρουσιάστηκε στα Highlights (σε ολομέλεια) η εργασία: «**Παράξενοι τροχοί, Απίστευτες κινήσεις, από έξυπνα πανκαντευθυντικά κινούμενα ρομπότ**» του Πέτρου Πούτου.
- Επίσης εργασίες των Ελλήνων εκπαιδευτικών προσκλήθηκαν να παρουσιασθούν στους εκπαιδευτικούς άλλων χωρών, παρουσιάστηκαν στην τηλεόραση και σε εφημερίδα της Σουηδίας και προσκλήθηκαν να δημοσιευτούν σε διεθνή εκπαιδευτικά περιοδικά.

Χθες και σήμερα (6 και 7 Νοεμβρίου 2025), διεξάγονται οι **Δέκατοι Τρίτοι** Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών στο Περιστύλιο του 2^{ου} ορόφου του Ιδρύματος Ευγενίδου, Αθήνα. Οι δέκατοι τρίτοι Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών έχουν κεντρικό θέμα: ««Εκπαίδευση STEM: Η καινοτομία συναντά τη δημιουργικότητα και την ευθύνη» («STEAM Education: Innovation Meets Creativity and Responsibility»)). Παρουσιάστηκαν 33 εργασίες από 26 ομάδες, οι οποίες προέρχονταν από τις πόλεις: Αθήνα, Ηγουμενίτσα, Ηράκλειο Κρήτης, Θεσσαλονίκη, Ιωάννινα, Καλαμάτα, Λευκάδα, Νέα Ιωνία Μαγνησίας, Ρέθυμνο, Σαλαμίνα, Σπάρτη, Φλώρινα και Χανιά. Θα βραβευθούν επτά εκπαιδευτικοί, οι οποίοι θα αποτελέσουν την Ελληνική αποστολή και θα συμμετάσχουν στην κεντρική εκδήλωση του προγράμματος που θα γίνει στην Kłairėda, Λιθουανία, στις 28 Μαΐου 2026 έως 31 Μαΐου 2026.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται συνοπτικά ο αριθμός των ομάδων και ο αριθμός των εργασιών οι οποίες συμμετείχαν στους δέκα τρεις Πανελληνίους Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών που πραγματοποιήθηκαν έως σήμερα.

Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών	Ομάδες συμμετεχόντων	Εργασίες που παρουσιάστηκαν
1οι 29 και 30 Σεπτεμβρίου 2000	22	72
2οι 1 και 2 Μαρτίου 2002	36	98
3οι 19 και 20 Σεπτεμβρίου 2003	20	35
4οι 30 Σεπτεμβρίου και 1 Οκτωβρίου 2005	22	70
5οι 10 και 11 Νοεμβρίου 2006	26	40
6οι 15-16 Οκτωβρίου 2010	41	110
7οι 12-13 Οκτωβρίου 2012	45	130
8οι 7- 8 Νοεμβρίου 2014	52	180
9οι 11- 12 Νοεμβρίου 2016	32	60
10οι 15- 16 Φεβρουαρίου 2019	45	28
11οι 3- 4 Σεπτεμβρίου 2021	18	20
12οι 3- 4 Νοεμβρίου 2023	18	22
13οι 6- 7 Νοεμβρίου 2025	26	33

Πίνακας 1

Εκθέσεις Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας

Οι Εκθέσεις Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας ήταν μία από τις δραστηριότητες του Εργαστηριακού Κέντρου Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Φ.Ε.) Αιγάλεω και πραγματοποιούνται στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού προγράμματος «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο – Ευρώπη» (*Science on Stage – Europe*). Δικαίωμα συμμετοχής έχουν όλοι οι μαθητές των Γυμνασίων, Ενιαίων Λυκείων και ΕΠΑ.Λ. της Γ΄ Διεύθυνσης Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Αθήνας. Οι Εκθέσεις δεν έχουν χαρακτήρα διαγωνισμού και δεν απονέμονται βραβεία. Οι μαθητές παρουσιάζουν τις κατασκευές και τα πειράματα που διδάχθηκαν στην σχολική τάξη σε άλλους μαθητές, σε εκπαιδευτικούς, σε γονείς και σε ευρύ κοινό. Τα πειράματα που παρουσιάζονται μπορούν να είναι πρωτότυπα ή και πειράματα από τους εργαστηριακούς οδηγούς, βιβλία πειραμάτων ή το διαδίκτυο. Ο κύριος στόχος των Εκθέσεων αυτών είναι η αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών για τις Φυσικές Επιστήμες, η παρουσίαση των εργασιών των συμμετεχόντων εκπαιδευτικών μονάδων και η ευχαρίστηση των μαθητών από την ενασχόληση τους με τις Φυσικές Επιστήμες. Η επισκεψιμότητα των Εκθέσεων, το ενδιαφέρον της τοπικής εκπαιδευτικής κοινότητας (εκπαιδευτικών και μαθητών) και του τοπικού τύπου είναι μεγάλο (εικόνα 3).

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζεται συνοπτικά ο αριθμός των σχολείων και ο αριθμός των συμμετεχόντων μαθητών στις ένδεκα Εκθέσεις Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας που πραγματοποιήθηκαν έως σήμερα.

Εκθέσεις Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας	Αριθμός συμμετεχόντων σχολείων	Αριθμός συμμετεχόντων μαθητών
1 ^η 20 Ιουνίου 2003 – Εκθεσιακό Κέντρο Δήμου Περιστερίου	30	120
2 ^η 5 Μαΐου 2004 – Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω	30	250
3 ^η 13 Μαΐου 2005 – Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω	35	350
4 ^η 12 Μαΐου 2006 – Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω	21	375
5 ^η 11 Μαΐου 2007 – Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω	19	270
6 ^η 6 Μαΐου 2011 – Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω	11	298
7 ^η 11 Μαΐου 2012 – Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω	11	298
8 ^η 17 Απριλίου 2013 – Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω	10	210
9 ^η 7 και 8 Νοεμβρίου 2014 – Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω	8	130
10 ^η 11 και 12 Νοεμβρίου 2016 – Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω	10	130
11 ^η 15 και 16 Φεβρουαρίου 2019 – Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω	10	180

Πίνακας 2



Πηγή φωτογραφίας: Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω

Εικόνα 3: 4^η Έκθεση Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας, 12 Μαΐου 2006, Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω

Άλλες εκδηλώσεις

Δημιουργία ιστοσελίδας στο διαδίκτυο, παρουσιάσεις των δραστηριοτήτων του προγράμματος σε διεθνή και πανελλήνια συνέδρια και ημερίδες, δημοσιεύσεις

εκλαϊκευτικών άρθρων σε διεθνή και ελληνικά επιστημονικά περιοδικά, καθώς και στον ημερήσιο τύπο, διαλέξεις σε μαθητές, φοιτητές, εκπαιδευτικούς και ευρύ κοινό, έκθεση βιβλίων εκλαϊκευσης της επιστήμης και έκδοση σχετικού καταλόγου, εκπαιδευτικές εκδρομές μαθητών σε Χελμό και Ισθμό Κορίνθου, παραγωγή CD με θέμα: «Όλα όσα θα θέλατε να γνωρίζετε για τα στοιχειώδη σωματίδια και δεν τολμούσατε να ρωτήσετε» και διανομή του σε όλα τα Ενιαία Λύκεια της χώρας, μεταγλώττιση και παραγωγή βιντεοταινιών του CERN και διανομή τους σε όλα τα ΕΚΦΕ της χώρας, Master classes στη Φυσική των Σωματιδίων για μαθητές και εκπαιδευτικούς, είναι μερικές από τις άλλες δραστηριότητες που έγιναν στα πλαίσια του προγράμματος. Αναφέρονται ενδεικτικά τρεις ακόμη δραστηριότητες.

Επιστημονική διημερίδα με θέμα:
«Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο – Ευρώπη» – με θέμα για το
2015:
«Διαφωτίζοντας την εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών»

Το Εργαστηριακό Κέντρο Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Φ.Ε.) Αιγάλεω οργάνωσε επιστημονική διημερίδα με θέμα: «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο – Ευρώπη» – με θέμα για το 2015: «Διαφωτίζοντας την εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών», στις 5 και 6 Οκτωβρίου 2013 στο αμφιθέατρο του 4ου Γενικού Λυκείου Αιγάλεω.

Στις 5 Οκτωβρίου 2013 παρουσιάστηκαν δύο Κυπριακές και όλες οι Ελληνικές εργασίες που συμμετείχαν στο Science on Stage European festival 2013. Επίσης, στα πλαίσια του προγράμματος «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο – Ευρώπη», ανακοινώθηκε επίσημα η πρόσκληση υποβολής εργασιών για τους δους Πανελλήνιους Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών.

Στις 6 Οκτωβρίου 2013, παρουσιάστηκαν οι διαλέξεις: «Η ανακάλυψη του Μποζονίου Higgs στο CERN» από τον Καθηγητή Ευάγγελο Γαζή του Τομέα Φυσικής της Σχολής Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και CERN-PH/ATLAS Collaboration, «Η Εκπαίδευση αντιμετωπίζοντας τις Προκλήσεις και Προοπτικές του 21^{ου} αιώνα» από τον Καθηγητή Μιχαήλ Σκούλλο, Διευθυντή του Εργαστηρίου Χημείας Περιβάλλοντος στο Τμήμα Χημείας του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών και Έδρα & Δίκτυο UNESCO για τη Διαχείριση και την Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη στη Μεσόγειο, «Ανοσοθεραπεία του καρκίνου: νεότερα δεδομένα και προοπτικές» από την Επίκουρη Καθηγήτρια Ανοσολογίας Ουρανία Τσιτσιλώνη του Τομέα Φυσιολογίας Ζώων και Ανθρώπου του Τμήματος Βιολογίας του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών και «Αριθμοί και συμπτώσεις» από τον Ομότιμο Καθηγητή Κώστα Χριστοδουλίδη του Τομέα Φυσικής της Σχολής Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Στην ημερίδα συμμετείχαν 150 εκπαιδευτικοί από όλη την Αττική, αλλά και από άλλες περιοχές της χώρας (Άμφισσα, Ηράκλειο Κρήτης, Ναύπλιο, Σπάρτη, κ.ά.). Αναμεταδόθηκε ζωντανά μέσω διαδικτύου από το Πανελλήνιο Σχολικό Δίκτυο και τα βίντεο με τις εργασίες της διημερίδας αναρτήθηκαν στο Πανελλήνιο Σχολικό Δίκτυο.

Ως σχόλιο, θα κρατήσουμε κάποια από τα μηνύματα των συμμετεχόντων εκπαιδευτικών: «Ευχαριστούμε για τη διαρκή προσπάθεια βελτίωσης της ποιότητας εκπαίδευσης σε ένα πολύ δύσκολο χώρο και κάτω από άθλιες οικονομικές συνθήκες» και «Σας ευχαριστώ για την ευκαιρία που μας δίνεται να ερχόμαστε σε επαφή με

άλλους συναδέλφους μέσα σε ένα περιβάλλον που έχει άρωμα φυσικής και εκπαίδευσης χωρίς την μιζέρια που έχει, συνήθως, η σύναξις εκπαιδευτικών».

Ζωντανές εξ αποστάσεως παρατηρήσεις του Αστεροσκοπείου Σκίνακα

Η εκδήλωση πραγματοποιήθηκε στις 12 Μαΐου 2005, στο ΕΚΦΕ Αιγάλεω, και άρχισε με ομιλία για το Σύμπαν και παρουσίαση του Αστεροσκοπείου Σκίνακα. Ακολούθησε ξενάγηση στο χώρο του Αστεροσκοπείου και εξηγήθηκε με την χρήση ειδικού Λογισμικού η οπτική λειτουργία του τηλεσκοπίου. Έγινε προβολή βιντεοκλίπ για τον έναστρο ουρανό, χρησιμοποιήθηκε εξ αποστάσεως και εξηγήθηκε η λειτουργία του συστήματος αυτόματης οδήγησης του τηλεσκοπίου και στη συνέχεια μέσω τηλεχειρισμού του τηλεσκοπίου των 1,3 μέτρων και των οργάνων αστρονομικών παρατηρήσεων του Αστεροσκοπείου Σκίνακα, σε συνδυασμό με τηλεδιάσκεψη με τους αστρονόμους του Αστεροσκοπείου, έγιναν παρατηρήσεις σπειροειδούς γαλαξία, πλανητικού νεφελώματος, σφαιρωτού σμήνους, του Δία, κ.ά. Έγινε λήψη φάσματος ενός αστέρα, εξηγήθηκε και μετρήθηκε ζωντανά η τυρβώδης κατάσταση της ατμόσφαιρας. Το ενδιαφέρον των συμμετεχόντων, που εκτιμάται ότι υπερέβαιναν τους 200, ήταν έντονο σε όλη τη διάρκειά της.

Η Τέχνη της Οινοποίησης

800 συμμετέχοντες, μεταξύ των οποίων 600 μαθητές, «πάτησαν» 1000 κιλά σταφύλια και παρασκεύασαν μούστο, γεύτηκαν τα μουστοκούλουρα και την μουσταλευριά που έφτιαζαν μαθήτριες, δοκίμασαν το τσίπουρο που παρασκεύασαμε με απόσταξη, διασκέδασαν με το θεατρικό έργο για το κρασί που έγραψαν και παρουσίασαν μαθητές, άκουσαν απαγγελίες ποιημάτων σχετικά με το κρασί, χάρηκαν τα τραγούδια της χορωδίας, παρακολούθησαν διαλέξεις για την ιστορία της οινοποίησης και την τέχνη της παραγωγής καλού κρασιού, περιηγήθηκαν τα εκθέματα παλαιών αποστακτήρων και ειδών παραγωγής κρασιού. Η ολοήμερη αυτή εκδήλωση, πραγματοποιήθηκε στις 10 Οκτωβρίου 2005, στο ΕΚΦΕ Αιγάλεω.

Συμπεράσματα

Τα τελευταία χρόνια η ζωή των πολιτών των Ευρωπαϊκών χωρών εξαρτάται ολοένα και περισσότερο από σύνθετα τεχνολογικά προϊόντα, όπως οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, τα μέσα μεταφοράς και τηλεπικοινωνίας, κτλ. Θα περίμενε λοιπόν κανείς ένα διαρκώς αυξανόμενο ενδιαφέρον για θέματα που αποτελούν τον πυρήνα της κατανόησης των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας. Ωστόσο, από πλήθος ερευνών που διεξήχθησαν στο σύνολο των Ευρωπαϊκών χωρών, διαπιστώθηκε ένα εντυπωσιακά χαμηλό επίπεδο γενικών επιστημονικών γνώσεων συνοδευόμενο από ένα διαρκώς μειούμενο ενδιαφέρον σχετικά με τα ζητήματα αυτά.

Στο άμεσο μέλλον, η επιστήμη και η τεχνολογία, θα διαδραματίσουν έναν ακόμη μεγαλύτερο ρόλο στη διαμόρφωση της καθημερινής μας ζωής. Ο περισσότερος κόσμος θα αναγκαστεί να προχωρήσει σε επιλογές, για τις οποίες είναι απολύτως απαραίτητο κάποιο επίπεδο γνώσεων των βασικών αρχών των Φυσικών Επιστημών. Συνεπώς, είναι ζωτικής σημασίας ζήτημα να εξασφαλισθεί στους Ευρωπαίους πολίτες το ελάχιστο επίπεδο γενικών γνώσεων στις Φυσικές Επιστήμες.

Οι «Επιστημονικές Εκθέσεις» (Science Fair), στις οποίες ανήκουν οι Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών και οι Εκθέσεις Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας, καθώς και οι λοιπές εκδηλώσεις του προγράμματος, έχουν στόχο να ενημερώσουν εκπαιδευτικούς της Δευτεροβάθμιας και της Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και ανθρώπους των Μέσων Μαζικής Επικοινωνίας σχετικά με τους νέους, καινοτόμους, τρόπους διάδοσης πληροφοριών και μεθόδους διδασκαλίας (ανεξαρτήτως αναλυτικών προγραμμάτων) αναφορικά με τις Φυσικές Επιστήμες και την άμεση σύνδεση των Φυσικών Επιστημών με την καθημερινή μας ζωή. Δίνουν την ευκαιρία σε πολλούς μάχιμους εκπαιδευτικούς, που εκπονούν πρωτοποριακά προγράμματα, να τα γνωστοποιήσουν στο ευρύ κοινό ή στην ευρύτερη εκπαιδευτική κοινότητα. Έχουν, επίσης, στόχο την αύξηση του ενδιαφέροντος των νέων να σπουδάσουν Φυσικές Επιστήμες, την μείωση του επιστημονικού αλφαριθμητισμού και τη δημιουργία ευκαιριών για διεθνείς επαφές.

Υπήρξε έντονο ενδιαφέρον και παρουσίαση όλων των εκδηλώσεων του προγράμματος από τον ημερήσιο και τοπικό τύπο, από την τηλεόραση, το ραδιόφωνο και τα περιοδικά, γεγονός που κρίνεται ως ιδιαίτερα θετικό.

Επίλογος

Τα αποτελέσματα της ατομικής αυτής προσπάθειας, μας οδηγούν να προτείνουμε την καθιέρωση ετήσιων Πανελληνίων Μαθητικών Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών με ευθύνη του Υπουργείου Παιδείας, κατά το πρότυπο των Πανελληνίων Μαθητικών Καλλιτεχνικών Αγώνων. Τα Εργαστηριακά Κέντρα Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Φ.Ε.) έχουν την υποδομή και τις ικανότητες να καθοδηγήσουν και να συντονίσουν αυτού του είδους τις εκδηλώσεις. Τα κέρδη για την εργαστηριακή διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, την κατανόησή τους και την αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών για τις Φυσικές Επιστήμες θα είναι πολλά.

Παραπομπές

Στις ιστοσελίδες: <http://etsito.mysch.gr/> , <https://www.science-on-stage.eu/>
Facebook: [sonsgreece](https://www.facebook.com/sonsgreece) και <https://www.youtube.com/@sonsgreece>



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Greece

*Science on Stage Festival 2026,
Klaipėda, Λιθουανία*

Ανακοίνωση βραβευθέντων εργασιών

Ευγενία Τσιτοπούλου – Χριστοδουλίδη, φυσικός,
Συντονίστρια της Ελληνικής Επιτροπής του Προγράμματος
[etsitop\[a\]otenet.gr](mailto:etsitop[a]otenet.gr)

Πριν ανακοινώσουμε τα βραβεία, θα ήθελα να δούμε μαζί ένα σύντομο βίντεο:
https://youtu.be/DVpw_5ND6ms

Η εργασία παρουσιάστηκε και βραβεύτηκε στους 3ους Πανελλήνιους Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών με θέμα: « Φυσική και Ζωή» που έγιναν 19 και 20 Σεπτεμβρίου 2003 στο Κεντρικό κτίριο του Πανεπιστημίου Αθηνών. Το βίντεο παρουσιάστηκε και στην κεντρική εκδήλωση του προγράμματος Physics on Stage 3 που έγινε 8-15 Νοεμβρίου 2003 στην ESA-ESTEC στο Noordwijk (Ολλανδία) και κέρδισε το δεύτερο από τα 7 βραβεία πρωτοποριακού εκπαιδευτικού υλικού.

Ο **Διονύσιος Καρούνις**, Φυσικός, από την Καλαμάτα (εικόνα 1), είναι **ο μοναδικός Έλληνας εκπαιδευτικός** που συμμετείχε και στους δέκα τρεις Πανελλήνιους Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών που έγιναν έως σήμερα είτε με ατομικές είτε με ομαδικές εργασίες.



Εικόνα 1

Για το ήθος του και την εικοσιπενταετή συμμετοχή με εργασίες του σε όλους τους Πανελλήνιους Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών από το 2000 έως σήμερα, η Ελληνική Συντονιστική Επιτροπή του Ευρωπαϊκού Προγράμματος «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο – Ευρώπη» (Science on Stage – Europe) απονέμει τον τίτλο του **Έλληνα πρεσβευτή του Science on Stage – Greece** στον **Διονύσιο Καρούνις**.

Θα ήθελα να συγχαρούμε και όλους τους συμμετέχοντες εκπαιδευτικούς που παρουσιάζουν τις εργασίες τους εκτός του διαγωνιστικού μέρους των Αγώνων. Ευχαριστούμε πολύ.

Πριν ανακοινώσουμε τα βραβεία, θα ήθελα να συγχαρούμε όλους τους συμμετέχοντες εκπαιδευτικούς που η δουλειά τους μας εντυπωσίασε. Λυπούμαστε που δεν μπορούμε να δώσουμε βραβεία σε όλους. Λυπούμαστε που κάποιες εξαιρετικές εργασίες δεν θα βραβευθούν, γιατί οφείλουμε να ακολουθήσουμε την προκήρυξη των Αγώνων, που έλεγε ότι το 50% των βραβείων να δοθεί σε εκπαιδευτικούς που δεν είχαν βραβευθεί στις προηγούμενες διοργανώσεις του προγράμματος.

Στους 13^{ους} Πανελλήνιους Αγώνες απονεμήθηκαν επτά (7) βραβεία, με αλφαβητική σειρά, στους:

1. **Δημητρίου Λουΐζα**, Φυσικός Med, Συνεργάτης Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω, για εργασία της με θέμα: **«Ένα αρχαίο σιφώνι στο σήμερα – Ενυδραιοπονία»**.
2. **Κουράκης Νεκτάριος**, φυσικός, Γενικό Λύκειο Νέας Κυδωνίας, Χανίων, για εργασία του με θέμα: **«Η υπέρυθρη ακτινοβολία ως εργαλείο μελέτης κυκλωμάτων και άλλα εργαλεία ανάλυσης τους»**.
3. **Λάζος Παναγιώτης**, φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Ηλιούπολης, για εργασία του με θέμα: **«Ο ήχος από το Α ως το Ω (ή τουλάχιστον από το Η ως το Σ)»**.
4. **Μίνδης Ιωάννης** (ΠΕ86), 15^ο Δ.Σ Ευόσμου, **Σαμαντά Ευαγγελία**, φυσικός, 4^ο Γυμνάσιο Τούμπας, **Σαμαντά Αγγελική** (ΠΕ70), 1^ο Δ.Σ Ν. Φιλαδέλφειας – Σπαθάρη, με εκπρόσωπο τον Μίνδη Ιωάννη, για εργασία τους με θέμα: **«Ξεκαθάρισμα «γεωγραφικών» λογαριασμών»**.
5. **Νούσης Βασίλειος**, Φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Θεσπρωτίας, για εργασία του με θέμα: **«Van de Graaff Generator - κατασκευή και εκπαιδευτική χρήση»**.
6. **Παπάζογλου Παπαζογλάκης Νικόλαος**, Μηχανολόγος ΠΕ82, ΕΠΑ.Λ. Σπάρτης και **Ελένη Παλούμπα**, χημικός, Υπεύθυνη Ε.Κ.Φ.Ε. Λακωνίας, με εκπρόσωπο τον **Παπάζογλου Παπαζογλάκη Νικόλαο**, για εργασία τους με θέμα: **«Ένα Μεγάλο Μεταλλικό Κουτί στην Κουζίνα μας: Διεπιστημονική Προσέγγιση του Ψυκτικού Κύκλου με PLC και Επαναχρησιμοποιούμενα Εξαρτήματα»**
7. **Χόρτης Σπυρίδων**, φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Λευκάδας, για εργασία του με θέμα: **«Αποθηκεύοντας ότι περισσεύει! Μια «φυσική» μπαταρία»**.

Βραβεύτηκαν επίσης οι εκπαιδευτικοί:

- **Κωνσταντίνα Μαλάμου**, χημικός, Γυμνάσιο Μπιζανίου Ιωαννίνων, **Σεβαστή Μαλάμου**, φυσικός, Μουσικό Σχολείο Ιωαννίνων «Νικόλαος Δούμπας», με εκπρόσωπο την **Κωνσταντίνα Μαλάμου**, για εργασία τους με θέμα: **«Με επτά πειράματα, ένα αίνιγμα και μια ξεχασμένη επιστήμονα ... μπες στο κλίμα!»** (1^ο αναπληρωματικό μέλος της Ελληνικής αποστολής).
- **Χαλκιαδάκης Κωνσταντίνος**, φυσικός Med, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Ρεθύμνου, για εργασία του με θέμα: **«CSI στην τάξη: Ανίχνευση πιθανής νοθείας στο**

ελαιόλαδο με φασματοσκοπία και χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης» (2^ο αναπληρωματικό μέλος της Ελληνικής αποστολής).

- **Κωνσταντίνος Παπακωνσταντίνου**, χημικός, Συνεργάτης Ε.Κ.Φ.Ε. Ηλιούπολης, για εργασία του με θέμα: «**Αναπαράσταση της στήλης του Volta**» (3^ο αναπληρωματικό μέλος της Ελληνικής αποστολής).
- **Κουμπούρη Θεοδώρα**, ΠΕ-86 Πληροφορικής, 1^ο Πειραματικό Γενικό Λύκειο Νέας Ιωνίας Μαγνησίας, για εργασία της με θέμα: «**SAFE: STEM Approach to Fire Extinguishing. Educational Robotics for Automatic Fire Detection and Suppression**» (4^ο αναπληρωματικό μέλος της Ελληνικής αποστολής).

Στους «**13^{ους} Πανελλήνιους Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών**», η Ελληνική Συντονιστική Επιτροπή του ανωτέρω προγράμματος απένειμε **Επαίνους** στους κάτωθι μαθητές και εκπαιδευτικούς για την προσπάθεια, την υλοποίηση της κατασκευής και τον ζήλο που επέδειξαν κατά την παρουσίαση της εργασίας τους (αλφαβητικά):

- *Στους μαθητές:* **Θωμά Αρχοντόπουλο, Άρη Δεμπονέρα, Ιωάννη Κεστεμπέκη, Δέσποινα Σαββέλη, Σωτήρη Γεωργίου, Παναγιώτη Παπαγιαννόπουλο** του Ιδιωτικού Γυμνασίου Γ. Μαλλιάρια, με υπεύθυνο καθηγητή τον Δρ. **Κοντοκώστα Γεώργιο**, Φυσικό, για την εργασία τους με θέμα: «**Εκπαιδευτική πρόταση διδασκαλίας του μαθηματικού εκκρεμούς και με τη βοήθεια του Α.Ι.**»
- *Στις μαθήτριες:* **Χατζάκη Ευαγγελία, Δετοράκη Αναστασία, Μαραγκάκη Αφροδίτη, Φωταρά Ειρήνη** του Πρότυπου Γενικού Λυκείου Ηρακλείου Κρήτης, με υπεύθυνη καθηγήτρια την **Κορακάκη Ελένη**, χημικό και ΠΕ86, για την εργασία τους με θέμα: «**Υδραυλικό σύστημα μεταφοράς νερού, Εφαρμόζοντας την Ιστορική Τεχνολογία σε σύγχρονες βιώσιμες εφαρμογές**».
- *Στους μαθητές:* **Κατσούδα Απόστολο, Κοτσιαρίδη Βασίλη, Τσιγιάννη Αικατερίνα, Τσολάκη Ιωάννα** του 1^{ου} Πειραματικού Γενικού Λυκείου Νέας Ιωνίας Μαγνησίας, με υπεύθυνη καθηγήτρια την **Κουμπούρη Θεοδώρα**, ΠΕ-86 Πληροφορικής, για την εργασία τους με θέμα: «**SAFE: STEM Approach to Fire Extinguishing. Educational Robotics for Automatic Fire Detection and Suppression**».
- *Στους μαθητές:* **Ιωάννη Δημάκο, Βασίλειο Κουράκο, Χρήστο Μαρκόπουλο** του ΕΠΑ.Λ. Σπάρτης, με υπεύθυνους καθηγητές: **Παπάζογλου Παπαζογλάκη Νικόλαο**, Μηχανολόγο ΠΕ82, ΕΠΑ.Λ. Σπάρτης και **Ελένη Παλούμπα**, χημικό, Υπεύθυνη Ε.Κ.Φ.Ε. Λακωνίας, με εκπρόσωπο τον **Παπάζογλου Παπαζογλάκη Νικόλαο**, για την εργασία τους με θέμα: «**Ένα Μεγάλο Μεταλλικό Κουτί στην Κουζίνα μας: Διεπιστημονική Προσέγγιση του Ψυκτικού Κύκλου με PLC και Επαναχρησιμοποιούμενα Εξαρτήματα**».
- *Στους μαθητές:* **Απόστολο Παππά, Αθανάσιο Μπεθάνη, Σπυρίδωνα Παπαδόπουλο, Γεώργιο Τουμπανιάρη** του Πρότυπου Γυμνασίου Ευαγγελικής Σχολής Σμύρνης, με υπεύθυνους καθηγητές: **Τριπολιτσιώτου**

Ολυμπία, Γεωλόγο και **Διαμαντή Παντελή**, τεχνολόγο, με εκπρόσωπο την **Τριπολιτσιώτου Ολυμπία**, για την εργασία τους με θέμα: «**Κατασκευή σειсмоγράφου με πηνίο και επεξεργασία δεδομένων με arduino**».

- *Στους μαθητές:* **Θώδα Κωνσταντίνα**, **Χρηστίδη Αντώνιο**, **Χρυσοστομίδου Ειρήνη**, **Χρυσοστομίδου Νεστορία** του 2^{ου} Γενικού Λυκείου Φλώρινας, με υπεύθυνο καθηγητή τον **Χαιριστανίδη Στυλιανό**, βιολόγο, για την εργασία τους με θέμα: «**Πείραμα ή Θεωρία;**».

Για την προσπάθεια και τον ζήλο που επέδειξαν κατά την παρουσίαση των αντίστοιχων εργασιών (αλφαβητικά):

- Στην μαθήτριά: **Λήδα Μπαλντούμα**, του Μουσικού Σχολείου Ιωαννίνων, για την εργασία με θέμα: «**Με επτά πειράματα, ένα αίνιγμα και μια ξεχασμένη επιστήμονα ... μπες στο κλίμα!**» των: **Κωνσταντίνα Μαλάμου**, χημικό, του Γυμνασίου Μπιζανίου Ιωαννίνων και **Σεβαστής Μαλάμου**, φυσικό, του Μουσικού Σχολείου Ιωαννίνων «Νικόλαος Δούμπας», με εκπρόσωπο της ομάδας την **Κωνσταντίνα Μαλάμου**.
- Στον μαθητή: **Γεώργιο Μόραλη**, του 1^{ου} Γυμνασίου Χαριλάου Θεσσαλονίκης, για την εργασία με θέμα: «**Ξεκαθάρισμα «γεωγραφικών» λογαριασμών**», των: **Μίνδη Ιωάννη** (ΠΕ86), 15^ο Δ.Σ Ευόσμου, **Σαμαντά Ευαγγελία**, φυσικό, 4^ο Γυμνάσιο Τούμπας, **Σαμαντά Αγγελική** (ΠΕ70), 1^ο Δ.Σ Ν. Φιλαδέλφειας – Σπαθάρη, Δ.Π.Ε. Α΄ Αθήνας, Περιφέρεια Αττικής, με εκπρόσωπο τον **Μίνδη Ιωάννη**.

Να συγχαρούμε τους βραβευθέντες και όλους τους συμμετέχοντες με τις εργασίες τους. Να σας ευχαριστήσουμε όλους για τη συμμετοχή σας στην παρούσα εκδήλωση και να ανανεώσουμε το ραντεβού μας για παρόμοιες εκδηλώσεις στο μέλλον. Σας ευχαριστούμε πολύ.

Εργασίες 13ων Πανελληνίων Αγώνων
Κατασκευών και Πειραμάτων
Φυσικών Επιστημών

(κενή σελίδα)

Van de Graaff Generator - κατασκευή και εκπαιδευτική χρήση

Νούσης Βασίλειος, Φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Θεσπρωτίας
[bill1961gr\[a\]yahoo.gr](mailto:bill1961gr[a]yahoo.gr)

(Βραβείο 13^{ον} Πανελληνίων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών
Επιστημών
και Highlights στο Ευρωπαϊκό Φεστιβάλ)

Περίληψη

Η γεννήτρια Van de Graaff, αρχικά κατασκευασμένη για ερευνητικούς σκοπούς στην πυρηνική φυσική, έχει βρει εκτεταμένη εφαρμογή στην πειραματική διδασκαλία του στατικού ηλεκτρισμού μέσω μικρότερων, αυτοδιαγειρόμενων μοντέλων. Τα εκπαιδευτικά αυτά μοντέλα, παρότι συλλέγουν μόνο ένα είδος φορτίου – σε αντίθεση με τη γεννήτρια Wimshurst, που συλλέγει και τα δύο - ξεχωρίζουν για την αξιόπιστη λειτουργία τους, την εύκολη και γρήγορη συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων φορτίου, τον διάφανο τρόπο λειτουργίας τους, την απλότητα της κατασκευής και τα εντυπωσιακά πειράματα που μπορούν να διεξαχθούν με αυτά.

Abstract

The Van de Graaff generator, originally constructed for research purposes in nuclear physics, has found extensive application in the experimental teaching of static electricity through smaller, self-exciting models. Although these educational models collect only one type of charge — in contrast to the Wimshurst generator, which accumulates both — they stand out for their reliable operation, the easy and rapid accumulation of large amounts of charge, their crystal clear mode of operation, their simple construction, and the impressive experiments that can be carried out with them.

Εισαγωγή

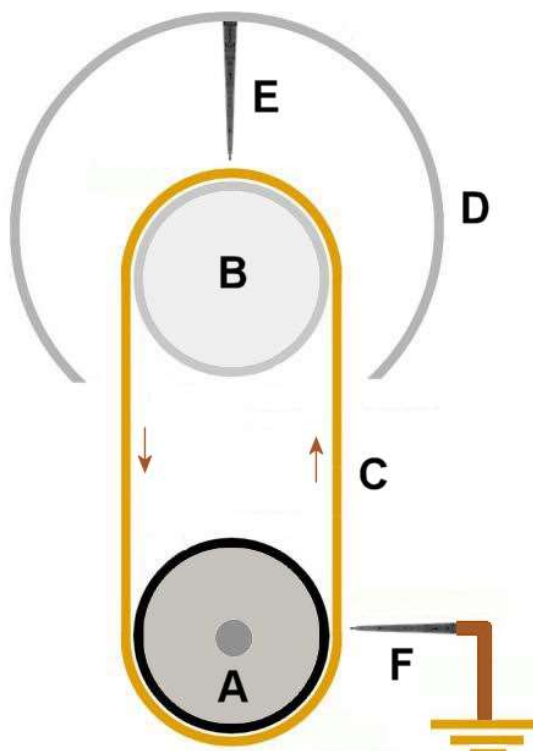
Εφευρέτης της ηλεκτροστατικής γεννήτριας Van de Graaff είναι ο φυσικός Robert Jemison Van de Graaff (1901-1967). Σπούδασε μηχανολόγος μηχανικός στο πανεπιστήμιο της Αλαμπάμα, και συνέχισε τις σπουδές του στη Σορβόνη, όπου είχε την ευκαιρία να παρακολουθήσει τις διαλέξεις της Marie Curie, που έστρεψαν το ενδιαφέρον του στην Πυρηνική Φυσική. Αργότερα στο πανεπιστήμιο της Οξφόρδης εκπονεί τη διδακτορική του διατριβή στη Φυσική και αρχίζει να ενδιαφέρεται για τις δυνατότητες που προφέρουν στη διάσπαση του ατόμου οι κρούσεις με υψηλής ενέργειας φορτισμένα σωματίδια. Στις αρχές του 1929 εντάσσεται στην ερευνητική ομάδα του εργαστηρίου Palmer στο πανεπιστήμιο του Princeton υπό τον Karl Compton και τον Οκτώβρη του ίδιου έτους παρουσιάζει το πρώτο μοντέλο της ομώνυμης ηλεκτροστατικής γεννήτριας, που φόρτιζε ένα μεταλλικό δοχείο με τάση της τάξης των 80 kV. Το Νοέμβρη του 1931 παρουσιάζει μια βελτιωμένη εκδοχή ικανή να φορτίζεται υπό τάση 1,5 MV. Λίγο αργότερα ακολουθεί τον Compton στο Τεχνολογικό Ινστιτούτο Μασαχουσέτης (MIT), όπου το 1933 ολοκληρώνει στο Round Hill την κατασκευή μιας ηλεκτροστατικής γεννήτριας ικανής για φορτίσεις της τάξης των 5 MV.

Η γεννήτρια Van de Graaff (VDG) αναπτύχθηκε σε δύο τύπους:

- **Αυτοδιαγειρόμενη**, που χρησιμοποιείται κυρίως για εκπαιδευτικούς σκοπούς.
- **Εξωτερικής διέγερσης**, που χρησιμοποιήθηκε στα ερευνητικά εργαστήρια.

Ως προς την αρχή λειτουργίας της η γεννήτρια Van de Graaff μπορεί να χαρακτηριστεί ως «αντλία φορτίου», που μεταφέρει ηλεκτρόνια από τη γη σε ένα σφαιρικό μεταλλικό κέλυφος ή αντίστροφα.

Η λειτουργία της αυτοδιαγειρόμενης γεννήτριας VDG



Εικόνα 1: Σχηματικό διάγραμμα της γεννήτριας

Η σχεδίαση της αυτοδιαγειρόμενης γεννήτριας Van de Graaff, στη μελέτη της οποίας θα περιοριστούμε, είναι εξαιρετικά απλή (Εικόνα 1). Αποτελείται από ένα λεπτό ιμάντα (C) από κάποιο μονωτικό υλικό, που περιβάλλει δυο κυλίνδρους (A, B) από διαφορετικό υλικό, οι οποίοι μπορούν να περιστρέφονται γύρω από οριζόντιους και στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο ευρισκόμενους άξονες. Ο κατώτερος κύλινδρος τίθεται σε γρήγορη περιστροφή μέσω ενός μικρού κινητήρα συμπαρασύροντας και τον ιμάντα, ενώ ο ανώτερος περιβάλλεται από ένα μεταλλικό σφαιρικό κέλυφος (D). Για τη στήριξη του μεταλλικού κελύφους χρησιμοποιείται μια κυλινδρική στήλη από μονωτικό υλικό που περιβάλλει τον ιμάντα. Τη διάταξη ολοκληρώνουν δυο μεταλλικά «χτένια» ή βουρτσάκια (σύστημα μεταλλικών ακίδων E και F), εκ των οποίων το κατώτερο (ο **φορτιστής**) είναι γειωμένο ενώ το ανώτερο (ο **συλλέκτης**) βρίσκεται σε

αγωγή επαφή με το εσωτερικό του μεταλλικού κελύφους. Τα μεταλλικά βουρτσάκια είναι τοποθετημένα ώστε οι ακίδες τους να βρίσκονται πολύ κοντά αλλά όχι σε επαφή με τον κινούμενο ιμάντα.

Ας δούμε τώρα πως λειτουργεί η γεννήτρια στην περίπτωση που ο κατώτερος κύλινδρος είναι κατασκευασμένος από PVC, ο ανώτερος από αλουμίνιο, και ο ιμάντας από καουτσούκ (latex). Μόλις ο κινητήρας ενεργοποιηθεί αρχίζει να περιστρέφεται ο κατώτερος κύλινδρος (A), που συμπαρασύρει και τον ιμάντα. Όταν τα ανόμοια υλικά του ιμάντα και του κατώτερου κυλίνδρου (A) διαχωρίζονται, ηλεκτρόνια μεταφέρονται από το ένα στο άλλο. Εμπειρικά η κατεύθυνση της μεταφοράς, άρα και το είδος του φορτίου που κατ' αυτό τον τρόπο αποκτά κάθε σώμα, καθορίζεται από τη σχετική θέση τους στη λεγόμενη **τριβοηλεκτρική σειρά** (Πίνακας 1) μια λίστα στην οποία κατατάσσονται τα διάφορα υλικά ανάλογα με την τάση τους να φορτίζονται θετικά ή αρνητικά μετά από τριβή. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι ο κύλινδρος φορτίζεται αρνητικά (και θετικά το εσωτερικό μέρος του ανερχόμενου

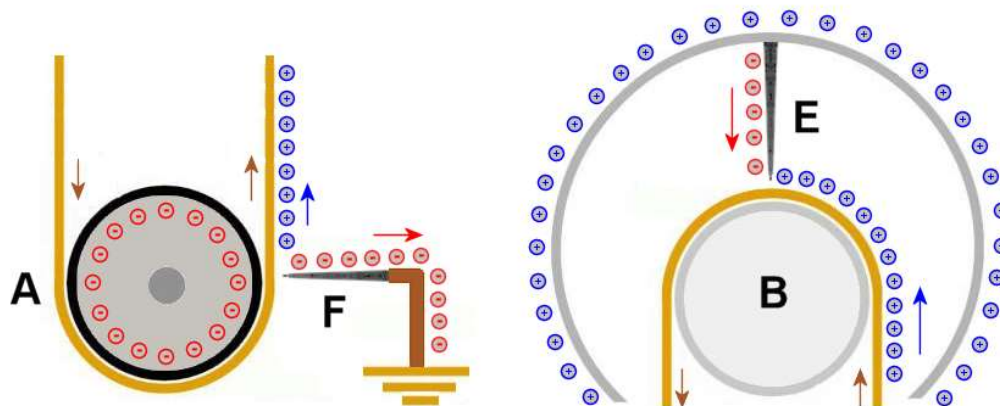
τμήματος του ιμάντα). Στον ανώτερο κύλινδρο δεν παρατηρείται αντίστοιχο φαινόμενο (ή είναι πρακτικά ασήμαντο), αφού τα δύο υλικά (του ανώτερου κυλίνδρου και του ιμάντα) βρίσκονται σε πολύ κοντινές θέσεις στην κεντρική (ουδέτερη) περιοχή στην τριβοηλεκτρική σειρά.

Πίνακας 1: Τριβοηλεκτρική σειρά

θετικό	ξηρό ανθρώπινο δέρμα
	γυαλί
	μαλλί
	γούνα γάτας
	μετάξι
	αλουμίνιο
	χαρτί
	ξύλο
	πλεξιγκλάς
	κεχριμπάρι
	καουτσούκ
	συνθετικό καουτσούκ (νεοπρένιο)
	φελιζόλ
	πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)
αρνητικό	τεφλόν

Το αρνητικό φορτίο του κατώτερου κυλίνδρου δημιουργεί στην περιοχή μεταξύ του κυλίνδρου και του κατώτερου μεταλλικού «χτενιού» (F) ισχυρότερο ηλεκτρικό πεδίο σε σχέση με το πεδίο του θετικού φορτίου του ιμάντα, αφού το φορτίο στον ιμάντα κατανέμεται σε ολόκληρη την εσωτερική επιφάνεια του ανερχόμενου τμήματός του. Έτσι το αρνητικό φορτίο του κατώτερου κυλίνδρου απωθεί τα ηλεκτρόνια του φορτιστή (F) προς τη Γη, με αποτέλεσμα οι ακίδες του φορτιστή να φορτίζονται θετικά. Λόγω της μορφής του φορτιστή το ηλεκτρικό πεδίο κοντά στις ακίδες του είναι πολύ ισχυρό, ώστε να προκαλεί ιονισμό του αέρα. Τα θετικά ιόντα από τον ιονισμένο αέρα κινούνται προς τον κατώτερο κύλινδρο, ενώ ταυτόχρονα τα ελεύθερα ηλεκτρόνια του ιονισμένου αέρα μέσω του φορτιστή διοχετεύονται στη γη («εκκένωση στέμματος»). Στην πορεία των θετικών ιόντων προς τον κατώτερο κύλινδρο παρεμβάλλεται ο μονωτικός ιμάντας, στον οποίο και προσκολλώνται και έτσι το εξωτερικό μέρος του ανερχόμενου τμήματος του ιμάντα φορτίζεται θετικά.

Όταν ο ιμάντας περνάει πολύ κοντά από το ανώτερο μεταλλικό «χτένι» (E) το θετικό φορτίο που μεταφέρει, έλκει τα ηλεκτρόνια του συλλέκτη, και έτσι οι ακίδες του φορτίζονται αρνητικά. Μέσω αντίστοιχης εκκένωσης στέμματος θετικά ιόντα κινούνται προς τον αρνητικά φορτισμένο συλλέκτη, ενώ ελεύθερα ηλεκτρόνια κινούνται προς τον θετικά φορτισμένο ιμάντα. Τελικό αποτέλεσμα είναι η θετική φόρτιση του μεταλλικού κελύφους και η εξουδετέρωση του φορτίου του ιμάντα, ο οποίος πλέον κατέρχεται ουδέτερος (ώστε η όλη διαδικασία να μπορεί να επαναληφθεί). Το θετικό φορτίο στο μεταλλικό κέλυφος κατανέμεται ομοιόμορφα στην εξωτερική του επιφάνεια, ενώ η απουσία ηλεκτρικού πεδίου στο εσωτερικό του έχει ως αποτέλεσμα την ανεμπόδιστη μεταφορά των προσκολλημένων στον ιμάντα θετικών φορτίων.



Εικόνα 2: Η γεννήτρια Van de Graaff ως «αντλία φορτίου»

Η συσσώρευση θετικού φορτίου στο μεταλλικό κέλυφος συνεχίζεται μέχρι το ηλεκτρικό πεδίο του μεταλλικού κελύφους να ξεπεράσει τη διηλεκτρική αντοχή του αέρα (περίπου 30 kV/cm), οπότε ο αέρας που περιβάλλει το κέλυφος ιονίζεται, ελευθερώνοντας ηλεκτρόνια τα οποία, καθώς έλκονται από το ετερόνυμο φορτίο του μεταλλικού κελύφους και προσκολλώνται σ' αυτό, περιορίζουν τελικά το μέγιστο θετικό φορτίο που μπορεί να αποθηκεύσει. Η παρουσία ενός γειωμένου αντικειμένου σχετικά κοντά στο μεταλλικό κέλυφος της γεννήτριας έχει σαν αποτέλεσμα την εκφόρτισή της με τη δημιουργία σπινθήρα (ηλεκτρική εκκένωση).

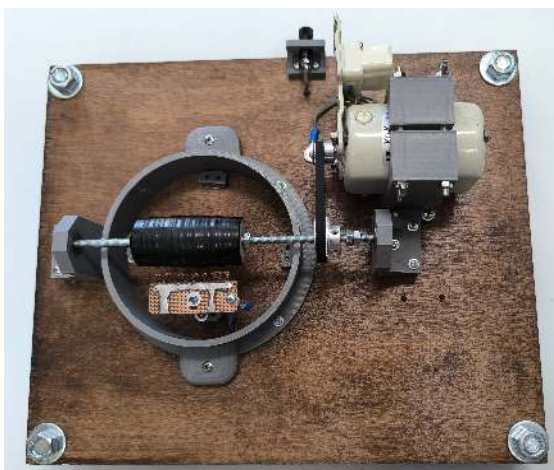
Στην περίπτωση που επιθυμούμε τη συλλογή αρνητικού φορτίου στο μεταλλικό κέλυφος της γεννήτριας μπορούμε απλά να ανταλλάξουμε τις θέσεις των δύο κυλίνδρων, δηλ. στον κινητήρα να βάλουμε τον κύλινδρο από αλουμίνιο και στην κορυφή αυτή με το PVC (ή το υλικό που φορτίζεται αρνητικά κατά την επαφή τους με το υλικό του ιμάντα).

Κατασκευή γεννήτριας VDG

Για την κατασκευή της γεννήτριας VDG χρησιμοποιήσαμε:

- Ένα ηλεκτρικό κινητήρα εναλλασσομένου από παλιά ηλεκτρική ραπτομηχανή. Οι κινητήρες αυτού του είδους είναι πολύστροφοι (7000 rpm). Καθώς στη γεννήτρια VDG απαιτείται μια ταχύτητα ιμάντα περί τα 1-3 m/s και αρκετή ροπή κινητήρα, προσθέσαμε ένα σύστημα μείωσης των στροφών (1:3) αποτελούμενο από δύο οδοντωτούς τροχούς και οδοντωτό ιμάντα πλάτους 6 mm.
- Δύο κυλίνδρους (3D εκτυπωμένους ή από σωλήνα PVC) ύψους 7 cm και διαμέτρου 3,5 cm, ο ένας επενδυμένος με μονωτική ταινία PVC και ο άλλος με αλουμινοταινία. Και οι δύο κύλινδροι είναι πεπλατυσμένοι στο μέσο τους και στενότεροι στα άκρα. Αυτό βοηθάει ώστε ο ιμάντας να κρατιέται στο κέντρο και να μην ολισθαίνει προς τα άκρα του κυλίνδρου.
- Ένα σωλήνα πλεξιγκλάς διαμέτρου 13 cm και μήκους περί τα 70 cm, για τη στήριξη του συλλέκτη και της σφαίρας συλλογής φορτίου. Μια πιο οικονομική λύση είναι η χρήση σωλήνα PVC διαμέτρου 12,5 cm. Στο κατώτερο μέρος του σωλήνα έχουν ανοιχθεί παράλληλες οπές ώστε να περνάει και να κινείται ελεύθερα ο άξονας με τον κατώτερο κύλινδρο.

- Ένα ιμάντα πλάτους 6 cm, φτιαγμένο από ταινία γυμναστικής latex. Τα άκρα του ιμάντα ενώνονται μεταξύ τους με κόλλα στιγμής (τύπου gel), ώστε να σχηματιστεί κλειστός βρόχος. Το μήκος του βρόχου πρέπει να είναι λίγο μικρότερο από την κατακόρυφη απόσταση μεταξύ των αξόνων των δύο κυλίνδρων στην τελική διάταξη.
- Μια μεταλλική σφαίρα διαμέτρου 25 cm (διακοσμητική σφαίρα κήπου), στην οποία ανοίξαμε κατάλληλης διαμέτρου τρύπα, ώστε να εισέρχεται με ευκολία στο σωλήνα πλεξιγκλάς. Πιο οικονομική λύση, δυο μεταλλικά μπωλ (σαλατιέρες) χωρίς χείλος, ενωμένα μεταξύ τους με αλουμινοταινία.
- Δύο 3D εκτυπωμένες βάσεις: μία για τη στήριξη του σωλήνα πλεξιγκλάς στη βάση της διάταξης και μία για τη στήριξη του ανώτερου κυλίνδρου, του συλλέκτη φορτίου και της σφαίρας συλλογής του φορτίου στην κορυφή της διάταξης.
- Άλλες δύο 3D εκτυπωμένες βάσεις δια τη στήριξη του άξονα περιστροφής του κατώτερου κυλίνδρου και μία ακόμη βάση για τη στήριξη του συστήματος ακίδων του φορτιστή της γεννήτριας.
- Το σύστημα ακίδων του φορτιστή, που αποτελείται από πολλά τμήματα χάλκινου πολύκλωνου καλωδίου κολλημένα σε μικρό τμήμα πλακέτας (Εικόνα 3). Το σύστημα αυτό στερεώνεται στη βάση της συσκευής με την κατάλληλη 3D βάση και σε τέτοιο ύψος, ώστε οι ακίδες του να τοποθετούνται ακριβώς απέναντι και πολύ κοντά στο σημείο που ο ιμάντας αποχωρίζεται από τον κατώτερο κύλινδρο. Ο φορτιστής συνδέεται αγωγίμα στη γείωση του ηλεκτρικού δικτύου.
- Το σύστημα ακίδων του συλλέκτη φορτίου κατασκευάστηκε με ένα τμήμα από φύλλο αλουμινίου, που το πήραμε από κουτί αναψυκτικού. Με κατάλληλες βίδες και παξιμάδια ο συλλέκτης στερεώνεται σε κατάλληλα λυγισμένη αλουμινένια ράβδο, η οποία χρησιμεύει επίσης για τη στήριξη της σφαίρας συλλογής φορτίου.
- Δύο μεταλλικούς άξονες διαμέτρου 6 mm. Στον ένα, μήκους περί τα 22 cm στερεώνεται ο κατώτερος κύλινδρος και ο μεγαλύτερος οδοντωτός του συστήματος μείωσης των στροφών του κινητήρα. Στον άλλο άξονα, ο οποίος στερεώνεται στη βάση στην κορυφή της γεννήτριας, μπορεί ελεύθερα να περιστρέφεται ο ανώτερος κύλινδρος. Σε κάθε περίπτωση για ελαχιστοποίηση των τριβών κατά την περιστροφή των αξόνων (ή στους άξονες) χρησιμοποιήσαμε ρουλεμάν.
- Θηλυκό βύσμα, τύπου μπανάνα, που συνδέεται στη γείωση του δικτύου.
- Ξύλινη βάση διαστάσεων 38x32 cm.



Εικόνα 3: Η βάση της διάταξης

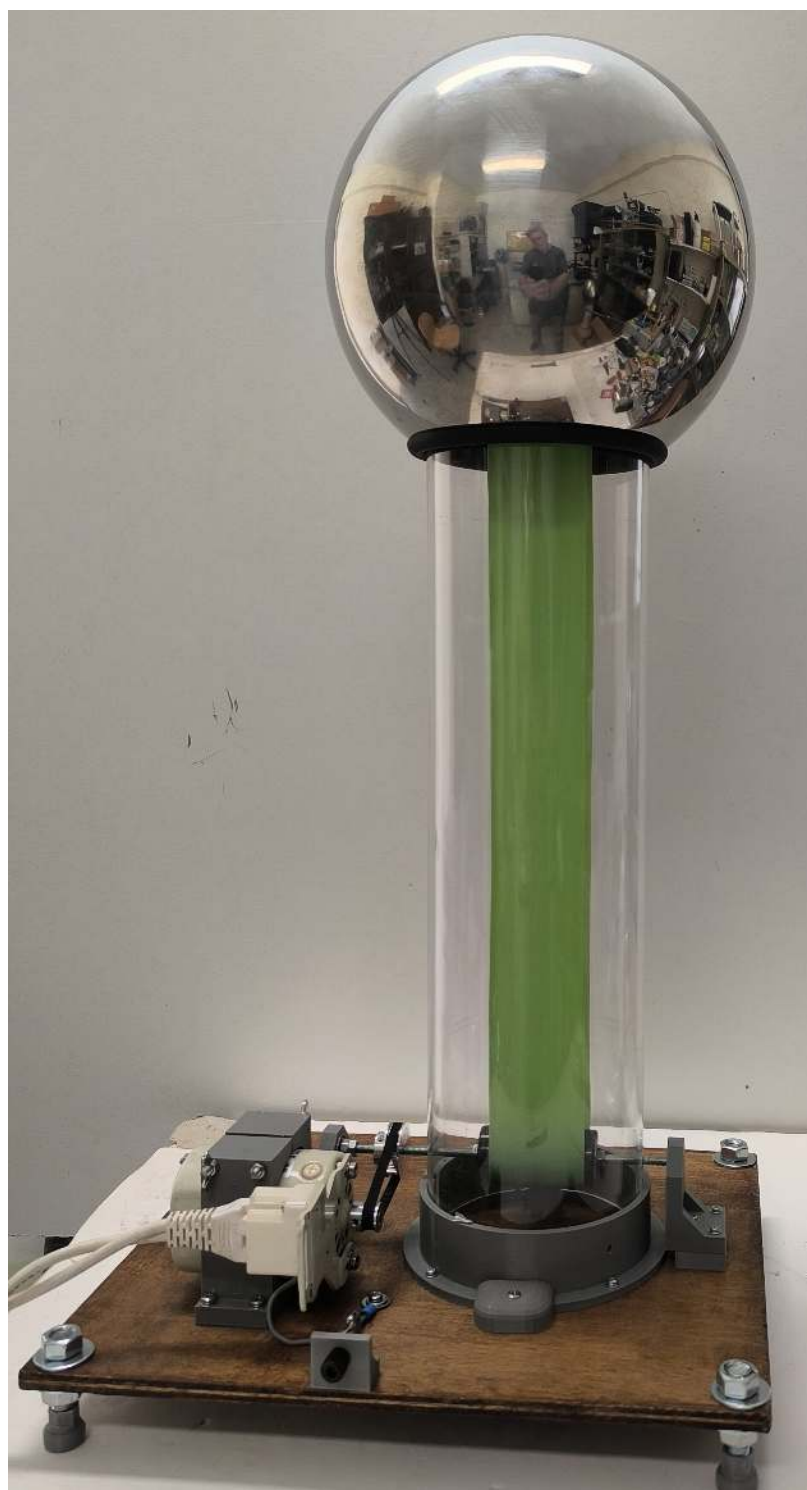
Στην ξύλινη βάση τοποθετούνται: ο ηλεκτρικός κινητήρας (με το σύστημα μείωσης στροφών), η βάση για τη στήριξη του σωλήνα πλεξιγκλάς, η βάση στήριξης του φορτιστή (με την πλακέτα του φορτιστή στερεωμένη πάνω της), το βύσμα τύπου μπανάνα και οι δύο βάσεις με τα ρουλεμάν για τη στήριξη του μεταλλικού άξονα περιστροφής του κατώτερου κυλίνδρου, ο οποίος στερεώνεται με παξιμάδια ή μεταλλικά κολλάρια πάνω στον άξονα. Επιπλέον, πολύκλινα χάλκινα καλώδια συνδέουν το φορτιστή και το βύσμα μπανάνα στη γείωση του ηλεκτρικού δικτύου.



Εικόνα 4: Ο σωλήνας πλεξιγκλάς, ο latex ιμάντας, ο ανώτερος κύλινδρος, το σύστημα συλλογής φορτίου και η βάση για τη στήριξή του και τη στήριξη της σφαίρας συλλογής φορτίου.



Εικόνα 5: Ο σωλήνας πλεξιγκλάς με τη 3D βάση στην κορυφή του και στερεωμένα πάνω της ο ανώτερος κύλινδρος και το σύστημα συλλογής φορτίου.

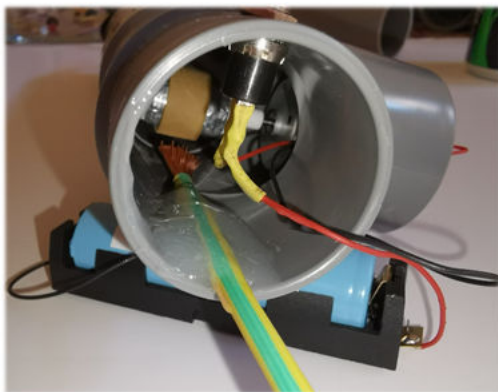


Εικόνα 6: Ολοκληρωμένη η γεννήτρια Van de Graaff

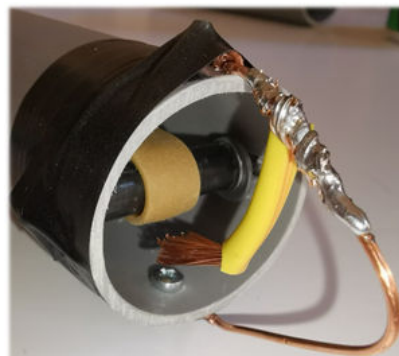
Μικρότερων διαστάσεων, αλλά και μικρότερων δυνατοτήτων, γεννήτριες μπορούν να κατασκευαστούν (Εικόνες 7, 8, 9 και 10) με ακόμη πιο απλά υλικά:

- Ένα κινητήρα από παιδικό παιχνίδι και μπαταρίες για την τροφοδοσία του.
- Ένα αλουμινένιο κουτί αναψυκτικού για τη συλλογή του φορτίου.
- Πλατύ λάστιχο latex ως μιάντα.

- Μικρούς πλαστικούς σωλήνες (π.χ. τμήμα του πλαστικού περιβλήματος από στυλό) για τους δύο κυλίνδρους.
- Καρφί ως άξονα περιστροφής.
- Πλαστικούς σωλήνες διαμέτρου 4 cm και ένα σύνδεσμο τύπου T για τη στήριξη της διάταξης.



Εικόνα 7: Μίνι VDG - λεπτομέρεια του φορτιστή



Εικόνα 8: Μίνι VDG - λεπτομέρεια του συλλέκτη



Εικόνα 9: Μίνι VDG - Σύνδεση κινητήρα



Εικόνα 10: Συναρμολογημένη η μίνι-VDG

Εκπαιδευτική χρήση της γεννήτριας Van de Graaff

Οι γεννήτριες Van de Graaff είναι γνωστές για τα εντυπωσιακά πειράματα στατικού ηλεκτρισμού που μπορούμε να πραγματοποιήσουμε, όπως:

- Τους ισχυρούς σπινθήρες που παράγει.

- Την ηλεκτρική έλξη μεγάλων αντικειμένων.
- Την αισθητοποίηση του ηλεκτρικού πεδίου γύρω της με νήματα στερεωμένα στη σφαίρα συλλογής φορτίου ή με τον ηλεκτρικό θύσανο.
- Την ηλεκτρική άπωση και την «εκτόξευση» κύπελων αλουμινίου τοποθετημένων στη σφαίρα συλλογής φορτίου.
- Το «άναμμα» λάμπας φθορίου.
- Την επίδειξη του ηλεκτρικού ανέμου και την επίδρασή του στη φλόγα ενός κεριού.
- Το σήκωμα των μαλλιών.

Εξίσου σημαντική είναι και η δυνατότητα να αναπαράγουμε με σύγχρονα μέσα ιστορικά πειράματα, όπως:

- Το φαινόμενο «έλξη-επαφή-άπωση» που παρατηρήθηκε πρώτα το 1629 από τον Niccolo Cabeo, αλλά χρειάστηκαν εκατό χρόνια για την εξήγησή του με τα πειράματα του Charles Gisternay Du Fay.
- Τα πειράματα του Stephen Gray (1729) με τα οποία διαπιστώθηκε η διάκριση των σωμάτων σε αγωγούς και μονωτές, καθώς και η διαπίστωση ότι το ανθρώπινο σώμα είναι αγωγός.
- Το πείραμα του Joseph Priestley που οδήγησε στο φαινόμενο της ηλεκτρικής θωράκισης και στην υπόθεση ότι οι ηλεκτρικές δυνάμεις ακολουθούν νόμο αντίστροφα ανάλογο του τετραγώνου της απόστασης.
- Τα πειράματα του Benjamin Franklin που οδήγησαν στην κατασκευή του αλεξικέραυνου.
- Τα κουδούνια του Franklin.
- Τη μελέτη της λειτουργίας του πυκνωτή.
- Την εκπομπή και λήψη ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με μια παραλλαγή του πειράματος του Hertz και χρήση της πρώτης συσκευής λήψης H/M κυμάτων με τη διάταξη του Branly (Branly coherer).

Επίλογος

Η εκπαιδευτικής χρήσης γεννήτρια Van de Graaff μπορεί εύκολα να κατασκευαστεί με υλικά που δεν είναι δύσκολο να βρεθούν ή αυτά τα ίδια να κατασκευαστούν για παράδειγμα με τη χρήση εκτυπωτών 3D. Φορτίζεται εύκολα με πολύ υψηλή τάση και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για σειρά εντυπωσιακών ή/και ιστορικών πειραμάτων στατικού ηλεκτρισμού με ιδιαίτερη αξιοπιστία. Η μίνι-VDG παρότι μικρότερων δυνατοτήτων, μπορεί να κατασκευαστεί ακόμη πιο εύκολα και να χρησιμοποιηθεί για τα βασικά πειράματα στατικού ηλεκτρισμού. Τα όποια προβλήματα, συνήθως λόγω υγρασίας, αντιμετωπίζονται με ρεύμα ζεστού αέρα (από πιστολάκι μαλλιών) στον επάνω κύλινδρο, τον ιμάντα και τη σφαίρα συλλογής φορτίου.

Βιβλιογραφία

- Antonio Carlos M. de Queiroz (2005). *Electrostatic Machines*; <http://www.coe.ufrj.br/~acmq/electrostatic.html>
- Wikipedia, (2005). *Triboelectric effect*. https://en.wikipedia.org/wiki/Triboelectric_effect.

- Van de Graaff, R. J., Compton, K. T., & Van Atta, L. C. (1933). *The Electrostatic Production of High Voltage for Nuclear Investigations*. *Physical Review*, 43(3), 149–157.
- Furfari, F. A. (2005). *A history of the Van de Graaff generator*. *IEEE Industry Applications Magazine*, 11(1), 10–14.
- Beaty, Bill. (2005). *Van de Graaff Machine*, <http://amasci.com/emotor/vdg.html>
- Berg, R. E. (1990). *Van de Graaff generators: Theory, maintenance, and belt fabrication*. *The Physics Teacher*, 28(5), 281–285.
- UCLA Physics & Astronomy (2021). *Van de Graaff*. https://demoweb.physics.ucla.edu/sites/default/files/Physics6B_Exp4.pdf
- PennWest Clarion (2019). *Instructions & Applications for Van De Graff Generator*. <https://www.clarion.edu/academics/colleges-and-schools/college-of-education-health-and-human-services/school-of-education/science-in-motion-project/available-equipment/Van-de-Graaff-Generator.pdf>

*Το copyright των φωτογραφιών και των σχημάτων ανήκει στον συγγραφέα.



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Greece

***Highlights Science on Stage Festival 2026,
Klaipėda, Λιθουανία***



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Greece

*Science on Stage Festival 2026,
Klaipėda, Λιθουανία*

Ένα αρχαίο σιφόνι στο σήμερα – Ενυδρειοπονία

Λουΐζα Δημητρίου, Φυσικός MEd, Συνεργάτης Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω

[loybaee\[a\]yahoo.gr](mailto:loybaee[a]yahoo.gr)

(Βραβείο 13^{ων} Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών)

Περίληψη

Η «Κούπα του Πυθαγόρα» θεωρείται εφεύρεση του Πυθαγόρα, με την οποία ήθελε να διδάξει τους μαθητές του την αναγκαιότητα τήρησης του μέτρου στις ζωές τους. Όταν γεμίζει πέρα από ένα ορισμένο σημείο, ένα φαινόμενο σιφονισμού προκαλεί την αποστράγγιση ολόκληρου του περιεχομένου του κυπέλλου μέσω της βάσης.

Ένα «Πυθαγόρειο» σιφόνι βρίσκει πολλές εφαρμογές στην σημερινή εποχή.

Το συναντάμε στην ενυδρειοπονία, η οποία συνδυάζει την υδροπονία, καλλιέργεια φυτών σε νερό, με την εκτροφή υδρόβιων ζώων (ψάρια, γαρίδες και άλλα) σε συστήματα ανακυκλωμένης υδατοκαλλιέργειας.

Σε πολλά πλυντήρια ρούχων η θήκη για το μαλακτικό λειτουργεί χρησιμοποιώντας ένα «Πυθαγόρειο» σιφόνι για την κατανομή μαλακτικού αραιωμένου με νερό στα ρούχα του πλυντηρίου.

Χρησιμοποιείται στις υδρορροές των σπιτιών, σε δεξαμενές και σε άλλες υδραυλικές εγκαταστάσεις για την αποστράγγιση των υδάτων.

Abstract

The "Pythagorean cup" is considered an invention of Pythagoras with which he wanted to teach his students the necessity of observing moderation in their lives. When it is filled beyond a certain point, a siphoning phenomenon causes the entire contents of the cup to drain through the base.

A "Pythagorean" siphon finds many applications in modern times.

We find it in aquaculture which combines hydroponics, the cultivation of plants in water, with the breeding of aquatic animals (fish, shrimp and others) in recycled aquaculture systems.

In many washing machines, the softener compartment works using a "Pythagorean" siphon to distribute softener diluted with water to the clothes in the washing machine.

It is used in house drains, in tanks and in other plumbing installations to drain water.

Εισαγωγή - Θεωρητική Θεμελίωση

Η Κούπα του Πυθαγόρα

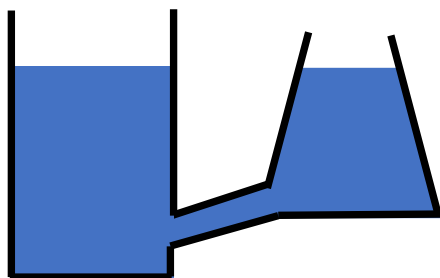
Πρόκειται για ένα κύπελλο κρασιού που έχει ένα καμπύλο σιφόνι στο κέντρο του και μια γραμμή που καθορίζει το όριο μέχρι το οποίο πρέπει να φτάνει το υγρό. Όταν κάποιος το



Εικόνα 11: Η κούπα του Πυθαγόρα

γεμίζει υπερβολικά, η στάθμη του υγρού καλύπτει το σифόνι και αδειάζει αυτόματα όλο. Θεωρείται εφεύρεση του Πυθαγόρα του Σάμιου (6ος αι. π.Χ.), σημαντικού Έλληνα φιλόσοφου, μαθηματικού, γεωμέτρη και θεωρητικού της μουσικής. Λέγεται και «Κούπα του Δικαίου», γιατί εκφράζει τις βασικές αρχές του Δικαίου (της ύβρεως και της νεμέσεως). Όταν το μέτρο ξεπεραστεί (αλαζονεία), δεν χάνονται μόνο όσα ξεπέρασαν το όριο, αλλά και όσα έχουν αποκτηθεί μέχρι τότε (τιμωρία).

Συγκοινωνούντα δοχεία



Εικόνα 12: Συγκοινωνούντα δοχεία

Συγκοινωνούντα δοχεία είναι δοχεία, ανεξαρτήτου σχήματος ή μεγέθους, που επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ενός σωλήνα, επιτρέποντας την ελεύθερη ροή υγρού. Σύμφωνα με την αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων, αν τα δοχεία περιέχουν το ίδιο υγρό που ισορροπεί, η ελεύθερη επιφάνειά του θα σταματήσει στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο σε όλα τα δοχεία, ανεξάρτητα από το σχήμα τους και επιπλέον, δύο σημεία του υγρού έχουν την ίδια πίεση όταν βρίσκονται

στο ίδιο βάθος, δηλαδή στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο.

Εξίσωση Συνέχειας

Θεωρούμε ένα ασυμπίεστο ρευστό που ρέει μέσα σ' ένα σωλήνα μεταβλητής διατομής και υποθέτουμε ότι η ροή είναι στρωτή. Αν v_1 και v_2 οι ταχύτητες του ρευστού στις διατομές A_1 και A_2 αντίστοιχα τότε ισχύει η εξίσωση:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (1)$$

Η εξίσωση αυτή ονομάζεται εξίσωση της συνέχειας και είναι άμεση συνέπεια της αρχής διατήρησης της ύλης.

Εξίσωση του Bernoulli

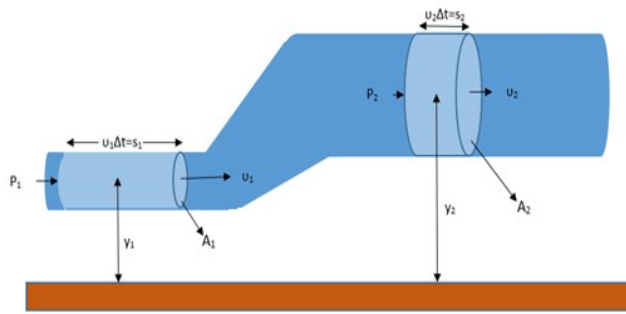
Η εξίσωση του Bernoulli για ιδανικό ρευστό διατυπώνεται ως εξής:

Το άθροισμα της πίεσης (p), της κινητικής ενέργειας ανά μονάδα όγκου ($\frac{1}{2} \rho v^2$) και της δυναμικής ενέργειας ανά μονάδα όγκου ($\rho g y$) έχει την ίδια σταθερή τιμή σε οποιοδήποτε σημείο μιας ρευματικής γραμμής.

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g y = \text{σταθερό} \quad (2)$$

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g y_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g y_2 \quad (3)$$

Η εξίσωση του Bernoulli αποτελεί έκφραση της αρχής διατήρησης της ενέργειας στη ροή των ρευστών.



Εικόνα 13: Ασυμπίεστο ρευστό ρέει με στρωτή ροή μέσα σε ένα σωλήνα. Το ρευστό που βρίσκεται στο μέρος του σωλήνα με μήκος s_1 μετακινείται στο μέρος του σωλήνα που έχει μήκος s_2 . Οι όγκοι του ρευστού στα δύο μέρη είναι ίσοι.

Κλίμακα pH

Το pH αποτελεί μέτρο οξύτητας ή αλκαλικότητας μιας χημικής ουσίας. Στους 25°C η κλίμακα pH κυμαίνεται από 0 έως 14 και χρησιμοποιείται ευρέως για τον προσδιορισμό της οξύτητας ενός διαλύματος. Διαλύματα για τα οποία η τιμή του pH είναι μικρότερη από 7 χαρακτηρίζονται ως όξινα, ενώ διαλύματα με pH μεγαλύτερο από 7 χαρακτηρίζονται αλκαλικά (βασικά). Τέλος, τα διαλύματα με pH=7 ονομάζονται ουδέτερα. Οι βασικοί τρόποι με τους οποίους μπορεί να μετρηθεί το pH ενός διαλύματος είναι οι εξής:

- Με πεχαμετρικό χαρτί, δηλαδή ειδικό χαρτί διαποτισμένο με μείγμα δεικτών. Το πεχαμετρικό χαρτί εισάγεται στο υπό μελέτη διάλυμα, οπότε ανάλογα με το pH αποκτά συγκεκριμένο χρώμα. Η σύγκριση του χρώματος αυτού με ειδικούς χρωματικούς πίνακες οδηγεί σε μια καλή προσέγγιση για το pH του διαλύματος.
- Με τη χρήση ενός πεχάμετρου, το οποίο είναι μία ειδική συσκευή που χρησιμοποιεί ηλεκτρομετρική μέθοδο μέτρησης του pH. Το πεχάμετρο βοηθά στην περίπτωση που απαιτείται ιδιαίτερη ακρίβεια στη μέτρηση του pH.

Νιτροποιητικά βακτήρια

Τα νιτροποιητικά βακτήρια είναι βακτήρια του εδάφους που μετατρέπουν την αμμωνία σε νιτρικά ιόντα. Συμμετέχουν στον κύκλο του αζώτου, μετατρέποντας αρχικά την αμμωνία, που παράγεται από την αποσύνθεση οργανικής ύλης, σε νιτρώδη και στη συνέχεια σε νιτρικά άλατα. Αυτή η διαδικασία είναι ζωτικής σημασίας για την αποτοξίνωση του περιβάλλοντος, καθώς τα νιτρικά είναι λιγότερο τοξικά από την αμμωνία και μπορούν να αξιοποιηθούν από τα φυτά ως θρεπτικό συστατικό.

Άρα, τα νιτροποιητικά βακτήρια συμμετέχουν:

- Στην μετατροπή αμμωνίας: Η κύρια λειτουργία τους είναι να οξειδώνουν την αμμωνία (NH_3), η οποία είναι πολύ τοξική για τους περισσότερους οργανισμούς, σε νιτρώδη (NO_2^-) και στη συνέχεια σε νιτρικά (NO_3^-).
- Στον κύκλο του αζώτου: Η διαδικασία αυτή αποτελεί ένα βασικό στάδιο στον κύκλο του αζώτου, μια σειρά βιογεωχημικών διεργασιών που περιλαμβάνουν τη μετατροπή του αζώτου σε διάφορες μορφές, καθιστώντας το βιοδιαθέσιμο για τους οργανισμούς.
- Στην υποστήριξη ζωής: Αυτή η μετατροπή είναι κρίσιμη για τη διατήρηση της υγείας των υδάτινων οικοσυστημάτων, όπως τα ενυδρεία, και του εδάφους, καθώς απομακρύνει την τοξική αμμωνία και παρέχει θρεπτικά συστατικά για τα φυτά.

Ενυδραιοπονία

Η ενυδραιοπονία συνδυάζει την υδροπονία με την ιχθυοκαλλιέργεια δημιουργώντας ένα ανατροφοδοτούμενο σύστημα, το οποίο είναι ένα κλειστό σύστημα παραγωγής τροφίμων, ψαριών και φυτών, χωρίς την προσθήκη χημικών. Υδροπονία είναι η μέθοδος καλλιέργειας κατά την οποία η ανάπτυξη των φυτών γίνεται δίχως εδαφικό υπόστρωμα. Όλα τα θρεπτικά συστατικά που χρειάζονται τα φυτά για να αναπτυχθούν παρέχονται μέσω του νερού. Στην ενυδραιοπονία, τα υγρά απόβλητα των ψαριών διανέμονται στη ρίζα των φυτών, παρέχοντας έτσι τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη των φυτών. Τα φυτά στην συνέχεια παρέχουν ένα φυσικό φίλτρο και συνεπώς το νερό μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί από τα ψάρια. Αυτό δημιουργεί ένα μικρό οικοσύστημα, όπου φυτά και ψάρια μπορούν να αναπτυχθούν ταυτόχρονα. Η μεθοδολογία αυτή χρησιμοποιείται κυρίως στην Ασία, αλλά και σε άλλες χώρες όπως στις ΗΠΑ, την Αυστραλία, την Κεντρική Αμερική και τον Καναδά.

Με την αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού και την αυξανόμενη ζήτηση για τρόφιμα, καθώς και τη ταυτόχρονη μείωση της αγροτικής γης, η ενυδραιοπονία αποτελεί μια από τις πολλά υποσχόμενες λύσεις των προβλημάτων διατροφής σε ολόκληρο τον κόσμο.

Μερικά από τα σημαντικά πλεονεκτήματα τη ενυδραιοπονίας είναι:

- Ο χώρος εγκατάστασης είναι μικρός και ανεξάρτητος από τις κλιματολογικές συνθήκες
 - Αύξηση της παραγωγικότητας. Ο χρόνος ανάπτυξης των φυτών μειώνεται, όπως για παράδειγμα, για μια συμβατική καλλιέργεια χρειάζονται 30-35 ημέρες, σε αντίθεση με τις 50-60 ημέρες που χρειάζονται στη συμβατική καλλιέργεια
 - Τα απόβλητα των ψαριών χρησιμοποιούνται ως εναλλακτικός τρόπος λίπανσης των φυτών. Τα φυτά συνεισφέρουν στον καθαρισμό του νερού, μειώνοντας τα επικίνδυνα χημικά στοιχεία από τα απόβλητα της υδατοκαλλιέργειας
 - Διατηρεί σταθερή την ποσότητα του νερού, μειώνοντας τις ανάγκες για προσθήκη μεγάλων όγκων νερού
 - Παράγει προϊόντα, φυτά και ψάρια, με υψηλή αξία
 - Χρησιμοποιεί ουδέτερο υπόστρωμα κατάλληλο για τις ρίζες των φυτών (περλίτη, ελαφρόπετρα, διογκωμένη άργιλο)
 - Έχει αυξημένη πυκνότητα φύτευσης σε σχέση με τη συμβατική καλλιέργεια σε χώμα
 - Παρατηρείται ελαχιστοποίηση των ασθενειών των φυτών, ειδικά αυτές που προσβάλλουν τις ρίζες
 - Είναι μια βιολογική μέθοδος καλλιέργειας, αφού δεν χρησιμοποιεί χημικά λιπάσματα και φυτοφάρμακα, προστατεύοντας παράλληλα το φυσικό αποδέκτη από τα απόβλητα
- Μειονέκτημα της μεθόδου καλλιέργειας είναι:

- Συχνές μετρήσεις της ποιότητας του νερού μέχρι έως ότου σταθεροποιηθούν το pH, τα νιτρικά ιόντα, τα νιτρώδη ιόντα και η σκληρότητα, με ειδικά test χρωματομετρίας

Σ' ένα ενυδραιοπονικό σύστημα, τα ψάρια τρέφονται και παράγουν απόβλητα, κυρίως αμμωνία. Η αμμωνία είναι επικίνδυνη για τα ψάρια, ακόμα και σε ελάχιστες ποσότητες, και η τοξικότητα της αυξάνεται ανάλογα με το pH και την θερμοκρασία του νερού. Η αμμωνία (NH_3) αποτελεί τροφή για τα νιτροποιητικά βακτήρια τα οποία αλλάζουν σε νιτρώδη (NO_2^-) και στην συνέχεια σε νιτρικά (NO_3^-) απόβλητα. Τα νιτροποιητικά βακτήρια αναπτύσσονται στο υπόστρωμα και τις ρίζες των φυτών. Τα νιτρικά άλατα, ο φώσφορος και το κάλιο αποτελούν τροφή για φυτά, τα οποία τα αφαιρούν για να τραφούν από το νερό, το οποίο στην συνέχεια επιστρέφει στα ψάρια. Αυτό το φαινόμενο είναι γνωστό ως «ο Κύκλος του Αζώτου». Όταν το σύστημα

βρίσκεται σε τέλεια ισορροπία, το νερό είναι διαυγές και πεντακάθαρο και οι δείκτες αμμωνίας και νιτρωδών στο νερό μηδενικοί.

Η ενυδρειοπονία βασίζεται στην κοινή πεποίθηση μιας βιολογικής παραγωγής φυτών και ψαριών. Η παραγωγή ψαριών με ενυδρειοπονική μέθοδο χρησιμοποιεί συνήθως το ψάρι Τιλάπια. Άλλα κοινά ψάρια που χρησιμοποιούνται είναι: ο κυπρίνος, η πέρκα, η πέστροφα, και το λαβράκι. Όλα τα ψάρια, όπως χρυσόψαρα και τροπικά ψάρια, είναι κατάλληλα να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή φυτών, ακόμα και σε μικρές δεξαμενές. Κάποιοι χρησιμοποιούν επίσης άλλα ζώα του γλυκού νερού, όπως καραβίδες, γαρίδες και μύδια. Η επιλογή των φυτικών ειδών που καλλιεργούνται μέσω της υδροπονίας, σχετίζεται άμεσα με την πυκνότητα εκτροφής των ψαριών στο σύστημα και με τη μετέπειτα συγκέντρωση των θρεπτικών αποβλήτων της υδατοκαλλιέργειας. Μαρούλι, βότανα, και ειδικά χόρτα (σπανάκι, πράσο, βασιλικός και κάρδαμο) έχουν χαμηλές έως μέτριες διατροφικές απαιτήσεις και είναι καλά προσαρμοσμένα στα συστήματα υδροπονίας. Τα φυτά με καρπό (ντομάτες, πιπεριές και αγγούρια) έχουν μια υψηλότερη διατροφική ζήτηση και αποδίδουν καλύτερα σε ένα μεγάλο, εφοδιασμένο και καλά φτιαγμένο σύστημα υδροπονίας.

Τα ενυδρειοπονικά συστήματα κυμαίνονται σε μέγεθος από μικρά ερασιτεχνικά έως και σε μεγάλες εγκαταστάσεις εμπορικών επιχειρήσεων που παράγουν φυτά και ψάρια προς πώληση σε εστιατόρια και καταναλωτές.

Βασική Ενυδρειοπονική Εγκατάσταση

Ένα βασικό σύστημα αποτελείται από ένα ενυδρείο με ψάρια, μια βάση καλλιέργειας με φυτά, και μια αντλία νερού. Επίσης, χρησιμοποιούνται συνήθως αντλίες αέρα και επιπλέον βιομηχανικά εξαρτήματα διήθησης. Τα ενυδρειοπονικά οικοσυστήματα πρέπει να έχουν την κατάλληλη ισορροπία για να διατηρήσουν υγιή τα ψάρια και τα φυτά.

Δημιουργείται πλημμυρίδα στην καλλιέργεια των φυτών όταν το νερό αντλείται περιοδικά από την δεξαμενή με τα ψάρια μέσω ενός χρονοδιακόπτη για την αντλία νερού. Στη συνέχεια αποστραγγίζεται από την καλλιέργεια μέσω μιας συσκευής αυτοματοποιημένης διαρροής, το σιφόνι-καμπάνα. Το οξυγόνο έχει τη δυνατότητα να φτάσει στις ρίζες των φυτών και στα βακτήρια, όταν το νερό αποστραγγίζεται. Η αποστράγγιση των υδάτων στην δεξαμενή με τα ψάρια παρέχει, επίσης, επιπλέον οξυγόνο που αναμειγνύεται με την επιστροφή του νερού.

Σιφόνι-Καμπάνα

Το σιφόνι-καμπάνα αποτελείται από ένα ανοικτό κάθετο κεντρικό σωλήνα για να εκρεύσει το νερό μέσα του. Ιδανικά, αυτός ο σωλήνας πρέπει να είναι ευθύς με τα δύο του άκρα ανοικτά. Γύρω από αυτόν υπάρχει ένας άλλος σωλήνας με σχισμές για την ροή του νερού από το κάτω μέρος και ένα αεροστεγές καπάκι στην κορυφή, που επιτρέπει τη δημιουργία μιας δίνης, όταν το νερό φτάσει στην κορυφή του εσωτερικού σωλήνα. Αυτός ο εξωτερικός σωλήνας ονομάζεται σωλήνας-σιφόνι και κάθεται πάνω από τον εσωτερικό με τη βοήθεια της βαρύτητας. Πρέπει το καπάκι του σωλήνα-σιφόνι να μην σφραγίζει την κορυφή στο πάνω ανοικτό μέρος του εσωτερικού σωλήνα.



Εικόνα 4: Σιφόνι Καμπάνα

Στο διαδίκτυο υπάρχουν πολλά άρθρα και βίντεο για την ενυδρειοπονία (aquaponics) και το σιφόνι (bell-siphon).

Περιγραφή εργασίας

Δραστηριότητα 1

Κατασκευάζουμε στο εργαστήριο μια διάταξη παρουσίασης λειτουργίας της ενυδρείοπονίας με απλά υλικά τα οποία είναι:

- Πλαστικό δοχείο φυτών (26x17x11cm)
- Πλαστικό δοχείο ψαριών (30x20x13cm)
- Πλαστικό δοχείο κυλινδρικό (12x10cm), στο οποίο έχουμε ανοίξει μικρές τρύπες περιμετρικά γύρω από την βάση του
- Αντλία νερού 8W, στην οποία είναι συνδεδεμένο ένα πλαστικό σωληνάκι
- Ραφιέρα μεταλλική τριών θέσεων
- Πλαστικός σωλήνας διαμέτρου 1cm
- Πλαστικός σωλήνας διαμέτρου 4cm και ύψους 8.5cm, με τρύπες γύρω από το ένα άκρο του και κλειστό αεροστεγώς το άλλο άκρο (σιφόνι)
- Μίγμα ελαφρόπετρας και βότσαλου
- Φίλτρο
- Πλαστικά ψάρια και φυτά

Κατασκευή και λειτουργία



Εικόνες 5, 6, 7: Φωτογραφίες από το σιφόνι, το δοχείο με τα ψάρια και το δοχείο με τα φυτά της κατασκευής αντίστοιχα.

Στις βάσεις των πλαστικών δοχείων, φυτών και κυλινδρικό, ανοίγουμε τρύπες διαμέτρου 1cm. Τοποθετούμε το κυλινδρικό δοχείο μέσα στο άλλο έτσι ώστε οι δύο τρύπες να συμπίπτουν και περνάμε από μέσα τον αντίστοιχο σωλήνα, έτσι ώστε να είναι κάθετος, με τα δύο άκρα του ανοικτά και να εξέχει μέσα στα δοχεία περίπου 5cm. Πάνω από αυτόν, τοποθετούμε τον άλλον σωλήνα με το κλειστό του άκρο προς τα πάνω και το άκρο με τις τρύπες προς τα κάτω. Προσέχουμε ώστε να υπάρχει απόσταση μεταξύ του ανοικτού άκρου του ενός σωλήνα με το κλειστό του άλλου. Στον χώρο του δοχείου φυτών και έξω από το κυλινδρικό δοχείο, βάζουμε το μείγμα βότσαλου-ελαφρόπετρας και τα πλαστικά φυτά. Όλη μαζί η κατασκευή τοποθετείται στο μεσαίο ράφι της μεταλλικής ραφιέρας. Τοποθετούμε το δοχείο ψαριών στο κάτω ράφι. Μέσα σε αυτό υπάρχουν πλαστικά ψάρια και η αντλία νερού, το σωληνάκι της οποίας καταλήγει στο πάνω ράφι και αφού διαπερνά ένα φίλτρο καταλήγει στραμμένο προς το δοχείο των φυτών.

Γεμίζουμε το δοχείο με τα ψάρια με νερό, μέχρι λίγα εκατοστά πριν το ανώτατο όριο. Θέτουμε την αντλία νερού σε λειτουργία και το νερό αρχίζει να πέφτει μέσα στο δοχείο με τα φυτά, αφού περάσει μέσα από το φίλτρο, το οποίο διηθεί τα στερεά απόβλητα των ψαριών. Σταματάμε την αντλία λίγο πριν το νερό φτάσει το πάνω ανοικτό άκρο του εσωτερικού σωλήνα. Όταν το νερό ισορροπεί, η ελεύθερη επιφάνειά του θα σταματήσει στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο στα δύο δοχεία και στο σιφώνι, λόγω της αρχής των συγκοινωνούντων δοχείων. Δίνουμε χρόνο στα νιτροποιητικά βακτήρια να μετατρέψουν την τοξική αμμωνία σε νιτρώδη και έπειτα σε νιτρικά άλατα με τα οποία τρέφονται τα φυτά. Θέτουμε ξανά την αντλία σε λειτουργία, η στάθμη του νερού ανεβαίνει στα τρία δοχεία και όταν ξεπεράσει αρκετά το άνω άκρο του εσωτερικού σωλήνα ξεκινάει ο σιφονισμός. Εν τω μεταξύ, έχουμε σταματήσει την λειτουργία της αντλίας. Το νερό, καθαρό πλέον, πέφτει από το κάτω άκρο του εσωτερικού σωλήνα στο δοχείο των ψαριών.



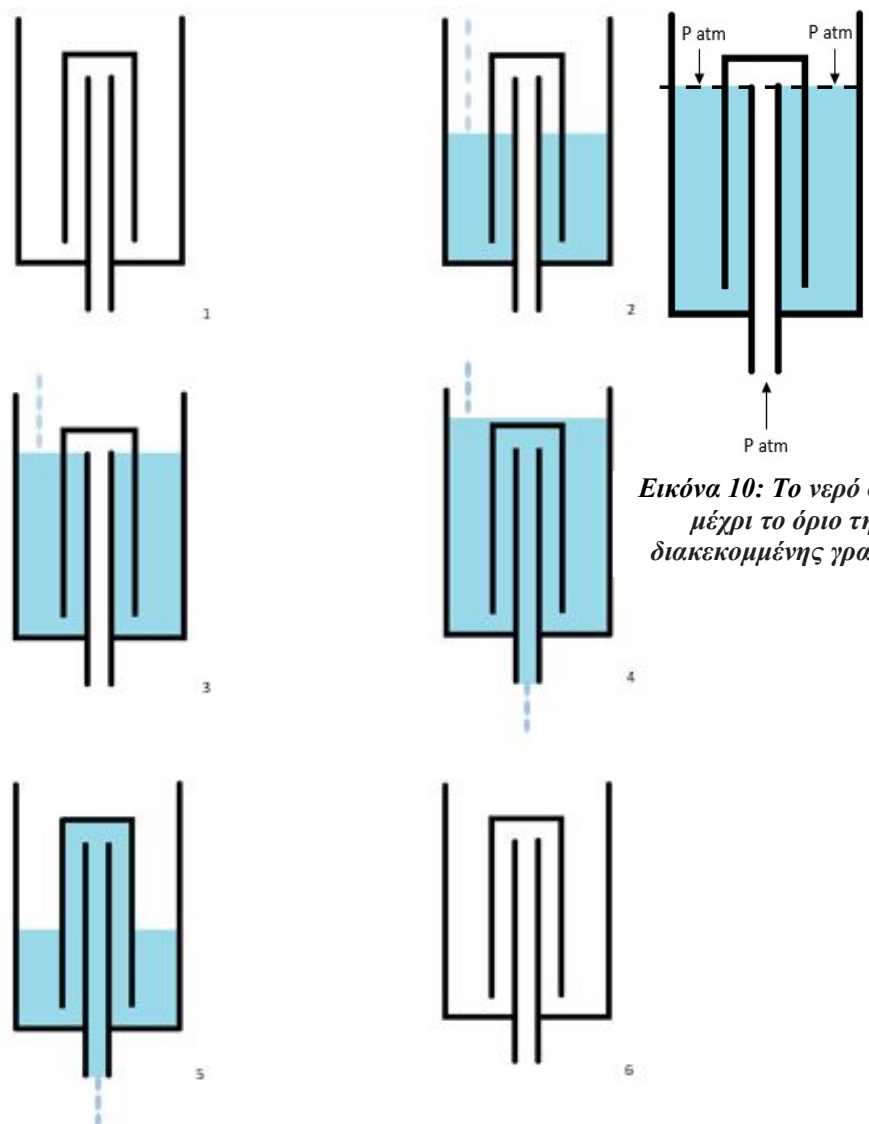
Εικόνα 8: Κατασκευή ενυδρείοπονίας

Χρησιμοποιούμε ταινίες μέτρησης για να ελέγξουμε την ποιότητα του νερού. Οι ταινίες μέτρησης για την δεξαμενή ψαριών είναι δοκιμαστικές λωρίδες που μετρούν διάφορες παραμέτρους της ποιότητας του νερού, όπως pH, σκληρότητα (GH, KH), νιτρώδη (NO_2^-), νιτρικά (NO_3^-) και χλώριο (Cl_2).

Για να τις χρησιμοποιήσουμε παίρνουμε ένα μικρό δείγμα νερού από την δεξαμενή με τα ψάρια. Βυθίζουμε την ταινία στο νερό για λίγα δευτερόλεπτα. Συγκρίνουμε τα χρώματα που εμφανίζονται στην ταινία με την αντίστοιχη πολύχρωμη κλίμακα που

περιλαμβάνεται στη συσκευασία για να διαβάσουμε τα αποτελέσματα. Αν κάποια ένδειξη δεν είναι στα επιτρεπτά όρια χρησιμοποιούνται ρυθμιστικά διαλύματα και θα πρέπει να βρεθεί η αιτία του προβλήματος και να επιλυθεί.

Οι εικόνες που ακολουθούν δείχνουν την λειτουργία του σιφονίου της κατασκευής.



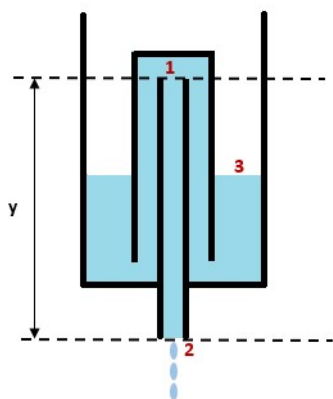
Εικόνα 10: Το νερό φτάνει μέχρι το όριο της διακεκομμένης γραμμής

Εικόνα 9: Λειτουργία του σιφονίου της κατασκευής

Ερμηνεία της λειτουργίας του σιφονίου

Το σιφόνι βρίσκεται μέσα σε ένα δοχείο στο οποίο προστίθεται νερό μέχρι το όριο της διακεκομμένης γραμμής και ταυτόχρονα γεμίζει και ο σωλήνας-σιφόνι. Το ύψος του νερού είναι το ίδιο λόγω των συγκοινωνούντων δοχείων. Η πίεση στην ελεύθερη επιφάνεια του νερού είναι ίση με την ατμοσφαιρική πίεση p_{atm} , όση είναι και η πίεση στην τρύπα στο κάτω μέρος του εσωτερικού σωλήνα. Όταν όμως το ύψος του νερού περάσει την διακεκομμένη γραμμή, τότε γεμίζει με νερό ο σωλήνας και αρχίζει να τρέχει προς τα κάτω μέχρι να αδειάσει όλο το δοχείο.

Γιατί συμβαίνει αυτό;



Εικόνα 11: Το νερό ξεπερνάει το όριο της διακεκομμένης γραμμής

Η διατομή του σωλήνα στα σημεία 1 και 2 είναι η ίδια $A_1=A_2$ και από την εξίσωση της συνέχειας $A_1v_1 = A_2v_2$ έχουμε $v_1 = v_2 = v$. Εφαρμόζουμε την εξίσωση Bernoulli στα σημεία 1 και 2. Η πίεση p_2 στο σημείο 2 και η πίεση p_3 στο σημείο 3 είναι ίσες με την ατμοσφαιρική p_{atm} . Ο όρος ρgy_2 είναι μηδενικός γιατί θεωρούμε το σημείο 2 ως το επίπεδο μηδενικής βαρύτητας. Άρα από την εξίσωση (3) :

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho gy_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho gy_2$$

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gy = p_2 + \frac{1}{2} \rho v^2$$

$$p_1 + \rho gy = p_{atm}$$

$$p_1 = p_{atm} - \rho gy \quad (4)$$

Όμως $p_3 = p_{atm}$. Άρα η p_1 είναι μικρότερη από την p_3 και το νερό θα κινηθεί από την υψηλότερη προς την χαμηλότερη πίεση μέχρι να περάσει όλο από τον σωλήνα και να χυθεί από το κάτω άνοιγμά του.

Δραστηριότητα 2

Στην σαπυνοθήκη ρίχνουμε μαλακτικό κάτω από την Αυτή η γραμμή εάν το μαλακτικό το μαλακτικό θα λόγω του «Πυθαγόρειου» το μαλακτικό κάτω διαφεύγει πουθενά. μαλακτικό, όπως έτσι ώστε το υγρό να μέγιστης στάθμης. Αυτό ξεκινά τη διαδικασία του σιφονιού και όλο το μείγμα χύνεται μέσω του κεντρικού θαλάμου και η θήκη του μαλακτικού τελικά αδειάζει.

Τι πιστεύετε ότι θα συμβεί αν αφαιρέσουμε το σιφόνι από την σαπυνοθήκη και επαναλάβουμε την παραπάνω διαδικασία;



Εικόνα 12: Σαπυνοθήκη πλυντηρίου ρούχων

ενός πλυντηρίου ρούχων στην αντίστοιχη θέση και γραμμή μέγιστης στάθμης. υποδεικνύει το σημείο όπου, ξεπεράσει, τότε όλο το διαφύγει από τη συσκευή μηχανισμού του σιφονιού. Καθώς ρίχνουμε από τη γραμμή, αυτό δεν Προσθέτουμε νερό στο γίνεται και στο πλυντήριο, ξεπεράσει τη γραμμή

Συμπεράσματα

Η κατασκευή και μελέτη της παρούσας εργασίας, ακολουθώντας τα βήματα της διερευνητικής μεθόδου οδηγεί τους μαθητές:

- Να πληροφορηθούν για το σιφόνι της κούπας του Πυθαγόρα, να το μελετήσουν και να εξηγήσουν την λειτουργία του χρησιμοποιώντας αρχές, έννοιες και μεγέθη της φυσικής.
- Να διερευνήσουν την εφαρμογή του σε σύγχρονα υδραυλικά συστήματα και συσκευές και την χρήση του σε συστήματα ενυδρείοποινας.
- Να κατασκευάσουν ένα μικρό ενυδρείοπονικό σύστημα το οποίο περιλαμβάνει και μια ιδιοκατασκευή σιφονιού. Να λειτουργήσουν το σύστημα και να ελέγξουν διάφορες

παραμέτρους για την ομαλή λειτουργία του. Μέσα από αυτήν την διαδικασία θα χρησιμοποιηθούν γνώσεις από την χημεία και την βιολογία. Επίσης θα συμπεράνουν ότι η ενυδρείοποιία αποτελεί μια από τις πολλά υποσχόμενες οικολογικές λύσεις των προβλημάτων διατροφής σε ολόκληρο τον κόσμο.

Φύλλο εργασίας

1. Χρησιμοποιώντας ένα πλαστικό ποτήρι και ένα πλαστικό καλαμάκι, το οποίο λυγίζει στο πάνω μέρος του, κατασκευάστε μια «Κούπα του Πυθαγόρα».
2. Αναζητήστε στο διαδίκτυο βίντεο τα οποία παρουσιάζουν την χρήση του σιφονίου σε διάφορες κατασκευές για άντληση υγρών (όπως σε υδρορροές, σε δεξαμενές κ.ά). Επιλέψτε ένα, συζητήστε με την ομάδα σας και παρουσιάστε το στην τάξη. Για καλύτερα αποτελέσματα στην αναζήτηση βίντεο χρησιμοποιείτε την αγγλική ονομασία του bell-siphon.
3. Χρησιμοποιώντας ταινίες τεστ νερού παρατηρείται ότι έχει ανέβει το pH στο νερό της δεξαμενής των ψαριών πάνω από 7,5. Ποιες από τις παρακάτω ουσίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να το μειώσουν:
Ανθρακικό νάτριο (σόδα), ξύδι, ανθρακικό ασβέστιο (κελύφη αυγών, κελύφη σαλιγκαριών), κιτρικό οξύ (χυμό λεμονιού).
4. Στην δεξαμενή με τα ψάρια αυξήθηκε απότομα η συγκέντρωση της αμμωνίας NH_3 . Αναφέρετε πιθανούς λόγους που προκάλεσαν την αύξηση και τρόπους επίλυσης του προβλήματος.
5. Αν στην κούπα του Πυθαγόρα χρησιμοποιήσουμε υδράργυρο αντί για νερό, ο οποίος έχει 13 φορές μεγαλύτερη πυκνότητα από το νερό, θα παρατηρήσουμε ακριβώς την ίδια διαδικασία. Ο σιφονισμός ισχύει για όλα τα υγρά. Αν όμως γεμίζαμε την κούπα με μια ποσότητα υδραργύρου και στην συνέχεια με νερό, η διαδικασία με το σιφόνι δεν θα γινόταν. Γιατί συμβαίνει αυτό;

Βιβλιογραφία

1. Αρβανιτάκη, Μ., Κανελλόπουλος, Σ., Καρατσώλης, Ι., & Παπάζογλου, Μ. *Βιολογία Β' Λυκείου – Γενικής Παιδείας*. Αθήνα: ΙΤΥΕ «Διόφαντος». (2015)
2. Ιωάννου, Α., Ντάνος, Γ., Πήττας, Α., & Ράπτης, Σ. *Φυσική: Τεύχος Γ' — Ομάδας Προσανατολισμού Θετικών Σπουδών & Σπουδών Υγείας*. Αθήνα: ΙΤΥΕ «Διόφαντος». (1999).
3. Καλτσής, Ι., & Χώτος, Γ. *Ενυδρείοποιία: ένα τέλειο οικοσύστημα για την ανάπτυξη διακοσμητικών ψαριών και φυτών*. Πτυχιακή εργασία, ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας, Πάτρα. (2014).
4. <https://www.sciencephysics4all.com/arthra/i-koupa-tou-pythagora>
5. https://en.wikipedia.org/wiki/Pythagorean_cup
6. <https://kotsanas.com/i-koupa-tou-pythagora-6os-ai-p-ch-i-proti-efarmogi-tou-axonikou-sifoniou-pagkosmios/>
7. Ενυδρείοποιία: οδηγίες και κατασκευή ενυδρείοποιικού συστήματος
https://www.ftiaxno.gr/2012/06/blog-post_1543.html
8. https://el.wikipedia.org/wiki/Συγκοινωνούντα_δοχεία

*Το copyright των φωτογραφιών και των σχημάτων ανήκει στην συγγραφέα.



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Greece

*Science on Stage Festival 2026,
Klaipėda, Λιθουανία*

Η υπέρυθρη ακτινοβολία ως εργαλείο μελέτης κυκλωμάτων και άλλα εργαλεία ανάλυσης τους

Νεκτάριος Κουράκης, Φυσικός, Γενικό Λύκειο Νέας Κυδωνίας, Χανίων
[nektarios.25ma\[a\]gmail.com](mailto:nektarios.25ma[a]gmail.com)

(Βραβείο 13^{ων} Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών)

Περίληψη

Παρουσιάζεται μία κατασκευή χαμηλού κόστους για τη διδασκαλία βασικών εννοιών του Ηλεκτρομαγνητισμού και της Ανάλυσης Κυκλωμάτων, με τη μορφή μινιατούρας λαβυρίνθου (23×23 cm). Η διαδρομή του λαβυρίνθου υλοποιείται με σύρμα χρωμονικελίνης (NiCr) συνολικής αντίστασης ~22 Ω. Με τροφοδότηση συνεχούς τάσης 20 V αναπτύσσεται ισχύς Joule $P=V^2/R \approx 18$ W πάνω στο σύρμα, με αποτέλεσμα μετρήσιμη αύξηση θερμοκρασίας. Η «σωστή» διαδρομή του λαβυρίνθου οπτικοποιείται σε πραγματικό χρόνο μέσω υπέρυθρης κάμερας/θερμογράφου ή/και αισθητήρα υπέρυθρων, προσφέροντας ισχυρό οπτικό ανάλογο της ροής ρεύματος.

Με την ενσωμάτωση πολύ μικρών βολτομέτρων σε επιλεγμένα σημεία, οι μαθητές διερευνούν πειραματικά τον 2ο κανόνα του Kirchhoff (κανόνας βρόχου), συγκρίνοντας το άθροισμα των ανυψώσεων και πτώσεων τάσης σε κλειστούς βρόχους. Στη συνέχεια εισάγεται η έννοια της αμοιβαίας επαγωγής. Η διακοπή κυκλώματος διακόπτει την παροχή ρεύματος στο DC κύκλωμα, ενώ με εναλλασσόμενο ρεύμα υψηλής συχνότητας (15–40 kHz) και κατάλληλα συντονισμένα πηνία επιτυγχάνεται ασύρματη σύζευξη, γεφυρώνοντας χάσμα έως ~4 cm χωρίς ηλεκτρική επαφή. Η σύζευξη αποδεικνύεται με άναμμα LED/ένδειξη βολτομέτρου ή με θερμογραφική αποτύπωση.

Η προτεινόμενη δραστηριότητα ακολουθεί τη διερευνητική μάθηση, περιλαμβάνει σαφή μαθησιακούς στόχους (Joule, KVL, συντονισμός LC, αμοιβαία επαγωγή), προβλέπει δελτίο ασφαλείας και κοστολόγιο υλικών (<60€) και κλιμακώνεται από Γυμνάσιο έως Λύκειο. Επιπλέον προτείνονται φύλλα εργασίας και διαμορφωτική αξιολόγηση. Η κατασκευή είναι αναπαραγώγιμη με κοινά υλικά και συμβατή με τη θεματική «STEM χαμηλού κόστους».

Abstract

A low-cost construction for teaching basic concepts of Electromagnetism and Circuit Analysis is presented, in the form of a miniature maze (23×23 cm). The maze path is implemented with a nickel-chromium (NiCr) wire with a total resistance of ~22 Ω. With a DC voltage supply of 20 V, a Joule power $P=V^2/R \approx 18$ W is developed on the wire, resulting in a measurable temperature increase. The “correct” maze path is visualized in real time via an infrared camera/thermograph and/or infrared sensor, offering a strong visual analogue of the current flow.

By integrating very small voltmeters at selected points, students experimentally investigate Kirchhoff’s 2nd law (loop rule), comparing the sum of voltage rises and drops in closed loops. The concept of mutual inductance is then introduced. Circuit breaking interrupts the power supply to the DC circuit, while with high-frequency

alternating current (15–40 kHz) and suitably tuned coils, wireless coupling is achieved, bridging a gap of up to ~4 cm without electrical contact. Coupling is demonstrated by LED lighting/voltmeter indication or by thermographic imaging.

The proposed activity follows inquiry-based learning, includes clear learning objectives (Joule, KVL, LC coordination, mutual inductance), provides a safety data sheet and a materials cost list (<60€) and is scaled from Middle School to High School. In addition, worksheets and formative assessment are proposed. The construction is reproducible with common materials and compatible with the theme of "low-cost STEM".

Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

Η κατασκευή αξιοποιεί την αντίσταση του σύρματος NiCr για να αναπτυχθεί θερμότητα Joule ($P=I^2R=V^2/R$), επιτρέποντας μη-επαφική «χαρτογράφηση» της ροής ρεύματος με υπέρυθρη απεικόνιση. Το σύρμα χρωμονικελίνης έχει υψηλή ειδική αντίσταση και αντέχει σε υψηλές θερμοκρασίες, γι' αυτό χρησιμοποιείται ευρέως ως θερμαντικό στοιχείο.

Διδακτικά, η θερμική αποτύπωση της αγωγίμης διαδρομής προσφέρει άμεσο οπτικό αναλογικό μοντέλο της ηλεκτρικής ισχύος και της εντοπισμένης πτώσης τάσης. Οι μαθητές μπορούν να συνδέσουν ποιοτικά την ένταση της υπέρυθρης ακτινοβολίας με το τετράγωνο του ρεύματος (Joule) και να επαληθεύσουν τον 2ο κανόνα του Kirchhoff (KVL), ότι δηλαδή το προσημασμένο άθροισμα των διαφορών δυναμικού σε κάθε κλειστό βρόχο είναι μηδέν.

Στη συνέχεια εισάγεται η αμοιβαία επαγωγή M μεταξύ δύο πηνίων. Για εναλλασσόμενο ρεύμα, η επαγόμενη ΗΕΔ στο δευτερεύον ισούται με $V_2 = M \cdot dI_1/dt$, ενώ ο συντονισμός LC με συχνότητα $f_0=1/(2\pi\sqrt{LC})$ ενισχύει τη σύζευξη (υψηλός συντελεστής ποιότητας Q). Έτσι είναι εφικτή η ασύρματη μεταφορά ισχύος σε μικρές αποστάσεις (λίγα εκατοστά), κάτι που δεν είναι δυνατό με συνεχές ρεύμα χωρίς αγωγή επαφή.

$$\sum \Delta V = 0 \quad (1)$$

$$P = (V^2)/R = I^2 R \quad (2)$$

$$V_2 \approx M \cdot dI_1/dt \quad (3)$$

$$f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC}) \quad (4)$$

Περιγραφή εργασίας

- Μηχανική κατασκευή: 3D-εκτυπωμένη βάση 23×23 cm με λαβύρινθο. Η διαδρομή επενδύεται με σύρμα NiCr συνολικής αντίστασης περίπου 22 Ω. Οι άκρες του σύρματος τερματίζουν σε ακροδέκτες ασφαλείας.
- Τροφοδοσία DC: εργαστηριακό τροφοδοτικό 0–20 V. Για $V=20$ V προκύπτει ρεύμα $I \approx 20/22 \approx 0,91$ A και ισχύς $P \approx 18,2$ W κατανεμημένη κατά μήκος της διαδρομής. Μέτρα ασφαλείας: περιορισμός χρόνου διέγερσης, έλεγχος θερμοκρασίας επιφάνειας, διακόπτης έκτακτης ανάγκης.
- Υπέρυθρη απεικόνιση: κινητό με πρόσθετο θερμογραφικό αισθητήρα ή αισθητήρας υπέρυθρων (π.χ. θερμόμετρο IR) για εύκολη οπτικοποίηση της διαδρομής.
- Μικρο-βολτόμετρα: τοποθετούνται σε επιλεγμένα τμήματα του λαβυρίνθου ώστε οι μαθητές να μετρούν πτώσεις τάσης και να επαληθεύουν τον κανόνα βρόχου.
- Επίδειξη ασύρματης σύζευξης: στο σημείο όπου υπάρχει χάσμα ~4 cm παρεμβάλλονται δύο πηνία (πομπός-δέκτης) συντονισμένα στην ίδια συχνότητα

(τυπικά 15–40 kHz) με κατάλληλους πυκνωτές. Ο πομπός οδηγείται από γεννήτρια σήματος/ταλαντωτή. Με συντονισμό παρατηρείται παροχή ρεύματος στο δευτερεύον (άναμα LED/ένδειξη οργάνου), παρά την απουσία αγωγικής επαφής. Σε συντονισμό π.χ. $f \approx 30$ kHz και $L \approx 200$ μ H, απαιτείται $C \approx 0,14$ μ F.

- Μετρήσεις & διερεύνηση: ζητείται από τους μαθητές να καταγράψουν θερμοκρασιακό προφίλ, πτώσεις τάσης, και να συγκρίνουν λειτουργία DC/AC.



Εικόνα 1: Λαβύρινθος με σύρμα NiCr (φωτογραφία)

Πίνακας Α: Κοστολόγιο υλικών (ενδεικτικό)

Υλικό	Ποσότητα	Κόστος (€)
Βάση (3D print) 30×30 cm	1	5
Σύρμα NiCr (π.χ. 1–2 m)	1	5
Ακροδέκτες, καλώδια, μικροδιακόπτης	1 σετ	6
Μικρο-βολτόμετρα πάνελ	4–6	12

(0–200 mV/5 V)		
Γεννήτρια/ταλαντωτής 15–40 kHz (ή DIY)	1	15
2 πηνία (χειροποίητα) + πυκνωτές	1 σετ	8
Τροφοδοτικό DC 0–20 V (διαθέσιμο στο εργαστήριο)	—	—
Θερμική κάμερα ή αισθητήρας IR (δανεικό/υπάρχον)	—	—
Λοιπά (βίδες, συγκολλητικό, βαφή)	—	5

Φύλλα εργασίας (ενδεικτικά)

- 1) Μετρήστε τις πτώσεις τάσης σε τρία διαδοχικά τμήματα της διαδρομής και επαληθεύστε ότι το προσημασμένο άθροισμα σε κλειστό βρόχο είναι 0 (KVL).
- 2) Καταγράψτε τη θερμοκρασία (IR) σε 3 σημεία του λαβυρίνθου για $V=10, 15, 20\text{ V}$. Σχολιάστε τη σχέση με $P=V^2/R$.
- 3) Ανοίξτε το κύκλωμα στο «χάσμα» και επιβεβαιώστε ότι στο DC δεν ρέει ρεύμα. Στη συνέχεια ενεργοποιήστε τον ταλαντωτή ($\approx 30\text{ kHz}$) και βρείτε τον συντονισμό μεταβάλλοντας C. Πώς αλλάζει η ένδειξη του βολτομέτρου/η φωτεινότητα του LED;
- 4) Εκτιμήστε το C για συντονισμό με $L \approx 200\text{ }\mu\text{H}$ στα 30 kHz και συγκρίνετέ το με την πραγματική τιμή που χρησιμοποιήσατε.
- 5) Ασφάλεια: μετρήστε τη μέγιστη επιφανειακή θερμοκρασία και προτείνετε όριο χρόνου λειτουργίας.

Βιβλιογραφία

- D. Wikipedia, ‘Kirchhoff’s circuit laws’, en.wikipedia.org/wiki/Kirchhoff%27s_circuit_laws (ημερομηνία προσπέλασης: 30/09/2025)
- D. Wikipedia, ‘Joule heating’, en.wikipedia.org/wiki/Joule_heating (ημερομηνία προσπέλασης: 30/09/2025)
- D. Wikipedia, ‘Nichrome’, en.wikipedia.org/wiki/Nichrome (ημερομηνία προσπέλασης: 30/09/2025)
- D. Wikipedia, ‘Wireless power transfer’ & ‘Resonant inductive coupling’, en.wikipedia.org (ημερομηνία προσπέλασης: 30/09/2025)
- D. Infrared Training Center (ITC), ‘Using IR imaging in Physics Education’, infraredtraining.com (ημερομηνία προσπέλασης: 30/09/2025)
- D. LibreTexts, ‘Kirchhoff’s Rules’, phys.libretexts.org (ημερομηνία προσπέλασης: 30/09/2025)

*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στον συγγραφέα.



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Greece

*Science on Stage Festival 2026,
Klaipėda, Λιθουανία*

Ξεκαθάρισμα «γεωγραφικών» λογαριασμών

Μίνδης Ιωάννης, πληροφορικής, 15ο Δημοτικό σχολείο Ευόσμου
[yiannised\[a\]hotmail.com](mailto:yiannised[a]hotmail.com)

Σαμαντά Ευαγγελία, Φυσικός, 4ο Γυμνάσιο Τούμπας [vagsamanta\[a\]gmail.com](mailto:vagsamanta[a]gmail.com)

Σαμαντά Αγγελική, δασκάλα, 1^ο Δ.Σ Ν. Φιλαδέλφειας – Σπαθάρη,
[angelikisamanta\[a\]gmail.com](mailto:angelikisamanta[a]gmail.com)

(Βραβείο 13^{ου} Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών)

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία καταγράφηκε το project «Ξεκαθάρισμα γεωγραφικών λογαριασμών» που υλοποιήθηκε σε συνεργασία τριών εκπαιδευτικών και τριών σχολείων αντίστοιχα στο οποίο επιχειρήθηκε να γίνει κατανοητή η έννοια των γεωγραφικών συντεταγμένων και να ξεπεραστούν οι σχετικές εναλλακτικές ιδέες των μαθητών. Το σχέδιο εργασίας, όπως αυτό παρουσιάζεται παρακάτω, περιλαμβάνει δραστηριότητες διερεύνησης όπως παρακολούθηση video, αναζήτηση στο διαδίκτυο, κατασκευή εργαλείων είτε αναλογικών είτε ψηφιακών για την καλύτερη κατανόηση της έννοιας και σχεδίαση αφισών με τα αποτελέσματα του project.

Abstract

This paper presents the project “Clearing up geographical coordinates ” a collaborative effort of three teachers from three greek schools. The goal was to to make students comprehend the concept of geographical coordinates and overcome their respective alternative ideas. The project, as presented below, includes inquiry based activities like video watch, online search, analogue and digital tool design and poster design where the project results are listed.

Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

Οι γεωγραφικές συντεταγμένες, γεωγραφικό μήκος και γεωγραφικό πλάτος, είναι τα μεγέθη που προσδιορίζουν τις θέσεις των διαφόρων τόπων πάνω στη Γη και εκφράζονται ως ένα ζεύγος αριθμών σε μοίρες. Ο Βόρειος Πόλος και ο Νότιος Πόλος (τα σημεία όπου ο άξονας περιστροφής διαπερνά την επιφάνεια της Γης) καθώς και ο Ισημερινός, είναι τα αρχικά σημεία αναφοράς πάνω στα οποία στηρίζεται το σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων.

Από τη στιγμή που ο άνθρωπος ξεκίνησε να ταξιδεύει, να ορίζει την περιουσία του, να καλλιεργεί τη Γη του, να εξερευνεί ήταν απαραίτητη η χαρτογράφηση. Ενώ οι πρώτοι χάρτες εμφανίζονται ακόμα από την εποχή των ανθρώπων των σπηλαίων, οι πρωτοπόροι αρχαίοι Έλληνες ανέπτυξαν ένα σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων το οποίο εξελίχθηκε και τελειοποιήθηκε. Ο Ερατοσθένης (3^{ος} αιώνας π.Χ) ήταν αυτός που υπολόγισε την ακτίνα της Γης και ήταν από τους πρώτους που χρησιμοποίησαν τα άστρα για την τοποθέτηση των γεωγραφικών στοιχείων. Ακολουθώντας τα βήματα του Ερατοσθένη, ο Ίππαρχος ο Ρόδιος (190 π.Χ. – 120 π.Χ.) ήταν ο πρώτος που εφηύρε τον Αστrolάβο, επινόησε το πρώτο σύστημα των συντεταγμένων των αστερών και εισήγαγε τις γεωγραφικές συντεταγμένες. Στη συνέχεια, ο Έλληνας

χαρτογράφος και γεωγράφος Μαρίνος ο Τύριος (60 - 130 μ.Χ.), ο οποίος θεωρείται ο θεμελιωτής της μαθηματικής γεωγραφίας, καθόρισε σε μια προβολή τη θέση των διαφόρων τόπων με βάση τις γεωγραφικές συντεταγμένες. Στις εργασίες του Ίππαρχου και του Μαρίνου, στηρίχτηκε ο Κλαύδιος ο Πτολεμαίος (2^{ος} αιώνας μ.Χ.) ο οποίος μελέτησε αναλυτικά εκτός των άλλων και τη γεωγραφία. Κατασκεύασε χάρτες που μαζί με τις σημειώσεις του για τα γεωγραφικά μήκη και πλάτη συμπεριλήφθηκαν στο «Γεωγραφίας υφήγησις». Επέβαλε τη χρήση του Ισημερινού για τον καθορισμό του γεωγραφικού πλάτους και επέλεξε τις Κανάριες Νήσους ως σημείο αναφοράς για το γεωγραφικό μήκος. Η δουλειά του του συνέβαλε σημαντικά στην καθιέρωση του συστήματος των γεωγραφικών συντεταγμένων. Παρά τις όποιες ανακρίβειες στους χάρτες, η συλλογή αυτή των 8 βιβλίων του Πτολεμαίου, που τους επόμενους αιώνες ανατυπώθηκαν και μελετήθηκαν, παραμένει μια ολοκληρωμένη έκθεση των γεωγραφικών γνώσεων της εποχής.

Σήμερα, με τη χρήση της τεχνολογίας, η χαρτογράφηση και ο καθορισμός των γεωγραφικών συντεταγμένων γίνονται ακόμα πιο εύκολα. Το «γεωγραφικό μήκος» και το «γεωγραφικό πλάτος» είναι από τις πρώτες που διδάσκονται στα μαθήματα γεωγραφίας. Οι μαθητές αντιλαμβάνονται τη χρησιμότητά τους και μπορούν να τα προσδιορίσουν εύκολα σε ένα δισδιάστατο χάρτη και πιο δύσκολα πάνω στην υδρόγειο σφαίρα. Ωστόσο οι έννοιες των συντεταγμένων τους δυσκολεύουν κυρίως ως προς τον ορισμό των δύο εννοιών καθώς δεν υπάρχουν τρισδιάστατα εποπτικά υλικά που να επεξηγούν επαρκώς τις επίκεντρες γωνίες που αντιστοιχούν στους τυχαίους τόπους.

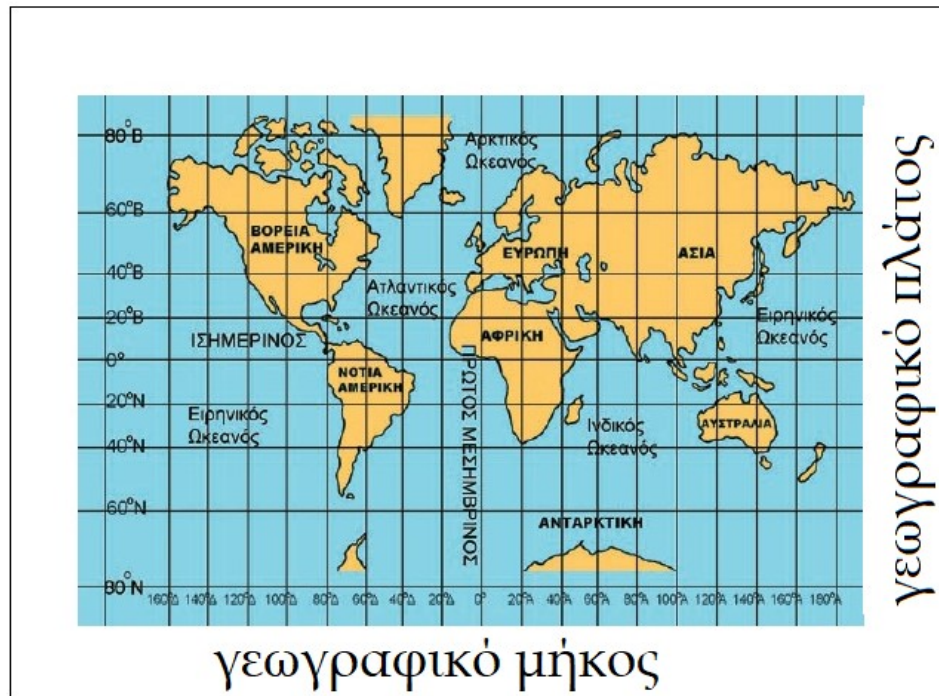
Περιγραφή εργασίας

Στάδιο 1: Αφόρμηση- παρακολούθηση video

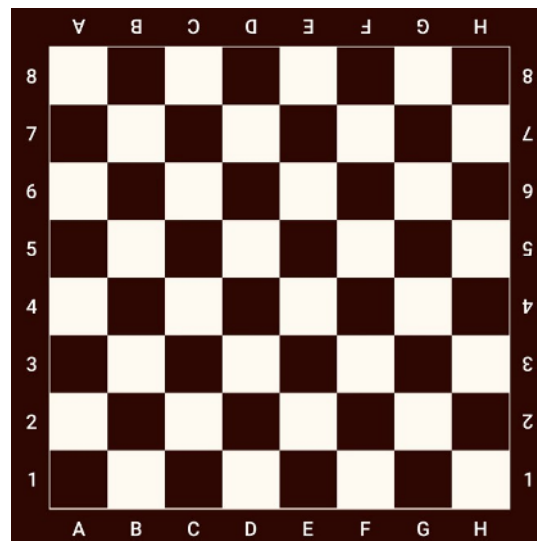
Το πρώτο στάδιο ήταν και το πιο διασκεδαστικό. Οι μαθητές παρακολούθησαν τον Mr. Bean (<https://www.youtube.com/watch?v=jLvV1qT8n8g> , στο 2min) να διαβάζει έναν χάρτη, τις γεωγραφικές συντεταγμένες σε αυτόν και να προσανατολίζεται ψάχνοντας τον προορισμό του στο Παρίσι. Άραγε είναι εύκολο για έναν ξένο τουρίστα να βρει τον δρόμο του; Είναι χρήσιμες οι γεωγραφικές συντεταγμένες και ο προσανατολισμός; Είναι εύκολο να διαβάσει κάποιος έναν χάρτη; Αυτές οι γραμμές στον χάρτη είναι πραγματικές ή νοητές; Σήμερα μήπως είναι πιο εύκολο να φτάσεις στον προορισμό σου χρησιμοποιώντας GPS ή Google maps;

Στάδιο 2: Χρήση χάρτη (δισδιάστατη προβολή)

Ένας χάρτης είναι από τα πιο κοινά εποπτικά μέσα στις σχολικές αίθουσες ακόμα από τον περασμένο αιώνα. Ωστόσο λίγοι μαθητές έχουν την περιέργεια να τον εξερευνήσουν, πόσο μάλλον να καταλάβουν τι σημαίνουν οι κατακόρυφες και οι οριζόντιες γραμμές που υπάρχουν χαραγμένες. Έτσι στο στάδιο αυτό τροφοδοτήσαμε τους μαθητές με παγκόσμιους χάρτες δίνοντάς τους τις πληροφορίες για το πού καταγράφονται οι μοίρες του γεωγραφικού μήκους και του γεωγραφικού πλάτους για κάθε τόπο, για τους αριθμούς με τις μοίρες και τα γράμματα δίπλα (BNAΔ στα ελληνικά ή NSEW στα αγγλικά) (Εικόνα 1). Τους θύμιζε πολύ το ταμπλό του σκάκι (Εικόνα 2) που έχει στο οριζόντιο μέρος γράμματα και στο κατακόρυφο αριθμούς και έτσι τους ήταν εύκολο για αυτούς να βρουν τις συντεταγμένες.

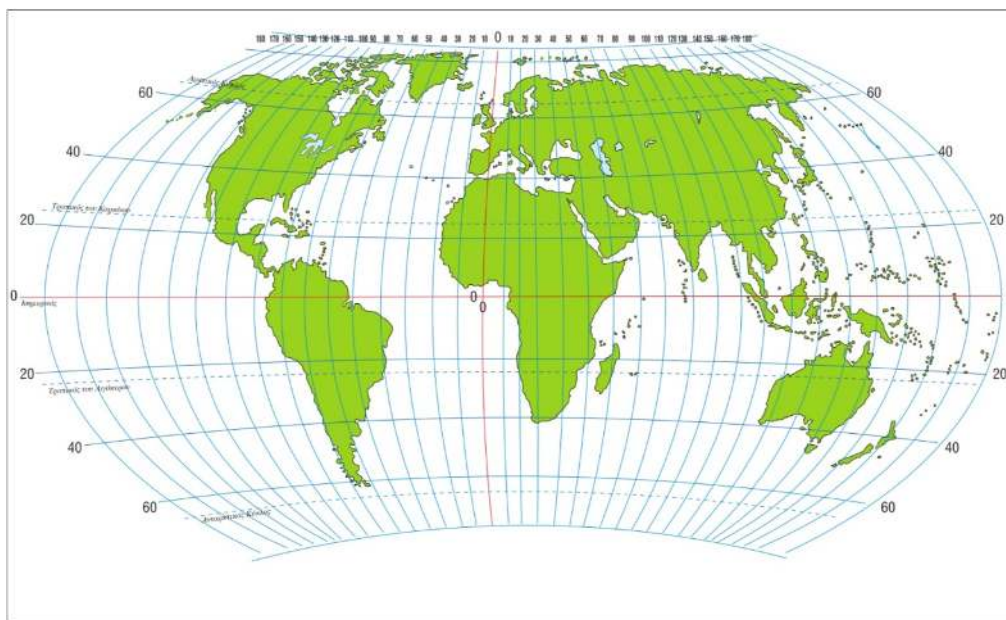


Εικόνα 14: Δίκτυο συντεταγμένων – Γεωγραφικές συντεταγμένων, Βιβλίο μαθητή Στ' Δημοτικού



Εικόνα 15: Ταμπλό σκακιέρας

Πραγματοποιήθηκε παρόμοια εργασία στον διαδραστικό χάρτη από το φωτόδενδρο (Εικόνα 3) .



Εικόνα 16: Παγκόσμιος χάρτης με το δίκτυο συντεταγμένων

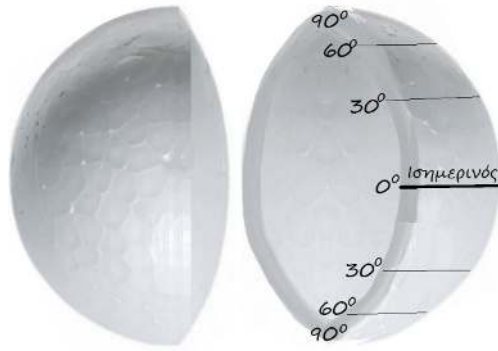
Στάδιο 3: Χρήση υδρογείου σφαίρας

Ενώ ο χάρτης ενισχύει την εναλλακτική ιδέα των μαθητών της επίπεδης Γης, η υδρόγειος σφαίρα χρησιμοποιείται για να δείξει τη Γη ως σφαίρα τρισδιάστατα και ρεαλιστικά. Είναι ένα ιδανικό εργαλείο οπτικοποίησης της Γης. Σε αυτό το στάδιο ζητήθηκε από τους μαθητές να επεξεργαστούν λίγο περισσότερο τις γραμμές πάνω στην υδρόγειο και να καταγράψουν τα αποτελέσματά τους σε κατάλληλο πίνακα. (Πίνακας 1, ΦΕ Ι)

Η υδρόγειος πάνω της έχει μόνο σχεδιασμένους τους μεσημβρινούς και τους παραλλήλους ενώ η λαβή της έχει πάνω χαραγμένες τις μοίρες του γεωγραφικού πλάτους. Για αυτό τονίσαμε ιδιαίτερα τον Ισημερινό και τον πρώτο Μεσημβρινό και γράψαμε τις μοίρες του γεωγραφικού μήκους πάνω στον Ισημερινό ώστε να καταστεί η εργασία προσδιορισμού των συντεταγμένων πιο απλή σε αυτό το σύστημα συντεταγμένων.

Στάδιο 4: Απεικόνιση των συντεταγμένων και των επίκεντρων γωνιών

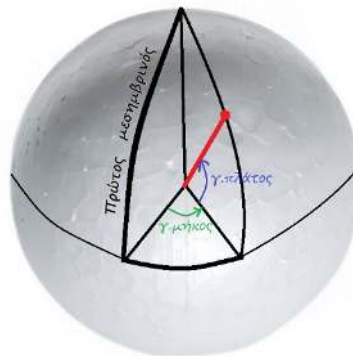
Ενώ η εύρεση των γεωγραφικών συντεταγμένων γίνεται εύκολα από τους μαθητές, υπήρχε μεγάλη ανάγκη να εξηγηθεί τι είναι αυτοί οι αριθμοί με τις μοίρες που εμφανίζονται δίπλα από τα αποτελέσματα (τα γράμματα που ορίζουν τον προσανατολισμό δεν ήθελαν περαιτέρω επεξήγηση). Έτσι προέκυψαν 3 χειροτεχνίες. 3 σφαίρες που απεικονίζουν τη Γη και στην τομή τους έχουν αναλυτικά τις μοίρες που προκύπτουν μετρώντας τις επίκεντρες γωνίες. (Εικόνες 4, 5, 6,)



Εικόνα 4: Γεωγραφικό πλάτος



Εικόνα 5: Γεωγραφικό μήκος

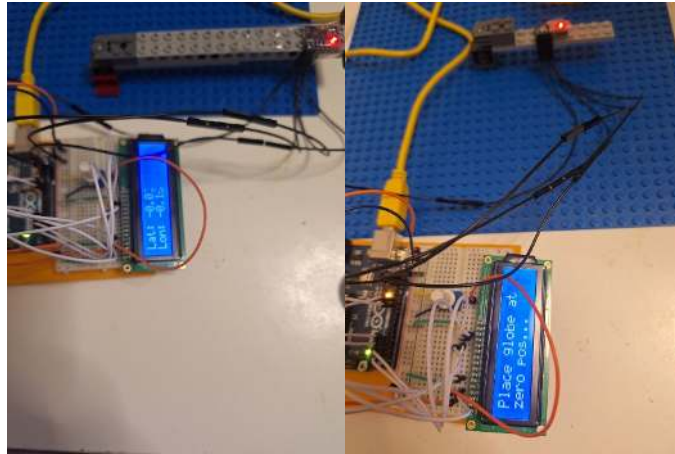


Εικόνα 6: Γεωγραφικές συντεταγμένες τόπου

Στάδιο 5: Χρήση σφαίρας με επεξεργαστή Arduino.

Στο τελευταίο στάδιο των κατασκευών θέλαμε να δείξουμε στους μαθητές μας ότι τις ίδιες καταγραφές των συντεταγμένων μπορεί να δείξει αυτόματα ένα ψηφιακό μέσο. Κατασκευάστηκε μια διάφανη υδρόγειος σφαίρα στο εσωτερικό της οποίας μπορεί κάποιος να δει την ακτίνα της Γης από Lego καθώς και τη σταθερή ακτίνα που αντιστοιχεί στο γεωγραφικό μήκος και πλάτος μηδέν. Με τη χρήση ενός μικρού αισθητήρα, ενός επεξεργαστή Arduino, 2 μαγνητών και ενός «μεταφορικού μέσου» καταφέραμε μετακινώντας την ακτίνα από Lego πάνω, κάτω, δεξιά, αριστερά,

οπουδήποτε πάνω στη Γη να υπολογίζεται το γεωγραφικό μήκος και το γεωγραφικό πλάτος κάθε τόπου στην ψηφιακή οθόνη, δηλαδή να μετρούνται οι επίκεντρες γωνίες που σχηματίζουν οι προβολές του τόπου με την ακτίνα στον πρώτο μεσημβρινό και στον ισημερινό αντίστοιχα (Εικόνα 7, 8). Εδώ πλέον είχαν κατακτήσει την έννοια των συντεταγμένων καθώς και ότι πρόκειται για μια επινόηση των ανθρώπων προκειμένου να διευκολύνονται οι μετακινήσεις τους με τη βοήθεια αυτών των νοητών οριζόντιων και κατακόρυφων γραμμών.



Εικόνα 7,8: Κατασκευή με Arduino

Στάδιο 6: Χρήση google maps

Για να είμαστε σύγχρονοι με την εποχή μας, θέλαμε να εντάξουμε και τις φορητές συσκευές στη διδασκαλία. Έτσι σε αυτό το στάδιο χρησιμοποιήθηκε φύλλο εργασίας εύρεσης γεωγραφικών συντεταγμένων μέσω του google maps (μια από τις πολλές χρήσεις της εφαρμογής). Ήταν πλέον ιδιαίτερα εύκολο και χωρίς κόπο να πατήσουν ένα απλό δεξί κλικ στον χάρτη που εμφανίζεται στην οθόνη του υπολογιστή, παρ' όλα αυτά φάνηκαν να διασκεδάζουν με την όλη διαδικασία των υπολογισμών τους και της εύρεσης των γεωγραφικών συντεταγμένων των τόπων.

Στάδιο 7: Δημιουργία ποιήματος

Στο τελευταίο στάδιο, οι μαθητές δημιούργησαν ποιήματα με ομοιοκαταληξία στα ελληνικά και στα αγγλικά, προκειμένου να είναι εύκολο να θυμούνται το γεωγραφικό μήκος και πλάτος και να μην τα συγχέουν μεταξύ τους. Το ελληνικό ποίημα που προέκυψε είναι το εξής:

*Στο Γκρίνουιτς μηδέν
το μήκος ξεκινά
σαν τον Τεντόγλου πάντα
που πηδάει μακριά.*

*Όπου ταξιδεύω σε χάρτη κι ουρανό
θυμάμαι του Μίλτον το άλμα το καλό.
Μήκος και Γκρίνουιτς μαζί θα τα σκεφτώ
κι έτσι με το πλάτος δεν θα μπερδευτώ.*

Στην αγγλική έκδοση του ποιήματος συνδέονται πληροφορίες όπως το 0 ως γεωγραφικό μήκος του Γκρίνουιτς αλλά και το ότι το πλάτος μετράει τις μοίρες Βόρεια ή Νότια του Ισημερινού και το μήκος τις μοίρες Ανατολικά και Δυτικά του Γκρίνουιτς.

*Greenwich zero start of long,
like Tentoglou, strong, real strong.
North to south for **latitude**
East to west for **longitude**
Greenwich zero start of long,
like Greek Miltos, strong, real strong.*

Αποτελέσματα- σχόλια

Η διδασκαλία αυτή είχε ως βασικό σκοπό την εμβάθυνση στις γεωγραφικές συντεταγμένες. Ήταν μια στοχευμένη διδασκαλία με δυναμικό χαρακτήρα και πολλές δραστηριότητες που έδωσαν χαρά στους μαθητές. Σχεδίασαν, χάραξαν, έκαναν υπολογισμούς, ταξίδεψαν με τη φαντασία τους σε ξένα μέρη με διάφορα γεωγραφικά μήκη και πλάτη.

Όσον αφορά την αξιολόγηση του project, πραγματοποιήθηκε κυρίως μέσω του αναστοχασμού σε διάφορες φάσεις της εφαρμογής του, καθώς είναι ένα project που δουλεύεται και εμπλουτίζεται εδώ και πολλά χρόνια με τις κατάλληλες δραστηριότητες, ανάλογα με τις ανάγκες μάθησης και τις ιδιαιτερότητες των μαθητών μας.

Τέλος, σημαντικό για εμάς και τους μαθητές μας ήταν η ενασχόληση με το ίδιο αντικείμενο ταυτόχρονα σε τρία σχολεία και η συνεργασία μεταξύ μαθητών διαφορετικής περιοχής και ηλικίας που συνοδεύτηκε από πολύ ενθουσιασμό.

Βιβλιογραφία

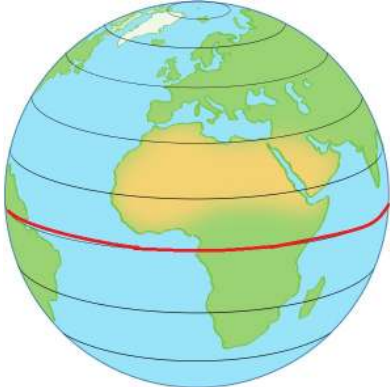
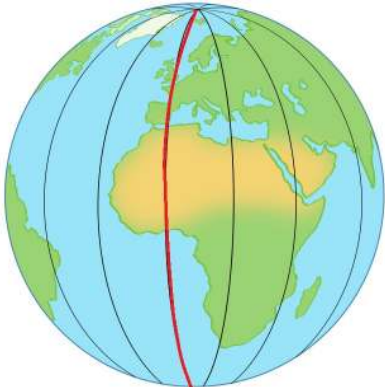
- https://archeia.moec.gov.cy/sd/719/en_e2_org_sxed_ekpaid.pdf
- <https://greekworldhistory.blogspot.com/2016/01/blog-post.html>
- <https://users.sch.gr/maritheodo/history-pi/section1/ploia/biografies/24.htm>
- <https://aesop.iep.edu.gr/node/20776>
- <https://blogs.eme.edu.gr/vpilatou/2020/03/23/%CE%B3%CE%B5%CF%89%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%AF%CE%B1-%CF%83%CF%84%CE%84-%CF%84%CE%AC%CE%BE%CE%B7%CF%82-%CE%BF%CE%B9-%CE%B3%CE%B5%CF%89%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82-%CF%83%CF%85/>

Παράρτημα – Φύλλο εργασίας Ι

Ξεκαθάρισμα λογαριασμών – Παράλληλοι – Μεσημβρινοί

Μπορείτε παρατηρώντας τις παρακάτω σφαίρες με τις νοητές γραμμές να συμπληρώσετε τον πίνακα 1 διαλέγοντας από το συνώνυμο

0° πλάτος 180° Δ ισημερινό 90° Β
 ημικύκλια 180° Α μήκος πρώτος
 μεσημβρινός (Γκρίνουιτς) 90° Ν
 Ανατολή Βορρά Δύση Νότο κύκλοι

	Παράλληλοι	Μεσημβρινοί
		
Τι σχήμα έχουν;		
Εκτείνονται από έως (Β έως Ν ή Α έως Δ)		
σε μοίρες από ... έως..... και από..... έως.....		
δείχνουν το γεωγραφικό....		
η έναρξη της μέτρησης γίνεται από		

Φύλλο εργασίας II

Ξεκαθάρισμα λογαριασμών – Γεωγραφικές συντεταγμένες

Με τη βοήθεια

- του παγκόσμιου χάρτη που βρίσκεται στο θρανίο σας



- της υδρογείου σφαίρας
 - της υδρογείου με τον επεξεργαστή Arduino
- να προσδιορίσετε τις γεωγραφικές συντεταγμένες των παρακάτω 5 πόλεων.

	Παγκόσμιος χάρτης	Υδρογείου σφαίρα	Υδρογείου σφαίρα με Arduino
Παρίσι			
Θεσσαλονίκη			
Ρίο ντε Τζανέιρο			
Μόντρεαλ			
Ναϊρόμπι			

Ποιος από τους 3 τρόπους ήταν ο πιο γρήγορος τρόπος εύρεσης των γεωγραφικών συντεταγμένων;

Σε ποιον από τους τρεις τρόπους έχετε μεγαλύτερη εξοικείωση;

Ποιος είναι ο πιο σύγχρονος;

*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στους συγγραφείς.



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Greece

*Science on Stage Festival 2026,
Klaipėda, Λιθουανία*

Ένα Μεγάλο Μεταλλικό Κουτί στην Κουζίνα μας: Διεπιστημονική Προσέγγιση του Ψυκτικού Κύκλου με PLC και Επαναχρησιμοποιούμενα Εξαρτήματα

*Μαθητές: Ιωάννης Δημάκος, Βασίλειος Κουράκος, Χρήστος Μαρκόπουλος
1^ο Ημερήσιο Επαγγελματικό Λύκειο (ΕΠΑ.Λ.) Σπάρτης*

Υπεύθυνοι καθηγητές:

Νικόλαος Παπάζογλου Παπαζογλάκης, Μηχανολόγος ΠΕ82, ΕΠΑ.Λ. Σπάρτης

[npapazoglakis\[a\]yahoo.gr](mailto:npapazoglakis[a]yahoo.gr)

Ελένη Παλούμπα, Χημικός, Υπεύθυνη Ε.Κ.Φ.Ε. Λακωνίας, [elpaloumpa2\[a\]gmail.com](mailto:elpaloumpa2[a]gmail.com)

(Βραβείο 13^{ων} Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών)

Περίληψη

Σε μια τυπική κουζίνα, το ψυγείο αποτελεί βασικό εξοπλισμό, ωστόσο η λειτουργία του συχνά παραμένει «ανεξήγητη» για τον χρήστη. Στην παρούσα εργασία περιγράφεται η κατασκευή και διδακτική αξιοποίηση ενός λειτουργικού εκπαιδευτικού μοντέλου οικιακού ψυγείου, με τη χρήση Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή (PLC) και επαναχρησιμοποιούμενων εξαρτημάτων, ώστε να «αποκαλυφθούν» οι μηχανισμοί του ψυκτικού κύκλου και οι αυτοματισμοί που τον υποστηρίζουν.

Η διδακτική αξιοποίηση του μοντέλου στηρίζεται σε διερευνητικές μεθόδους: οι μαθητές και οι μαθήτριες εργάζονται σε ομάδες, μελετούν ερωτήσεις τυπωμένες σε φύλλα εργασίας ή σε ειδικά επιμελημένες κάρτες, συζητούν και παρουσιάζουν διαπιστώσεις και συμπεράσματα στην ολομέλεια της τάξης, ενώ αξιολογούνται με τρόπους σύγχρονους, που περιλαμβάνουν θεματικά σταυρόλεξα και ψηφιακά κουίζ. Παράλληλα, με αξιοποίηση διαδραστικού βίντεο του NAPO και καρτών χημικής σήμανσης, επιχειρείται η καλλιέργεια κουλτούρας υγιεινής και ασφάλειας, με έμφαση στην υπεύθυνη χρήση επικίνδυνων ουσιών και τη σωστή διαχείριση εργαστηριακών αποβλήτων. Στη στοχοθεσία της κατασκευής συμπεριλαμβάνεται επίσης η γλωσσική εξοικείωση των μαθητών και των μαθητριών με την αγγλική τεχνική ορολογία της ψύξης, με παράλληλη καλλιέργεια δεξιοτήτων επικοινωνίας και συνεργασίας σε διεθνές περιβάλλον. Η περιβαλλοντική διάσταση αναδεικνύεται μέσω της χρήσης φιλικών ψυκτικών υγρών και επαναχρησιμοποιούμενων εξαρτημάτων στην πειραματική διάταξη.

Η παιδαγωγική αξία της εργασίας είναι πολυεπίπεδη, καθώς συνδυάζει Φυσική, Χημεία, Μηχανολογία, Ηλεκτρολογία και Πληροφορική με βιωματικές δραστηριότητες, ενισχύει την κατανόηση εννοιών όπως η θερμότητα, η εξάτμιση και η συμπύκνωση και προάγει δεξιότητες συνεργασίας, κριτικής σκέψης και δημιουργικής επίλυσης προβλημάτων.

Συμπερασματικά, πρόκειται για ένα εκπαιδευτικό εργαλείο STEM, σχετικά χαμηλού κόστους, που υποστηρίζει τη βιωματική μάθηση, τη διεπιστημονικότητα και τη σύνδεση της καινοτομίας με την υπευθυνότητα, σε συνάφεια με τους [στόχους βιώσιμης ανάπτυξης](#) (στόχοι 3, 4, 12, 13, 17).

Abstract

In a typical kitchen, the refrigerator is an essential appliance, yet its operation often remains “unexplained” to the user. This paper presents the construction and educational use of a functional teaching model of a household refrigerator, using a Programmable Logic Controller (PLC) and reusable components, in order to “reveal” the mechanisms of the refrigeration cycle and the automation systems that support it.

The teaching approach is based on inquiry-based methods: students work in groups, study questions provided in worksheets or specially designed cards, discuss and present their findings and conclusions in class, and are assessed through modern means, including thematic crosswords and digital quizzes. At the same time, with the use of an interactive NAPO video and chemical labeling cards, an effort is made to cultivate a culture of hygiene and safety, emphasizing the responsible use of hazardous substances and proper waste management.

The objectives of the construction also include familiarizing students with English technical terminology related to refrigeration, while simultaneously fostering communication and collaboration skills in an international context. The environmental dimension is highlighted through the use of eco-friendly refrigerants and reusable materials.

The pedagogical value of this work is multifaceted, as it combines Physics, Chemistry, Mechanical Engineering, Electrical Engineering, and Informatics with experiential activities, enhances the understanding of concepts such as heat, evaporation, and condensation, and promotes teamwork, critical thinking, and creative problem-solving skills.

In conclusion, this is a relatively low-cost educational STEM tool that supports experiential learning, interdisciplinarity, and the connection of innovation with responsibility, in alignment with the [Sustainable Development Goals](#) (SDGs 3, 4, 12, 13, 17).

Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

Η ψύξη αποτελεί τεχνολογική διαδικασία με σκοπό την ελάττωση της θερμοκρασίας ενός χώρου ή αντικειμένου, προκειμένου:

- α) να διατηρηθούν ευπαθή προϊόντα όπως τρόφιμα, φάρμακα ή φυτικά είδη για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, και
- β) να εξασφαλιστούν συνθήκες θερμικής άνεσης για ζωντανούς οργανισμούς, όπως ο άνθρωπος και τα ζώα.

Η **θερμοκρασία** είναι το φυσικό μέγεθος που χαρακτηρίζει τον βαθμό θερμικής κατάστασης ενός σώματος. Εκφράζει πόσο «θερμό» ή «ψυχρό» είναι το σώμα αυτό, καθώς σχετίζεται με την κινητική ενέργεια των μορίων του. Στο Διεθνές Σύστημα μετράται σε Kelvin (K), συνήθως μετράται σε βαθμούς Κελσίου (°C), ενώ στο αγγλοσαξονικό σύστημα χρησιμοποιείται η κλίμακα Φαρενάιτ (°F).

Η **θερμότητα**, αποτελεί μορφή ενέργειας που μεταφέρεται αυθόρμητα από ένα θερμότερο σώμα σε ένα ψυχρότερο, σύμφωνα με τον [Β΄ Θερμοδυναμικό Νόμο](#). Μονάδα μέτρησής της -στο SI- είναι το Τζάουλ (J). Συχνά χρησιμοποιείται και η θερμίδα (cal).

Η ψυκτική διαδικασία διαφοροποιείται από τη φυσική και αυθόρμητη ροή της θερμότητας, κατά οποία αυτή μεταφέρεται πάντοτε από ένα θερμότερο σώμα προς ένα

ψυχρότερο. Στην περίπτωση του ψυγείου, επιδιώκεται η αντίστροφη μεταφορά: η θερμότητα πρέπει να απομακρυνθεί από τον ψυχρό χώρο (π.χ. τον θάλαμο κατάψυξης) και να αποδοθεί σε έναν θερμότερο χώρο (π.χ. στο περιβάλλον της κουζίνας). Η διαδικασία αυτή δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί χωρίς δαπάνη ενέργειας. Σύμφωνα με τη δεύτερη διατύπωση του Β' Θερμοδυναμικού Νόμου, όπως την έδωσε ο Clausius, «είναι αδύνατο να κατασκευαστεί μηχανή που να μεταφέρει θερμότητα από ένα ψυχρό σώμα σε ένα θερμότερο χωρίς να δαπανάται ενέργεια για τη λειτουργία της» (Βλάχος κ.ά., 2013). Στο ψυγείο, η απαιτούμενη ενέργεια είναι ηλεκτρική και καταναλώνεται από τον συμπιεστή, με αποτέλεσμα η δαπάνη μικρής ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας να οδηγεί σε απομάκρυνση σημαντικής ποσότητας θερμότητας από τον χώρο ψύξης.

Πρακτικά, η παραγωγή ψύξης απαιτεί τη διάταξη δύο χώρων οι οποίοι δεν επικοινωνούν άμεσα μεταξύ τους, αλλά συνδέονται μέσω δύο **εναλλακτών θερμότητας** («σερπαντίνες», δηλαδή σωληνώσεις από θερμοαγωγιμο μέταλλο, συνήθως χαλκό ή αλουμίνιο). Οι χώροι αυτοί είναι:

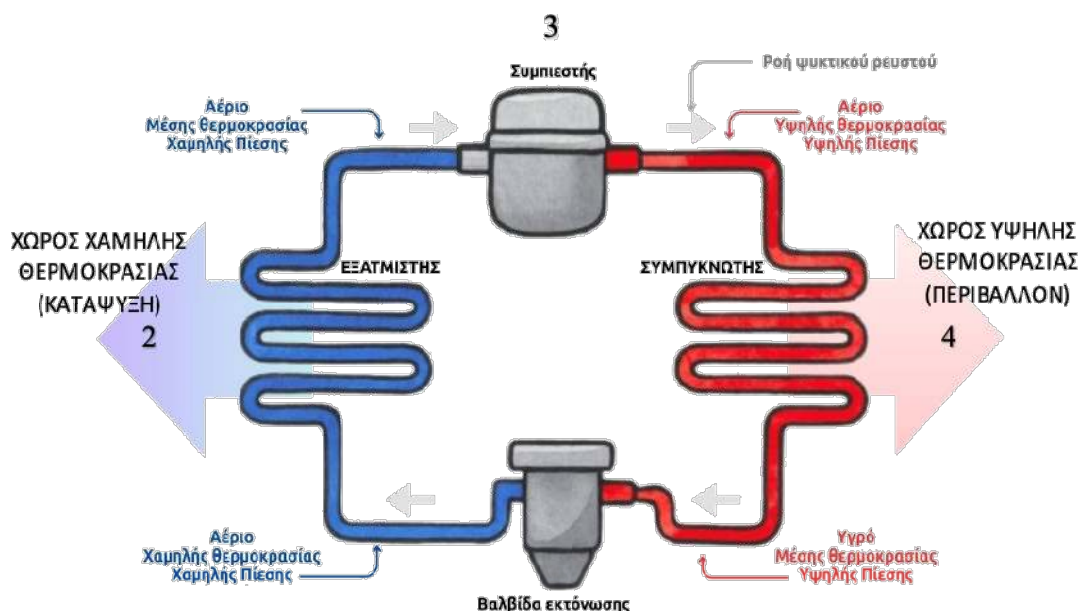
- α) ο χώρος χαμηλής θερμοκρασίας, δηλαδή η κατάψυξη (περίπου $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$), και
- β) ο περιβάλλον χώρος της κουζίνας, όπου βρίσκεται το ψυγείο (κατά μέσο όρο περίπου $25\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Στις σωληνώσεις των εναλλακτών κυκλοφορεί, με τη βοήθεια του **συμπιεστή**, ένα ειδικό ρευστό το οποίο μεταφέρει τη θερμότητα από τον χώρο χαμηλής προς τον χώρο υψηλής θερμοκρασίας. Το ρευστό αυτό, το οποίο εμφανίζεται σε εναλλαγή υγρής και αέριας φάσης, ονομάζεται **ψυκτικό ρευστό** («Refrigerant», συμβολίζεται με το γράμμα R, π.χ. R12, R600a).

Συνοπτικά, η ψυκτική διάταξη απαιτεί:

- δύο εναλλάκτες θερμότητας (έναν σε κάθε χώρο διαφορετικής θερμοκρασίας),
- έναν συμπιεστή (αντλία),
- κατάλληλη ποσότητα ειδικού ψυκτικού ρευστού («φρέον»),
- ένα **εκτονωτικό μέσο** (υποβιβαστής πίεσης), το οποίο επαναφέρει την πίεση του ρευστού στο αρχικό επίπεδο, ώστε να κλείνει ο κύκλος λειτουργίας του.

Με τον τρόπο αυτό ολοκληρώνεται ο κύκλος λειτουργίας του ψυκτικού ρευστού, όπως αποτυπώνεται και στο σχετικό θερμοδυναμικό διάγραμμα (Εικόνα 1).



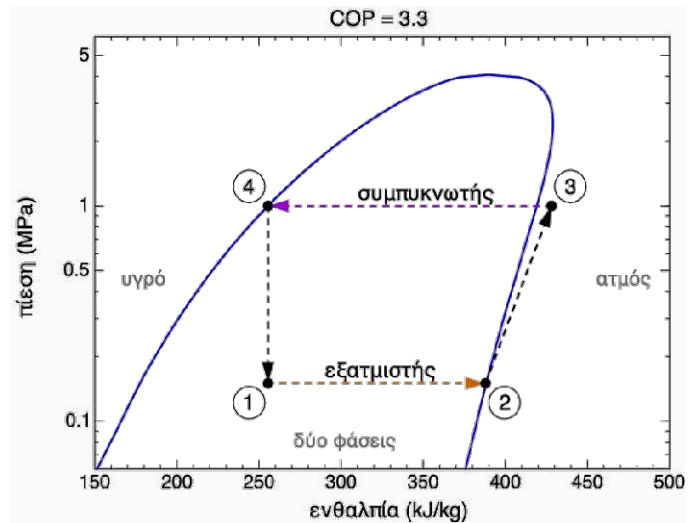
Εικόνα 1: Σύνδεση βασικών εξαρτημάτων ψύξης

Η διασύνδεση των τεσσάρων βασικών εξαρτημάτων – συμπιεστής, συμπυκνωτής, εκτονωτικό μέσο και εξατμιστής – συγκροτεί τον ψυκτικό κύκλο με μηχανική συμπίεση ατμών. Μέσω της συνεχούς κυκλοφορίας του ψυκτικού ρευστού, το κύκλωμα επιτυγχάνει την απορρόφηση θερμότητας από τον χώρο χαμηλής θερμοκρασίας και την απόδοσή της στον περιβάλλοντα χώρο υψηλότερης θερμοκρασίας.

Η λειτουργία αυτή αποδίδεται χαρακτηριστικά σε διάγραμμα πίεσης (p) – ενθαλπίας (h) (Διάγραμμα 1), στο οποίο διακρίνονται τέσσερις διαδοχικές θερμοδυναμικές μεταβολές:

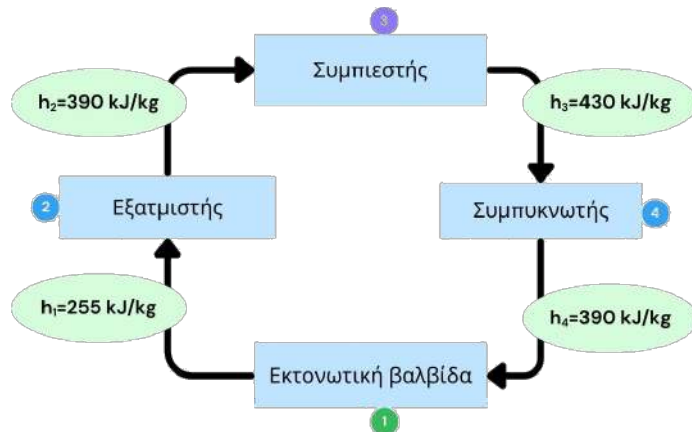
- **Συμπίεση (2→3):** ισοεντροπική μεταβολή,
- **Συμπύκνωση (3→4):** ισοβαρής μεταβολή με απόδοση θερμότητας, προσεγγιστικά ισόθερμη
- **Εκτόνωση (4→1):** ισηνθαλπική μεταβολή,
- **Εξάτμιση (1→2):** ισοβαρής μεταβολή με απορρόφηση θερμότητας, προσεγγιστικά ισόθερμη.

Από την ανάλυση του διαγράμματος προκύπτει και η ιδιαίτερα υψηλή ενεργειακή απόδοση των ψυκτικών μηχανών. Ο συντελεστής συμπεριφοράς (Coefficient of Performance, COP) στο συγκεκριμένο παράδειγμα ανέρχεται σε 3,3, δηλαδή περίπου 330%.



Διάγραμμα 1: Ψυκτικός κύκλος

$$\begin{aligned}
 C.O.P. &= \frac{q_{in}}{w_{in}} \Leftrightarrow C.O.P. = \frac{\text{Θερμότητα εισόδου (Ψυκτική ενέργεια)}}{\text{Έργο εισόδου (Ενέργεια συμπίεση)}} \Leftrightarrow C.O.P. = \frac{1-2 \text{ (Εξάτμιση)}}{2-3 \text{ (Συμπίεση)}} \\
 \Leftrightarrow C.O.P. &= \frac{390-255 \text{ KJ/Kg}}{430-390 \text{ KJ/Kg}} \Leftrightarrow C.O.P. = \frac{135 \text{ KJ/Kg}}{40 \text{ KJ/Kg}} \Leftrightarrow C.O.P. = 3,3 \text{ ή } 3,3 \times 100\% \\
 \Leftrightarrow C.O.P. &= 330\%
 \end{aligned}$$



Εικόνα 2: Ενδεικτικές τιμές λειτουργίας – Υπολογισμός C.O.P.

Αυτό σημαίνει ότι για κάθε μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται στη συμπίεση, αποδίδονται περίπου 3,3 μονάδες ψυκτικής ενέργειας. Η απόδοση αυτή

είναι πολλαπλάσια της ενεργειακής αποδοτικότητας των θερμικών μηχανών, οι οποίες πρακτικά κυμαίνονται στο 25–45%, γεγονός που τεκμηριώνει γιατί οι ψυκτικές διατάξεις θεωρούνται από τις αποδοτικότερες τεχνολογικές εφαρμογές.

Η λειτουργία του ψυκτικού κύκλου στηρίζεται σε δύο θεμελιώδεις αρχές:

- Η πρώτη αρχή σχετίζεται με δύο αντίθετα, αλλά εξίσου οικεία φυσικά φαινόμενα: **την εξάτμιση και τη συμπύκνωση**. Για τον λόγο αυτό, στο κύκλωμα ψύξης ο ένας εναλλάκτης ονομάζεται **συμπυκνωτής**, ενώ ο άλλος **εξατμιστής** ή στοιχείο ψύξης. Με την εξάτμιση, το ψυκτικό ρευστό απορροφά θερμότητα από τον χώρο χαμηλής θερμοκρασίας, ενώ με τη συμπύκνωση αποδίδει τη θερμότητα αυτή στο περιβάλλον ψηλότερης θερμοκρασίας.
- Η δεύτερη αρχή αφορά στη στενή και μοναδική σχέση που υπάρχει μεταξύ **πίεσης και θερμοκρασίας κορεσμού** κάθε ρευστού. Συγκεκριμένα, η αύξηση της πίεσης οδηγεί σε αύξηση της θερμοκρασίας κορεσμού, ενώ η μείωση της πίεσης έχει το αντίθετο αποτέλεσμα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο βρασμός του νερού: σε πίεση 1 atm πραγματοποιείται στους 100 °C, ενώ σε πίεση 2 atm (εσωτερικό χύτρας ταχύτητας) το σημείο βρασμού ανέρχεται στους 121 °C (με αντίστοιχη μείωση του χρόνου μαγειρέματος). Αντίθετα, σε χαμηλότερες πιέσεις, όπως σε υψόμετρο 2500 m (κορυφή Ταϋγκετου), όπου η ατμοσφαιρική πίεση είναι περίπου 0,75 atm, το νερό βράζει στους 91,5 °C, χαμηλότερη θερμοκρασία από τους 100 °C.

Οι δύο αυτές αρχές, η εναλλαγή εξάτμισης–συμπύκνωσης και η σχέση πίεσης–θερμοκρασίας κορεσμού, αποτελούν τον θεωρητικό πυρήνα της λειτουργίας κάθε ψυκτικού συστήματος και ερμηνεύουν με σαφήνεια τη δυνατότητά του να μεταφέρει θερμότητα από έναν χώρο χαμηλής σε έναν χώρο υψηλής θερμοκρασίας.

Υψόμετρο (m)	Ατμοσφαιρική Πίεση (bar)	Ατμοσφαιρική Πίεση (kPa)	Θερμοκρασία Βρασμού Νερού (°C)
0	1	101,33	100
10	2	200	
20	3	300	
30	4	400	
500	0,95	96,52	
1000	0,9	91,2	96,5
1500	0,85	86	
2000	0,8	79,5	93,3
2500	0,75	75	91,5
3000	0,7	70	
5000	0,54	54,05	83,3
10000	0,26	26,5	66,3
20000	0,0553	5,53	34,7

Πίνακας 1: Απεικόνιση σχέσης Υψόμετρον - Πίεσης – Σημείου Βρασμού νερού (Δεδομένα από Wikipedia (2025))

Ατμοποίηση ονομάζεται η διαδικασία κατά την οποία το ψυκτικό ρευστό απορροφά θερμότητα από τον χώρο χαμηλής θερμοκρασίας μέσω του εξατμιστή και μετατρέπεται από υγρή σε αέρια φάση. Το φαινόμενο αυτό, γνωστό και ως βρασμός, αξιοποιείται στα ψυγεία: το ψυκτικό μέσο, απορροφώντας θερμότητα από το εσωτερικό (π.χ. την κατάψυξη), εξατμίζεται. Ένα οικείο παράδειγμα είναι το

φαινόμενο που παρατηρείται όταν π.χ. λίγο οινόπνευμα απλωθεί στην παλάμη, εξατμίζεται, απορροφώντας θερμότητα από το δέρμα και προκαλώντας αίσθηση ψύξης.

Συμπύκνωση είναι η αντίστροφη διαδικασία, κατά την οποία το ψυκτικό ρευστό αποδίδει σε έναν θερμότερο χώρο (π.χ. το περιβάλλον της κουζίνας), τη θερμότητα που έχει απορροφήσει στον εξατμιστή και, έτσι, πραγματοποιείται αλλαγή της φυσικής του κατάστασης από αέρια υγρή. Αντίστοιχο φυσικό παράδειγμα παρατηρείται όταν οι υδρατμοί της ατμόσφαιρας συμπυκνώνονται στην ψυχρή επιφάνεια ενός ποτηριού, σχηματίζοντας σταγονίδια. Στο ψυγείο, η συμπύκνωση πραγματοποιείται στον συμπυκνωτή — τη χαρακτηριστική «μαύρη σχάρα» στο πίσω μέρος της συσκευής.

Η εξαίτηση και η συμπύκνωση αποτελούν δύο αντίθετες, αλλά αλληλένδετες διαδικασίες. Με την κατανάλωση μικρών ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας για τη λειτουργία του συμπιεστή, επιτυγχάνεται η άντληση θερμότητας από τον χώρο χαμηλής θερμοκρασίας (κατάψυξη) και η απόδοσή της στον χώρο ψηλότερης θερμοκρασίας (κουζίνα). Έτσι, οι συσκευές αυτές χαρακτηρίζονται στη Φυσική ως **αντλίες θερμότητας**, δηλαδή συστήματα που «αντλούν» θερμότητα από έναν χώρο και τη μεταφέρουν σε άλλον, ανεξάρτητα από το εάν αυτός θερμαίνεται ή ψύχεται. Το οικιακό ψυγείο μπορεί επίσης να ερμηνευθεί ως μια αντλία θερμότητας τύπου **αέρα–αέρα**, διότι αντλεί θερμότητα από τον αέρα της κατάψυξης και την αποδίδει στον αέρα του περιβάλλοντος χώρου.

Η ίδια λογική εφαρμόζεται και σε άλλες διατάξεις:

- Μια **αντλία θερμότητας αέρα–νερού** αντλεί θερμότητα από τον αέρα και τη μεταφέρει στο νερό θέρμανσης ενός χώρου τον χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι λειτουργεί αντιστρόφως.
- Μια **γεωθερμική αντλία θερμότητας νερού** εκμεταλλεύεται τη θερμότητα του υπεδάφους, αποδίδοντάς την στο νερό κλιματισμού τον χειμώνα και αντλώντας θερμότητα από το νερό προς το υπέδαφος το καλοκαίρι.

Στα σύγχρονα οικιακά ψυγεία, τον ρόλο του «εγκεφάλου» αναλαμβάνει η ηλεκτρονική πλακέτα ελέγχου (control board), η οποία συντονίζει τη λειτουργία όλων των υποσυστημάτων της συσκευής. Η πλακέτα δέχεται σήματα από αισθητήρες θερμοκρασίας και απόψυξης και από τον θερμοστάτη, επεξεργάζεται τα δεδομένα σύμφωνα με τις προκαθορισμένες παραμέτρους και τις ρυθμίσεις του χρήστη, και αποστέλλει εντολές σε κρίσιμα εξαρτήματα, όπως ο συμπιεστής, οι ανεμιστήρες του συμπυκνωτή και του εξατμιστή, οι ηλεκτρικές αντιστάσεις απόψυξης και το σύστημα φωτισμού. Μέσω αυτής της λειτουργίας, επιτυγχάνεται ακριβής έλεγχος της θερμοκρασίας, αυτοματοποιημένη διαδικασία απόψυξης (No Frost), βελτιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης και ενεργοποίηση συστημάτων ειδοποίησης σε περιπτώσεις δυσλειτουργίας ή παρατεταμένου ανοίγματος της πόρτας. Παρότι στο παρόν εκπαιδευτικό μοντέλο η πλακέτα αντικαθίσταται από έναν προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή (PLC) για λόγους διδακτικής απλοποίησης και ευελιξίας, και στις δύο περιπτώσεις η αρχή παραμένει η ίδια: ένας κεντρικός ελεγκτής συλλέγει δεδομένα, λαμβάνει αποφάσεις και εκτελεί εντολές, εξασφαλίζοντας τη σωστή και αποδοτική λειτουργία του ψυκτικού συστήματος.

Σε αντίθεση με την πλακέτα, η οποία είναι σχεδιασμένη αποκλειστικά για το συγκεκριμένο ψυγείο και δεν προσφέρει δυνατότητες τροποποίησης, ο PLC επιτρέπει την ανάπτυξη, την παραμετροποίηση και την τροποποίηση προγραμμάτων από τους ίδιους τους μαθητές και εκπαιδευτικούς. Με τον τρόπο αυτό, οι εκπαιδευόμενοι αποκτούν τη δυνατότητα να παρατηρούν πώς μεταφράζονται οι λογικές εντολές σε πραγματικές λειτουργίες, να πειραματίζονται με σενάρια λειτουργίας, να

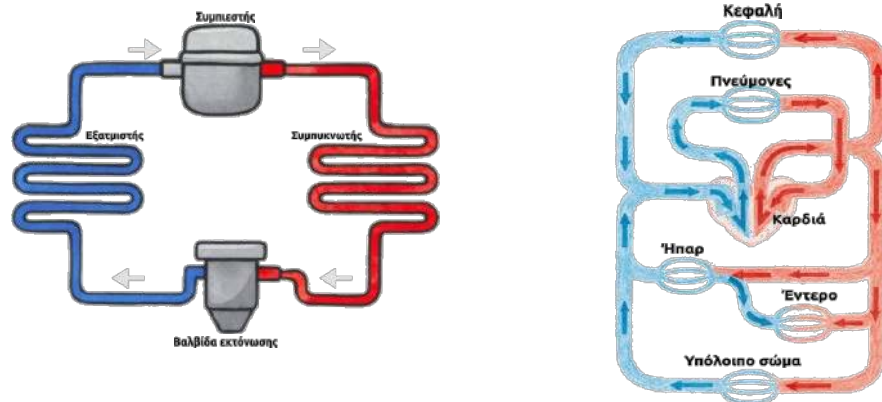
ενσωματώνουν πρόσθετους αισθητήρες ή ενεργοποιητές και να κατανοούν τον ρόλο του προγραμματισμού στον αυτοματισμό. Επιπλέον, η χρήση ανακυκλώσιμων υλικών σε συνδυασμό με τον PLC μειώνει το κόστος κατασκευής και καθιστά το μοντέλο προσιτό σε σχολικά εργαστήρια, ενώ ταυτόχρονα ενισχύει την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση. Συνολικά, ο PLC υποστηρίζει τη λειτουργική προσομοίωση του ψυγείου και, επιπλέον, μετατρέπει την κατασκευή σε ανοιχτό, ευέλικτο και επεκτάσιμο διδακτικό εργαλείο, υποστηρικτικό της διερευνητικής μάθησης, της ανάπτυξης δεξιοτήτων προγραμματισμού και της κατανόησης της διασύνδεσης Φυσικής, Μηχανολογίας, Ηλεκτρο-λογίας και Πληροφορικής. Στον Πίνακα 1, παρουσιάζονται συγκριτικά η ηλεκτρονική πλακέτα και ο PLC.

Χαρακτηριστικό	Ηλεκτρονική Πλακέτα Ψυγείου	Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC)
Σχεδίαση	Κατασκευασμένη αποκλειστικά για το συγκεκριμένο μοντέλο ψυγείου.	Γενικής χρήσης, προσαρμόζεται σε ποικίλες εφαρμογές.
Ευελιξία	Δεν μπορεί να τροποποιηθεί ή να επαναπρογραμματιστεί από τον χρήστη. Σταθερή λειτουργία, χωρίς δυνατότητα πειραματισμών.	Μπορεί να επαναπρογραμματιστεί με βάση τις διδακτικές ανάγκες. Παρέχει δυνατότητα τροποποίησης, δοκιμών και ανάπτυξης πολλαπλών εφαρμογών.
Διδακτική Αξία	Περιορισμένη: λειτουργεί ως «μαύρο κουτί» χωρίς ορατές διαδικασίες.	Αυξημένη: καθιστά ορατές τις λογικές σχέσεις εισόδων-εξόδων και τον έλεγχο αυτοματισμών.
Επεκτασιμότητα	Δεν υποστηρίζει προσθήκη νέων αισθητήρων ή λειτουργιών.	Επιτρέπει την ενσωμάτωση νέων αισθητήρων, αυτοματισμών και σεναρίων λειτουργίας.
Κόστος	Σχετικά ψηλό, ιδιαίτερα εάν πρόκειται για γνήσιο ανταλλακτικό.	Συγκριτικά χαμηλότερο σε εκπαιδευτικές εκδόσεις, με δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης.
Σύνδεση με Διδακτικά Αντικείμενα	Αυξημένης δυσκολίας η διδακτική αξιοποίηση.	Διδασκαλία Φυσικής, Μηχανολογίας, Ηλεκτρολογίας και Πληροφορικής.

Πίνακας 2. Συγκριτική παρουσίαση λειτουργικής πλακέτας και PLC.

Ο ψυκτικός κύκλος με μηχανική συμπίεση ατμών μπορεί να κατανοηθεί ευκολότερα εάν συγκριθεί με το κυκλοφορικό σύστημα του ανθρώπου. Και στα δύο συστήματα υπάρχει ένας **κλειστός βρόχος**, μέσα στον οποίο κυκλοφορεί ένα ρευστό:

- Στο **ψυκτικό σύστημα** το ρευστό είναι το ψυκτικό μέσο («φρέον»), ενώ στο **ανθρώπινο σώμα** είναι το αίμα.
- Η **αντλία–συμπιεστής** αντιστοιχεί στην **καρδιά**: παρέχει την απαιτούμενη ενέργεια ώστε να κινείται το ρευστό μέσα στο κύκλωμα.
- Οι **εναλλάκτες θερμότητας (εξατμιστής – συμπυκνωτής)** λειτουργούν αντίστοιχα με τα **όργανα και τους ιστούς** του σώματος, όπου πραγματοποιείται η ανταλλαγή θερμότητας αντίστοιχα με την ανταλλαγή αερίων (οξυγόνου – διοξειδίου του άνθρακα).
- Ο **εκτονωτής** λειτουργεί όπως οι **βαλβίδες** της καρδιάς: ρυθμίζει την πίεση και τη ροή ώστε να διατηρείται η κυκλική λειτουργία.



Εικόνα 3: Αναλογίες ψυκτικού κύκλου και κυκλοφορικού

Όπως η καρδιά και το κυκλοφορικό σύστημα υποστηρίζονται και ελέγχονται από τον εγκέφαλο, το ψυκτικό κύκλωμα υποστηρίζεται από τον **Προγραμματιζόμενο Λογικό Ελεγκτή - PLC**. Ο εγκέφαλος επεξεργάζεται τα σήματα από το νευρικό σύστημα και δίνει εντολές στα όργανα· αντίστοιχα, ο PLC δέχεται σήματα από αισθητήρες (θερμοκρασίας, πίεσης, διαρροής) και δίνει εντολές σε ενεργοποιητές (συμπίεστη, ανεμιστήρες, θερμαντικές αντιστάσεις).

Το ανθρώπινο σώμα διατηρεί την ομοιόσταση μέσω της συνεργασίας κυκλοφορικού συστήματος και εγκεφάλου, έτσι και η ψυκτική μηχανή διατηρεί σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας μέσω της συνεργασίας ψυκτικού κύκλου και PLC.

Περιγραφή εργασίας – Η κατασκευή

Α. Συγκρότηση της ψυκτικής διάταξης

Η διάταξη συναρμολογείται όπως φαίνεται στη φωτογραφία (Εικόνα 4) και στη συνέχεια, με την απαιτούμενη προσοχή και ασφάλεια, πληρώνεται με υγραέριο.

Αναπαριστά τα βασικά μέρη ενός οικιακού ψυγείου επάνω σε ξύλινη βάση, ώστε να φαίνεται καθαρά η πορεία του ψυκτικού ρευστού και οι αυτοματισμοί.

Κύρια στοιχεία της διάταξης: Συμπίεστης (αριστερά), σπειροειδής σωλήνας - συμπυκνωτής (κάτω) και σπειροειδής σωλήνας - εξατμιστής (πάνω) βαλβίδα εκτόνωσης / τριχοειδής σωλήνας, εύκαμπτοι διαφανείς σωλήνες σύνδεσης και ανεμιστήρες.

Πινακίδες ασφαλείας προειδοποιούν για κινδύνους.



Εικόνα 4: Ψυκτική διάταξη

Β. Συγκρότηση του ηλεκτρολογικού πίνακα

Ο ηλεκτρολογικός πίνακας περιλαμβάνει κατά σειρά: Γενική ασφάλεια, Μετασχηματιστή 230 V σε 12 V, Πολύμετρο, Ασφάλεια PLC και αυτοματισμών 2 A και PLC.

Γ. Συνδέσεις με το PLC

Στις εισόδους του PLC συνδέονται:



Εικόνα 5: Αυτοματισμοί

- ο Μαγνητικός αισθητήρας πόρτας
- ο Θερμοστάτης ψύξης
- ο Θερμοστάτης αποπάγωσης (θέρμανσης)
- ο Αισθητήρας διαρροής
- ο Γενικός διακόπτης

Στις **εξόδους** του PLC συνδέονται οι αντίστοιχοι ενεργοποιητές:

- ο Λάμπα εσωτερικού φωτισμού ψυγείου
- ο Σειρήνα (φωτεινή και ηχητική) για ένδειξη ανοιχτής πόρτας ή διαρροής ψυκτικού υγρού
- ο Συμπιεστής και ανεμιστήρας συμπυκνωτή
- ο Ανεμιστηράκι εξατμιστή
- ο Ηλεκτρικές αντιστάσεις αποπάγωσης (σύστημα No Frost)

Εκπαιδευτική και Διδακτική Αξιοποίηση

Η κατασκευή του εκπαιδευτικού μοντέλου ψυγείου με τη χρήση Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή (PLC) μπορεί να ενταχθεί σε διάφορα γνωστικά αντικείμενα του Επαγγελματικού Λυκείου, σύμφωνα με τα ισχύοντα αλλά και τα νέα Προγράμματα Σπουδών.

Στο μάθημα της Φυσικής, αξιοποιείται για την κατανόηση βασικών εννοιών, όπως η θερμότητα, η θερμοκρασία, οι αλλαγές φάσης (εξάτμιση, συμπύκνωση) και ο Β΄ Θερμοδυναμικός Νόμος. Το μοντέλο λειτουργεί ως εποπτικό μέσο που διευκολύνει τους μαθητές και τις μαθήτριες να συνδέσουν τη θεωρητική γνώση με το πραγματικό φαινόμενο. Στο μάθημα της Χημείας, συμβάλλει στην ανάλυση των φυσικοχημικών μεταβολών του ψυκτικού μέσου, της μοριακής δομής και των ιδιοτήτων του, καθώς και στη σύνδεση με έννοιες όπως η πίεση, η θερμοκρασία κορεσμού και το σημείο βρασμού.

Στον τομέα της Μηχανολογίας και ειδικότερα στην ειδικότητα Τεχνικών Ψύξης, το μοντέλο επιτρέπει την εφαρμογή του ψυκτικού κύκλου με μηχανική συμπίεση ατμών, που περιλαμβάνεται στα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών, και προσφέρει τη δυνατότητα πειραματισμού με τις λειτουργίες των βασικών εξαρτημάτων, όπως ο συμπιεστής, ο συμπυκνωτής, ο εξατμιστής και το εκτονωτικό μέσο. Αντίστοιχα, στον τομέα της Ηλεκτρολογίας, η κατασκευή υποστηρίζει την εμπέδωση της λειτουργίας ηλεκτρολογικών αυτοματισμών, αισθητήρων και ενεργοποιητών, ενώ συνδέεται με τη διδασκαλία της ασφάλειας κατά τη χρήση ηλεκτρικών συστημάτων. Παράλληλα, στον τομέα της Πληροφορικής και των Αυτοματισμών, παρέχεται η δυνατότητα εκπαίδευσης στη χρήση και τον προγραμματισμό PLC, με έμφαση στην κατανόηση των λογικών εντολών της άλγεβρας Boole και στην εφαρμογή τους σε πραγματικά σενάρια, αναπτύσσοντας δεξιότητες προγραμματισμού και αυτοματοποίησης.

Η προστιθέμενη αξία της κατασκευής ενισχύεται ακόμη περισσότερο στο πλαίσιο των νέων Προγραμμάτων Σπουδών (2021 και εξής, ΙΕΠ/ITYE Διόφαντος), όπου δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στη διερευνητική διεπιστημονική και βιωματική μάθηση, στη σύνδεση θεωρίας και πράξης, καθώς και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων του 21ου αιώνα, όπως η συνεργασία, η δημιουργικότητα, η κριτική σκέψη και η ικανότητα επίλυσης προβλημάτων. Η κατασκευή ευθυγραμμίζεται πλήρως με αυτές τις κατευθύνσεις, καθώς προσφέρει βιωματική μάθηση μέσα από το πραγματικό μοντέλο και την ψηφιακή προσομοίωση, ενισχύει την ανακαλυπτική προσέγγιση με δραστηριότητες διερεύνησης και πειραματισμού, υποστηρίζει τη διεπιστημονικότητα συνδέοντας τη Φυσική, τη Χημεία, τη Μηχανολογία, την Ηλεκτρολογία και την Πληροφορική, ενώ παράλληλα αναδεικνύει την έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης μέσω της χρήσης επαναχρησιμοποιούμενων υλικών.

Διδακτικοί Στόχοι και Δραστηριότητες

A: Διερεύνηση του ψυκτικού κύκλου και των βασικών εξαρτημάτων

Οι μαθητές/τριες παρατηρούν την πειραματική διάταξη και αναλύουν τον ψυκτικό κύκλο με μηχανική συμπίεση ατμών, αναγνωρίζοντας τα τέσσερα κύρια εξαρτήματα:

- τον συμπιεστή,
- τον συμπυκνωτή,
- την εκτονωτική βαλβίδα,
- τον εξατμιστή.

Παράλληλα, ερευνούν τον ρόλο των βοηθητικών εξαρτημάτων (αισθητήρες, διακόπτες, ενεργοποιητές) που αυτοματοποιούν και βελτιστοποιούν τη λειτουργία του συστήματος.

Δραστηριότητα: Οι μαθητές/τριες χωρίζονται σε ομάδες, παίρνουν κάρτες με ερωτήσεις και παρατηρούν το μοντέλο σε λειτουργία. Συζητούν και συναποφασίζουν για τις απαντήσεις και τις παρουσιάζουν στην ολομέλεια.

Αξιολόγηση: Παιχνίδι με κάρτες «Πες το Ψύχραιμα, Αλλιώς!» και θεματικά σταυρόλεξα «Σκέψου σαν ψυκτικός» και «Σκέψου σαν ηλεκτρολόγος», σε έντυπη και ψηφιακή μορφή.

B. : Εφαρμογή της λογικής άλγεβρας στον αυτοματισμό μέσω PLC

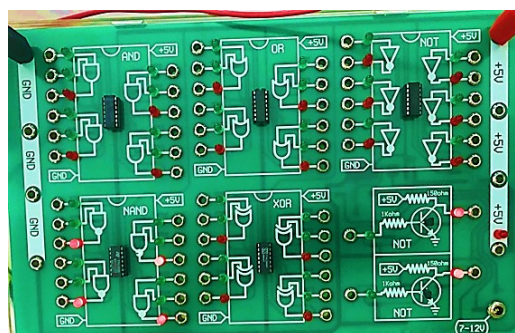
Το PLC παρουσιάζεται ως «κέντρο ελέγχου» του ψυγείου. Μέσα από το ταμπλό λογικών πυλών (ή, εναλλακτικά, το εικονικό εργαστήριο του Phet Colorado) οι μαθητές/τριες πειραματίζονται με τις βασικές λογικές πράξεις (AND, OR, NOT, NAND, XOR), συμπληρώνουν τους αντίστοιχους πίνακες Boole και κατανοούν τη σύνδεση των πύλων με πραγματικές λειτουργίες, όπως:

ο συμπιεστής που λειτουργεί μόνο όταν πληρούνται δύο συνθήκες (AND),
το φως που ανάβει όταν ανοίγει η πόρτα (XOR),

ο συναγερμός που ενεργοποιείται με σήμα κινδύνου (OR).

Δραστηριότητα: Πειράματα στο ταμπλό και αντιστοίχιση με τις λειτουργίες του ψυγείου.

Αξιολόγηση: Φύλλο εργασίας με ερωτήσεις κλειστού τύπου.



Εικόνα 6: Ταμπλό λογικών πυλών

Γ. Καλλιέργεια κουλτούρας υγιεινής και ασφάλειας

Το ψυγείο είναι μόνο μηχανισμός με αυτοματισμούς, αλλά και πεδίο επαφής με χημικές ουσίες: ψυκτικά υγρά, λιπαντικά, καθαριστικά, συγκολλητικά, μονωτικά. Η σωστή γνώση και διαχείρισή τους είναι καθοριστική για την ασφάλεια.

Δραστηριότητα:

- Σύντομη θεωρητική εισαγωγή.



Εικόνα 7: Φιαλίδια με εικονογράμματα

- Παρακολούθηση [βίντεο του NAPO](#) για τους χημικούς κινδύνους.
- Συμπλήρωση φύλλου εργασίας με ερωτήσεις πάνω στο βίντεο.
- Συζήτηση και επίλυση αποριών στην ολομέλεια.

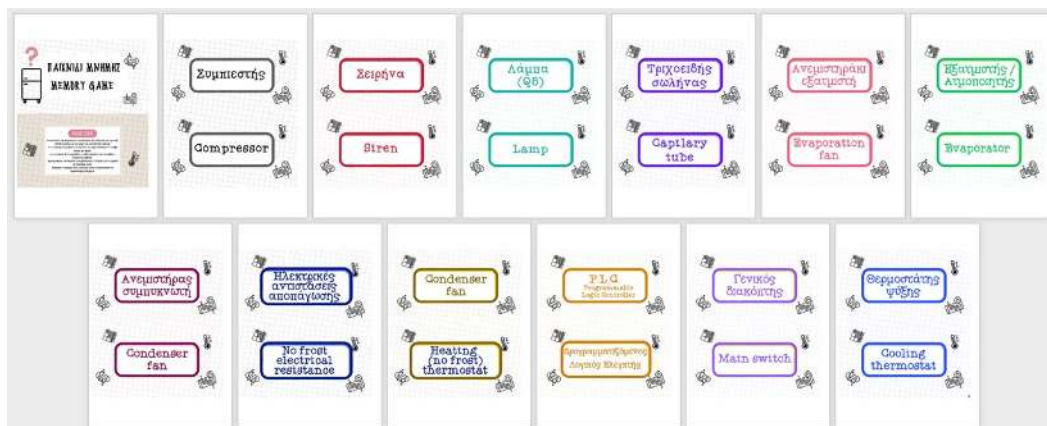
Αξιολόγηση: Κουίζ με εικονογράμματα επικινδυνότητας και μέτρα ασφαλείας.

Δ: Εξοικείωση με την αγγλική ορολογία της ψύξης

Οι μαθητές/τριες εξοικειώνονται με τους διεθνείς όρους που συναντώνται στην επαγγελματική πρακτική (π.χ. compressor, condenser, evaporator). Μέσα από παιγνιώδεις δραστηριότητες, όπως το παιχνίδι μνήμης με κάρτες, ταιριάζουν ελληνικούς και αγγλικούς όρους, καλλιεργώντας παράλληλα δεξιότητες συνεργασίας.

Δραστηριότητα: [Ψηφιακό παιχνίδι μνήμης](#) στην πλατφόρμα e-me.

Αξιολόγηση: Καταχώρηση απαντήσεων από κάθε μαθητή/τρια στην πλατφόρμα.



Εικόνα 8: Κάρτες αγγλικής ορολογίας

Διδακτική Ακολουθία – Σύνοψη Σεναρίου

Συνολική διάρκεια: 2 διδακτικές ώρες (90')

1. Εισαγωγή (10')

- Σύντομη παρουσίαση του **εκπαιδευτικού μοντέλου ψυγείου με PLC** από τον/την εκπαιδευτικό.

Επισήμανση του διερευνητικού χαρακτήρα: «Σήμερα θα γίνετε ερευνητές/τριες – ψυκτικοί, ηλεκτρολόγοι, μηχανικοί και χημικοί».

Παρουσίαση στόχων της δραστηριότητας.

A. Διερεύνηση ψυκτικού κύκλου και εξαρτημάτων (20')

- **Δραστηριότητα με κάρτες-ερωτήσεις:** οι μαθητές/τριες ομαδοσυνεργατικά, παίρνουν κάρτες με ερωτήσεις και σημειώνουν τις παρατηρήσεις τους για τη διάταξη.
- Διερεύνηση: οι ομάδες συζητούν, διατυπώνονται σκέψεις και υποθέσεις, ανατρέχοντας στην εισαγωγική θεωρία.
- Οι απαντήσεις παρουσιάζονται στην ολομέλεια της τάξης.

- **Αξιολόγηση:** Επιστραπέζιο παιχνίδι με κάρτες «[Πες το, Ψύχραιμα, Αλλιώς](#)», θεματικά σταυρόλεξα «[Σκέψου σαν ψυκτικός](#)» και «[Σκέψου σαν ηλεκτρολόγος](#)», σε έντυπη ή/και σε ψηφιακή μορφή.

3. Στόχος 2 – Λογική άλγεβρα και αυτοματισμοί PLC (15')

- Εργασία με το **ταμπλό λογικών πυλών**: πειράματα AND, OR, NOT, NAND, XOR.
- Διερεύνηση: οι ομάδες συμπληρώνουν πίνακες Boole. Συνδέουν τις λογικές πράξεις με λειτουργίες του ψυγείου.
- Συζήτηση στην ολομέλεια της τάξης για τις «αφηρημένες» λογικές πράξεις και τη σύνδεσή τους με πραγματικές λειτουργίες αυτοματισμών.
- **Αξιολόγηση:** έντυπο φύλλο με ερωτήσεις κλειστού τύπου.

4. Στόχος 3 – Υγιεινή και Ασφάλεια (20')

- Προβολή αποσπασμάτων από το [βίντεο NAPO για τις χημικές ουσίες](#).
- Διερεύνηση: φύλλο εργασίας με ερωτήσεις που απαντώνται κατά τη διάρκεια της παρακολούθησης.
- Ομαδική εργασία: κάθε ομάδα αναλαμβάνει διαφορετική ερώτηση και παρουσιάζει τις απαντήσεις.
- Συζήτηση στην ολομέλεια: ετικέτες επικινδυνότητας, ασφαλής χρήση χημικών.
- **Αξιολόγηση:** κουίζ/ταίριασμα καρτών με σήματα GHS.

5. Στόχος 4 – Αγγλική Ορολογία Ψύξης (15')

- [Παιχνίδι μνήμης](#): Αντιστοίχιση ελληνικών και αγγλικών όρων (compressor – συμπιεστής, evaporator – εξατμιστής κ.λπ.).
- Διερεύνηση: οι ομάδες συζητούν τη χρήση της αγγλικής ορολογίας στην επαγγελματική πρακτική.
- Χρήση ψηφιακού εργαλείου (e-me) για ατομική καταγραφή/αποστολή απαντήσεων στον/στην εκπαιδευτικό.
- Έμφαση στη γόνιμη συνεργασία και στη διασύνδεση με διεθνές εργασιακό περιβάλλον.

6. Συμπεράσματα – Αναστοχασμός (10')

- Συνοπτική παρουσίαση από τον/την εκπαιδευτικό: το «μεταλλικό κουτί» στην κουζίνα μας είναι προϊόν συνεργασίας **Φυσικής, Χημείας, Μηχανολογίας, Ηλεκτρολογίας και Πληροφορικής**.
- Οι μαθητές/τριες διατυπώνουν τις νέες γνώσεις, αναφέρουν τι τους/τις εντυπωσίασε και επιγραμματικά σημειώνουν τι θα θυμούνται.
- Σύνδεση με τους [Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης](#) (Στόχοι 3, 4, 12, 13, 17).

Επίλογος – Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία επιχειρεί να αναδείξει πώς μια καθημερινή οικιακή συσκευή, το ψυγείο, μπορεί να αποτελέσει αφετηρία για μια διεπιστημονική και διερευνητική μαθησιακή εμπειρία STEM. Μέσω της κατασκευής του εκπαιδευτικού μοντέλου

ψυγείου με Προγραμματιζόμενο Λογικό Ελεγκτή (PLC) και τη χρήση στοχευμένων φύλλων εργασίας, οι μαθητές και οι μαθή-τριες μπορούν να συνδέσουν θεωρητικές έννοιες με πρακτικές εφαρμογές, να κατανοήσουν τον ψυκτικό κύκλο και ενδιαφέροντα φαινόμενα με τα οποία συνδέεται, να διερευνήσουν τους αυτοματισμούς και τις χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται, αλλά και να εξοικειωθούν με την αγγλική τεχνική ορολογία.

Η προσέγγιση δίνει έμφαση στη σύνδεση της μάθησης με την καθημερινή ζωή, απαντώντας σε συχνά ερωτήματα (παρουσία υγρού νερού στο εξωτερικό -αρχικά στεγνού- παγωμένου ποτηριού, αύξηση της κατανάλωσης ρεύματος με τη συσσώρευση πάγου, θόρυβος κατά τη λειτουργία του συμπιεστή κ.ά.). Διαθέτει έντονο διερευνητικό και συνεργατικό χαρακτήρα, καθώς οι μαθητές και οι μαθήτριες οργανώνονται σε ομάδες, αναλαμβάνουν ρόλους, πειραματίζονται, συζητούν, αντιστοιχίζουν έννοιες, διαπραγματεύονται και παρουσιάζουν τα αποτελέσματά τους στην ολομέλεια της τάξης. Η χρήση ποικιλίας ψηφιακών εργαλείων, που διαθέτει η εκπαιδευτική πλατφόρμα e-me, ενισχύει την ατομική και ομαδική συμμετοχή και προάγει τον διάλογο.

Η πρωτοτυπία της εργασίας άπτεται της διεπιστημονικής προσέγγισης με διδακτικές παραμέτρους Φυσικής, Χημείας, Μηχανολογίας, Ηλεκτρολογίας και Πληροφορικής σε ένα ενιαίο σενάριο μάθησης, όπου το ψυγείο λειτουργεί ως «γέφυρα» μεταξύ των πεδίων αυτών. Η κατασκευή και το συνοδευτικό υλικό είναι σχετικά χαμηλού κόστους και αξιοποιούνται ανακυκλώσιμα και επαναχρησιμοποιούμενα υλικά, ώστε το μοντέλο ή μέρη αυτού να μπορούν να αναπαραχθούν εύκολα σε σχολικά εργαστήρια και να διαχυθούν σε αντίστοιχες εκπαιδευτικές δράσεις. Παράλληλα, η εργασία στοχεύει στην προαγωγή αξιών βιώσιμης ανάπτυξης, ενεργειακής υπευθυνότητας και ασφαλούς διαχείρισης χημικών ουσιών, συμβάλλοντας στους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης 4 (ποιοτική εκπαίδευση), 9 (βιομηχανία, καινοτομία και υποδομές), 12 (υπεύθυνη κατανάλωση και παραγωγή), 13 (δράση για το κλίμα) και 17 (συνεργασία για τη βιώσιμη ανάπτυξη). Η επιμελημένη αισθητική των εποπτικών μέσων (π.χ. κάρτες με εικονογράμματα GHS, τα σταυρόλεξα και τα παιχνίδια μνήμης), ενισχύει την ελκυστικότητα της μάθησης και ενεργοποιεί την πρόθυμη συμμετοχή των μαθητών και των μαθητριών.

Συνολικά, η εργασία μπορεί να χαρακτηριστεί ως καινοτόμο, βιωματική και αναπαράξιμη εκπαιδευτική πρόταση STEM, που υποστηρίζει τη δημιουργικότητα, ενδυναμώνει την κατανόηση θεμελιωδών επιστημονικών εννοιών και καλλιεργεί υπεύθυνη στάση για την τεχνολογία, το περιβάλλον και για σύγχρονες επαγγελματικές πρακτικές.

Περαιτέρω μελέτη και αξιοποίηση

Η παρούσα κατασκευή θα μπορούσε να αποτελέσει σημείο εκκίνησης για περαιτέρω εκπαιδευτική ανάπτυξη και έρευνα, π.χ. για τη μελέτη της ενεργειακής αποδοτικότητας με τη χρήση αισθητήρων κατανάλωσης ρεύματος και υπολογισμό του συντελεστή απόδοσης σε πραγματικές συνθήκες, την ενσωμάτωση πρόσθετων αυτοματισμών όπως αισθητήρων διαρροής ψυκτικού και απομακρυσμένης παρακολούθησης μέσω των σύγχρονων τεχνολογιών Internet of Things, αλλά και με διερευνητική εμβάθυνση στις περιβαλλοντικές διαστάσεις, σχετικά με τον κύκλο ζωής των ψυκτικών ρευστών και τη μείωση του αποτυπώματος διοξειδίου του άνθρακα. Παράλληλα, μπορεί να διευρυνθεί η γλωσσική εξάσκηση με τη χρήση των ψηφιακών εκπαιδευτικών πόρων για την εκμάθηση τεχνικής ορολογίας και να συνδεθεί η δραστηριότητα με τον επαγγελματικό προσανατολισμό, αναδεικνύοντας ειδικότητες

όπως αυτές των τεχνικών ψύξης, των ηλεκτρολόγων αυτοματισμών και των προγραμματιστών PLC.

Με τις προαναφερθείσες προεκτάσεις και ενδεχομένως και αρκετά περισσότερες, η εργασία φαίνεται πως ενέχει τη δυναμική της εξέλιξης προς ένα χρήσιμο και βιώσιμο εκπαιδευτικό πρόγραμμα STEM, με δυνατότητα αξιοποίησης στην επαγγελματική κατάρτιση και γενικό-τερα στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, διατηρώντας τον βιωματικό, διερευνητικό και πολυ-επιστημονικό χαρακτήρα της.

Βιβλιογραφία

- Βλάχος, Ι. Α., Γραμματικάκης, Ι. Γ., Καραπαναγιώτης, Β. Α., Περιστερόπουλος, Π. Ε., Τιμοθέου, Γ. Β., Ιωάννου, Α., Ντάνος, Γ., Πήττας, Α., & Ράπτης, Σ. (2013). *Φυσική Β' Γενικού Λυκείου*. Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος».
- Γομάτος, Λ., & Λύτρας, Κ. (2012). *Κατασκευή και διδακτική αξιοποίηση εκπαιδευτικού μοντέλου ψυγείου με Προγραμματιζόμενο Λογικό Ελεγκτή (PLC)*. Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος».
- Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2019). *Thermodynamics: An engineering approach* (9th ed.). McGraw-Hill Education.
- Dincer, İ., & Kanoglu, M. (2010). *Refrigeration systems and applications*. Wiley.
- Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής. (2015). *Παρουσίαση και εφαρμογή του ψυκτικού κύκλου σε οικιακό ψυγείο* [Ψηφιακό διδακτικό σενάριο]. Αίσωπος. <https://aesop.iep.edu.gr/print/pdf/node/11450>
- Κέντρο Λεξικολογίας (Μπαμπινιώτης, Γ.). (2012). *Λεξικό της νέας ελληνικής γλώσσας*. Κέντρο Λεξικολογίας.
- Science on Stage Europe. (2023). *Festival resources and projects*. <https://www.science-on-stage.eu>
- Stoecker, W. F., & Jones, J. W. (1982). *Refrigeration and air conditioning*. McGraw-Hill.
- Σταυρόπουλος, Σ. (2009). *Εγχειρίδιο ψυκτικών εγκαταστάσεων*. Σύγχρονη Εκπαίδευση.
- Φωτόδεντρο (2015). *Προσομοίωση: Ψυκτικός κύκλος* <https://photodentro.edu.gr/v/item/ugc/8525/3154>
- Wikipedia contributors. (2025, September 21). Boiling point. In *Wikipedia*. Retrieved September 25, 2025, from https://en.wikipedia.org/wiki/Boiling_point
- Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων – ΙΤΥΕ Διόφαντος. (2016). *Φυσική γενικής παιδείας Β' Λυκείου*. ΙΤΥΕ Διόφαντος.
- Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων – ΙΤΥΕ Διόφαντος. (2016). *Χημεία γενικής παιδείας Β' Λυκείου*. ΙΤΥΕ Διόφαντος.
- Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων – ΙΤΥΕ Διόφαντος. (2017). *Ψυκτικές εγκαταστάσεις: Τομέας μηχανολογίας, ΕΠΑ.Λ. Β' τάξη*. ΙΤΥΕ Διόφαντος.

Παράρτημα Ι – Φύλλα εργασίας και αξιολόγησης

Α. Φύλλο εργασίας και αξιολόγησης 1: Ο Ψυκτικός Κύκλος και τα Εξαρτήματά

Ένα Μεγάλο Μεταλλικό Κουτί στην Κουζίνα: Ο Ψυκτικός Κύκλος και τα Εξαρτήματά του Φύλλο Εργασίας

Ονοματεπώνυμο: Τάξη:

Ας Θυμηθούμε

Το εκπαιδευτικό μοντέλο ψυγείου με PLC αναπαριστά τη λειτουργία του οικιακού ψυγείου που βρίσκεται στην κουζίνα μας, με ψυκτικό κύκλο μηχανικής συμπίεσης ατμών. Ο κύκλος αυτός επιτρέπει τη μεταφορά θερμότητας από το εσωτερικό του θαλάμου προς το περιβάλλον, ώστε να διατηρούνται τα τρόφιμα σε χαμηλή θερμοκρασία. Στην πειραματική μας διάταξη είναι ευδιάκριτα τα τέσσερα βασικά εξαρτήματα του ψυκτικού κύκλου:

- Συμπιεστής: συμπιέζει το ψυκτικό αέριο αυξάνοντας την πίεση και τη θερμοκρασία του.
- Συμπυκνωτής: αποβάλλει θερμότητα στο περιβάλλον και υγροποιεί το ψυκτικό.
- Εκτονωτική βαλβίδα (τριχοειδής σωλήνας): μειώνει την πίεση του ψυκτικού υγρού.
- Εξατμιστής: απορροφά θερμότητα από το εσωτερικό του ψυγείου και το ψύχει.

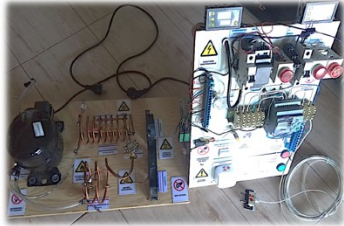
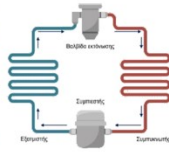
Ο «εγκέφαλος» του συστήματος είναι ο PLC (Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής). Όπως και ο ανθρώπινος εγκέφαλος, δέχεται σήματα από τους αισθητήρες, που είναι οι εξής:

- ο αισθητήρας θερμοκρασίας (ελέγχει αν το ψυγείο είναι αρκετά κρύο),
- ο αισθητήρας πόρτας (καταγράφει τότε η πόρτα ανοίγει και τότε κλείνει),
- ο αισθητήρας διαρροής (ανιχνεύει την πιθανή διαρροή ψυκτικού),
- ο αισθητήρας αποπάγωσης (παρακολουθεί τη δημιουργία πάγου).

Ο PLC επεξεργάζεται τα σήματα αυτά και στέλνει εντολές προς τους αυτοματισμούς, έτσι ώστε:

- ο να ξεκινήσει ή να σταματήσει ο συμπιεστής,
- ο να λειτουργήσει ο ανεμιστήρας,
- ο να ανάψει το φως όταν ανοίξει η πόρτα,
- ο να ενεργοποιηθεί ο συναγερμός σε περίπτωση βλάβης,
- ο να λειτουργήσουν οι αντιστάσεις για να λιώσουν οι πάγοι.

Έτσι, το ψυγείο λειτουργεί αυτόματα, με οικονομία ενέργειας (κατά το δυνατόν ...) και με ασφάλεια τόσο για τον χρήστη, όσο και τα τρόφιμα.



Γιατί να ασχοληθούμε;

Ολοκληρώνοντας αυτή τη δραστηριότητα, θα μπορείτε:

- να αναγνωρίζετε τα τέσσερα βασικά εξαρτήματα του ψυκτικού κύκλου (συμπιεστής, συμπυκνωτής, εκτονωτική βαλβίδα, εξατμιστής) και να εξηγείτε τη λειτουργία τους,
- να περιγράφετε τη ροή του ψυκτικού υγρού και τα φαινόμενα που συμβαίνουν (συμπίεση, υγροποίηση, εκτόνωση, ατμοποίηση),
- να κατανοείτε τον ρόλο του PLC ως «εγκέφαλου» του συστήματος που ελέγχει τους αυτοματισμούς,
- να αναγνωρίζετε τη σημασία των αισθητήρων (θερμοκρασίας, πόρτας, διαρροής, αποπάγωσης) για την ασφάλεια και την ομαλή λειτουργία,
- να συνδέετε την τεχνολογία της ψύξης με φαινόμενα της Φυσικής και της Χημείας,
- να καλλιεργείτε δεξιότητες παρατήρησης, συνεργασίας και διερεύνησης μέσα από το πείραμα και τη συζήτηση.

Τι θα χρειαστούμε;

- Το εκπαιδευτικό μοντέλο ψυγείου με PLC, με όλα τα βασικά εξαρτήματα και τους αυτοματισμούς του.
- Τροφοδοτικό για τη λειτουργία της διάταξης.
- Φύλλο εργασίας (με τις ερωτήσεις και τις κάρτες).
- Μολύβι και τετράδιο για σημειώσεις.
- Ορεξη για παρατήρηση, συνεργασία και πειραματισμό.

Τιώς θα εργαστούμε;

Θα οργανωθείτε σε 5 ομάδες.

Κάθε ομάδα θα αναλάβει 3 ερωτήσεις, τις οποίες θα πάρει με κάρτες ή με τυχαία επιλογή αριθμών.

1η Αποστολή

1. Παρατηρήστε προσεκτικά το εκπαιδευτικό μοντέλο ψυγείου με PLC.
2. Θυμηθείτε όσα είπαμε στην εισαγωγή για τον ψυκτικό κύκλο και τα εξαρτήματά του.
3. Συζητήστε μέσα στην ομάδα σας, σκεφτείτε και συσχετίστε την καλύτερη απάντηση.
4. Συμπληρώστε το φύλλο εργασίας σας.

2η Αποστολή

Παρουσιάστε στην ολομέλεια της τάξης τις απαντήσεις σας, ώστε να συγκρίνουμε, να συζητήσουμε και να λύσουμε τυχόν απορίες.

Βonus

Η ερώτηση που θα περισσέψει θα είναι η «μπόνους ερώτηση». Θα την κερδίσει και θα την απαντήσει η ομάδα που θα δείξει την καλύτερη συνεργασία, επιχειρηματολογία και παρουσίαση!



του

Ερωτήσεις

1. Πόσους εναλλάκτες θερμότητας (συστοιχίες διαμορφωμένων σωληνώσεων) διακρίνετε στον ψυκτικό κύκλο;
2. Ποιο εξάρτημα-εναλλάκτης αποδίδει θερμότητα στο περιβάλλον και επομένως είναι ζεστό;
3. Ποιο εξάρτημα-εναλλάκτης απορροφά θερμότητα από το περιβάλλον και επομένως είναι κρύο;
4. Ποιο εξάρτημα κυκλοφορεί το ψυκτικό ρευστό ανάμεσα στους δύο εναλλάκτες;
5. Ποιο φαινόμενο (ατμοποίηση ή υγροποίηση) συμβαίνει μέσα στον ζεστό εναλλάκτη;
6. Ποιο φαινόμενο (ατμοποίηση ή υγροποίηση) συμβαίνει μέσα στον κρύο εναλλάκτη;
7. Το τέταρτο εξάρτημα του ψυκτικού κύκλου ποια δύο εξαρτήματα συνδέει μεταξύ τους;
8. Γιατί το τέταρτο εξάρτημα είναι ένα από χαλκό σωληνάκι μικρής διαμέτρου; Γιατί «στριμώχνουμε» το ψυκτικό υγρό σε αυτό το σωληνάκι; (Υπενθύμιση: η πίεση επηρεάζει άμεσα το σημείο βρασμού - θυμηθείτε και το πείραμα με τη σύριγγα και το νερό σε υστέρηση).
9. Ποια διαδρομή ακολουθεί το ψυκτικό υγρό στα τέσσερα εξαρτήματα του ψυκτικού κύκλου;
10. Πόσο διαρκεί αυτή η εναλλαγή ατμοποίησης - υγροποίησης του ψυκτικού ρευστού;
11. Με ποιον αυτοματισμό μπορούν οι χρήστες να ελέγξουν τη λειτουργία του ψυγείου και να σταματήσουν την εναλλαγή ατμοποίησης - υγροποίησης;
12. Γιατί υπάρχει αυτοματισμός που ανάβει το φως του ψυγείου μόνο όταν ανοίξει η πόρτα;
13. Σε ποιες περιπτώσεις ενεργοποιείται ο συναγερμός σε ένα ψυγείο; Από τι μας προστατεύει;
14. Γιατί υπάρχουν ηλεκτρικές αντιστάσεις που παράγουν θερμότητα (σαν μικρή «τοστιέρα») μέσα στο ψυγείο; Δεν είναι παράδοξο να υπάρχει θέρμανση σε μια συσκευή που παράγει ψύξη;
15. Ποιο πρόβλημα προκαλεί ο συσσωρευμένος πάγος μέσα στο ψυγείο;
16. Ποιο εξάρτημα σταματά τη λειτουργία των ηλεκτρικών αντιστάσεων όταν η θερμοκρασία στο εσωτερικό του ψυγείου ανεβαίνει σε επικίνδυνο όριο;

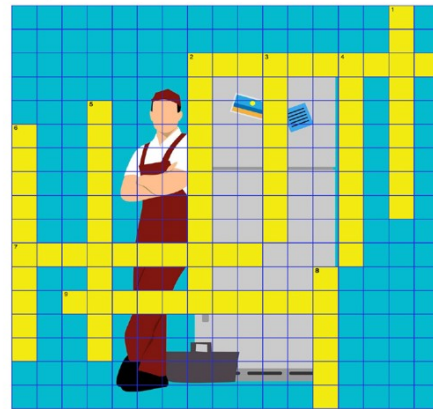
Για να δούμε, τι μάθαμε:- Σκέψου σαν ψυκτικός

Ορίζοντα

- 2 -- Εξάρτημα που αυξάνει την πίεση του κυκλώματος.(10)
- 7 -- Αλλιώς ο ατμοποιητής (10)
- 9 -- Εξάρτημα που «διαβάζει» συνεχώς την πίεση του κυκλώματος και διακόπτει την ηλεκτροδότηση.(11)

Κάθετα

- 1 -- Το ρελέ έντασης, μετά την ομαλή εκκίνηση του κινητήρα, απεμπλέκει το τύλιγμα του.(9)
- 2 -- Υγροποιεί το ψυκτικό μέσο.(11)
- 3 -- «Αποθήκη» ηλεκτρικής ενέργειας (8)
- 4 -- Στοιχείο του ψυκτικού κυκλώματος όπου συγκεντρώνεται το ψυκτικό υγρό (9)
- 5 -- Εξάρτημα που κινητοποιεί τον αέρα (11)
- 6 -- Σωλήνας που υποβιβάζει την πίεση του κυκλώματος (10)
- 8 -- Το watt είναι μονάδα μέτρησης της (6)



https://content.e-me.edu.gr/wp-admin/admin-ajax.php?action=h5p_embed&id=1509597

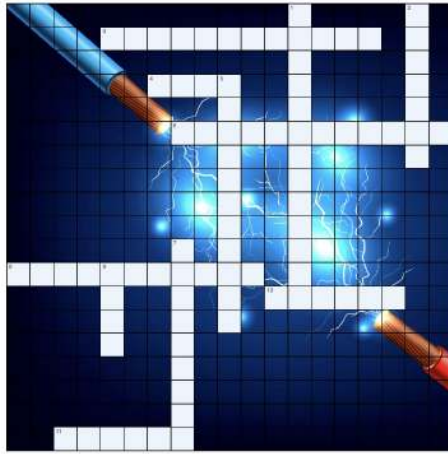
Για να δούμε, τι μάθαμε:- Σκέψου σαν ηλεκτρολόγος!

Οριζόντια

- 3 -- Κλειστό κύκλωμα χωρίς την παρουσία καταναλωτή δημιουργεί ... (12)
- 4 -- Το γινόμενο της τάσης επί την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος μας δίνει ... (4)
- 6 -- Επαγγελματίας που μελετά, εγκαθιστά και συντηρεί ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις (12)
- 8 -- Ηλεκτρικό ρεύμα καλείται η ροή ... (11)
- 10 -- Το συνηθέστερο υλικό κατασκευής καλωδίων (6)
- 11 -- Η διαχέτευση του ρεύματος στη γη για λόγους προστασίας (6)

Κάθετα

- 1 -- Το φαινόμενο που προκαλείται όταν ρεύμα διαπερνά ζωντανούς οργανισμούς (13)
- 2 -- Το μέταλλο με τη μεγαλύτερη ηλεκτρική αγωγιμότητα (7)
- 5 -- Η υπερβολική ροή ρεύματος σε ένα κύκλωμα (11)
- 7 -- Άλλως, η «παρεμπόδιση» στην κίνηση των ηλεκτρονίων (9)
- 9 -- Εκφράζει τη διαφορά δυναμικού και «ωθεί» τα ηλεκτρόνια να κινηθούν (4)



Για να δούμε, τι μάθαμε:- ΠΙΣ ΤΟ, ΨΥΧΡΑΪΜΑ, ΑΛΛΙΩΣ!

Επιτραπέζιο παιχνίδι με κάρτες!



B. Φύλλο εργασίας και αξιολόγησης 2: Λογικές Πύλες και PLC στο Έξυπνο Ψυγείο μας!

Ένα Μεγάλο Μεταλλικό Κουτί στην Κουζίνα:
Λογικές Πύλες και PLC στο Έξυπνο Ψυγείο μας!
Φύλλο Εργασίας

Ονοματεπώνυμο: Τάξη:



Ας θυμηθούμε!

Οι λογικές πύλες είναι τα πιο βασικά κυκλώματα της ψηφιακής ηλεκτρονικής. Δέχονται σήματα εισόδου (π.χ. ρεύμα ή τάση) και δίνουν μια έξοδο που εξαρτάται από έναν απλό λογικό κανόνα. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να παίρνουν αποφάσεις, όπως «αν συμβαίνει αυτό ΚΑΙ εκείνο, τότε ενεργοποιήστε κάτι».

Ο Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC) είναι μια μικρή ηλεκτρονική μονάδα που λειτουργεί σαν «εγκέφαλος» για πολλά μηχανήματα. Σε αυτόν εφαρμόζονται οι λογικές πύλες για να ελέγχει αισθητήρες και μηχανισμούς: ανάβει ή σβήνει φώτα, θέτει σε λειτουργία κινητήρες, δίνει συναγερμό κ.ά.



Στο εκπαιδευτικό μοντέλο ψυγείου, το PLC συνδέεται με αισθητήρες και ενεργοποιητές, όπως:

- μαγνητικό αισθητήρα πόρτας,
- θερμοστάτες ψύξης και αποψέφωσης,
- αισθητήρα διαρροής,
- φωτισμό,
- συμπίεση και ανεμιστήρες,
- ηλεκτρικές αντιστάσεις αποψέφωσης.

Όλες αυτές οι λειτουργίες γίνονται με βάση κανόνες λογικής: π.χ. «αν η πόρτα είναι ανοικτή, τότε ανάβει η λάμπα», ή «αν η θερμοκρασία ανέβει, τότε ξεκινά ο ανεμιστήρας». Συμπερασματικά, οι λογικές πύλες που θα μελετήσουμε στο εργαστήριο είναι τα «δομικά στοιχεία» με τα οποία ο PLC ελέγχει το ψυγείο.

Γιατί να ασχοληθούμε;

- Ολοκληρώνοντας αυτή τη δραστηριότητα, θα μπορείτε:
- να κατανοείτε τι είναι οι λογικές πύλες και ποιος είναι ο ρόλος τους στα ψηφιακά κυκλώματα,
- να εξηγήσετε με ποιον τρόπο ο PLC χρησιμοποιεί τις λογικές πράξεις για να ελέγχει αισθητήρες και μηχανισμούς,
- να ανακαλύπτετε διηλεκτικά, μέσα από το εργαστήριο, πώς συνδέονται οι λογικές πύλες με τις πραγματικές λειτουργίες ενός ψυγείου,
- να συνεργάζεστε για να κατανοήσετε, να ανησυχίσετε και να αξιολογήσετε τα αποτελέσματα,
- να διαπιστώνετε ότι έννοιες της ψηφιακής λογικής που αντανάτουν στα σχολικά βιβλία στη θεωρία, έχουν άμεση και πρακτική εφαρμογή στην καθημερινή ζωή.

Τι θα χρειαστούμε;

Για τη δραστηριότητα αυτή θα χρησιμοποιήσουμε:

- το εκπαιδευτικό ταμπλό λογικών πυλών, με εισόδους (A, B) και εξόδους (Q) που συνδέονται με φωτεινές ενδείξεις (LED),
- ένα τροφοδοτικό συνεχούς ρεύματος (7-12V) για την παροχή ενέργειας στο ταμπλό
- τα καλώδια σύνδεσης (δύοχρωμα) για να συνδέσετε τις εισόδους και τις εξόδους, 2 κόκκινα και δύο μαύρα και το καλώδιο σύνδεσης του τροφοδοτικού με το ταμπλό
- το εκπαιδευτικό μοντέλο ψυγείου με PLC, που θα σας δείξει πώς εφαρμόζονται οι λογικές πύλες σε ένα πραγματικό σύστημα αυτοματισμού.



Πώς λειτουργεί το ταμπλό:

Το ταμπλό που χρησιμοποιούμε είναι μια διδακτική διάταξη λογικών πυλών. Τροφοδοτείται με χαμηλή τάση (7-12V) και πάνω στην επιφάνειά του υπάρχουν:

- Εισόδους (A, B κ.λπ.): σημεία όπου συνδέουμε τα καλώδια 5V (για «1») ή 0V (γείωση, για «0»).
- Έξοδοι (OUT): φωτεινές ενδείξεις (LED) που δείχνουν το αποτέλεσμα της κάθε πύλης. Ανάλογα με τον συνδυασμό των εισόδων, το LED ανάβει («1») ή μένει σβηστό («0»).
- Λογικές πύλες: κάθε ομάδα εισόδων και εξόδων αντιστοιχεί σε μια λογική πύλη (AND, OR, NOT, NAND, XOR). Οι πύλες αυτές είναι συνδεδεμένες με ολοκληρωμένα κυκλώματα (ICs) και μας επιτρέπουν να διαπιστώσουμε πειραματικά, πώς οι βασικοί συνδυασμοί ρεύματος στις εισόδους των λογικών πυλών, δημιουργούν διαφορετικά αποτελέσματα στις εξόδους.

Με αυτόν τον τρόπο, όταν συνδέουμε τα καλώδια στις εισόδους, μπορούμε να δούμε στην πράξη πώς «σκέφτεται» μια πύλη: ποιοι συνδυασμοί δίνουν αποτέλεσμα «αληθές» (κόκκινο LED εξόδου αναμμένο) και ποιοι «ψευδές» (LED σβηστό).



Ασφάλεια - Τι να προσέξουμε;

- Χρησιμοποιούμε μόνο το τροφοδοτικό που συνοδεύει το ταμπλό. Δεν συνδέουμε ποτέ το κύκλωμα σε άλλη πηγή ρεύματος.
- Ελέγχουμε πάντα ότι τα καλώδια είναι σωστά συνδεδεμένα πριν ανοίξουμε το τροφοδοτικό.
- Δεν αγγίζουμε μεταλλικά σημεία των βυσμάτων όταν είναι υπό τάση.
- Χρησιμοποιούμε το ταμπλό σε στεγνό και καθαρό χώρο εργασίας.
- Εργαζόμαστε ήρεμα και προσεκτικά, χωρίς βιασύνη, για να αποφευχθούν λάθη στις συνδέσεις.
- Σε περίπτωση που παρατηρηθεί υπερθέρμανση, έντονη οσμή ή μη φυσιολογική λειτουργία, διακόπτουμε αμέσως την τροφοδοσία και ενημερώνουμε τον/την καθηγητή/τρια.

Ας Πειραματιστούμε!

1. Συνδύση τροφοδοσίας:

- Συνδέστε το τροφοδοτικό στο ταμπλό.
- Βάλτε δύο κόκκινα καλώδια στις υποδοχές με την ένδειξη **5V**.
- Βάλτε δύο μαύρα καλώδια στις υποδοχές με την ένδειξη **GND**.



2. Επιλογή πύλης:

- Διάλεξε τη λογική πύλη AND από την επιφάνεια του ταμπλό.
- Βρείτε τις αντίστοιχες υποδοχές εισόδων (**A** και **B**) και την έξοδο (**OUT**).

3. Δοκιμή συνδυασμών εισόδων:

- Συνδέστε τα καλώδια με τους εξής τρόπους και παρατηρήστε το λαμπτήρα της εξόδου (κόκκινο LED):
- **A = 0, B = 0** → Συνδέστε και τις δύο εισόδους στο **GND**.
- **A = 1, B = 0** → Συνδέστε την είσοδο **A** στο **5V** και την είσοδο **B** στο **GND**.
- **A = 0, B = 1** → Συνδέστε την είσοδο **A** στο **GND** και την είσοδο **B** στο **5V**.
- **A = 1, B = 1** → Συνδέστε και τις δύο εισόδους στο **5V**.

4. Καταγραφή παρατηρήσεων:

- Για κάθε συνδυασμό, σημειώστε αν το LED στην έξοδο είναι αναμμένο (**1**) ή σβηστό (**0**).
- Συμπληρώστε παρακάτω τον πίνακα αληθείας της πύλης.

5. Επαναλάβετε το ίδιο πείραμα και για τις άλλες λογικές πύλες (OR, NOT, NAND, XOR).

Πύλη AND

Πίνακας Αληθείας Λογικών Πυλών

Είσοδος A	Είσοδος B	Έξοδος
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Πύλη OR

Είσοδος A	Είσοδος B	Έξοδος
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Πύλη NOT

Είσοδος A	Είσοδος B	Έξοδος
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Πύλη NAND

Είσοδος A	Είσοδος B	Έξοδος
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Πύλη XOR

Είσοδος A	Είσοδος B	Έξοδος
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Λογικές πύλες και PLC στο Εξυπνο Ψυγείο

Αξιοποιώντας το εργαστηριακό ταμπλό των λογικών πυλών, μάθαμε πώς λειτουργούν οι βασικές λογικές πύλες (AND, OR, NOT, NAND, XOR) και πώς συνδυάζουν τις εισόδους τους για να δώσουν την αντίστοιχη έξοδο. Όμως, οι λογικές πύλες δεν υπάρχουν μόνο στο εργαστήριο! αποτελούν την «καρδιά» των σύγχρονων αυτοματισμών και των «εξυπνων» συστημάτων, όπως στο ψυγείο μας, με τον PLC!

Ο PLC λειτουργεί σαν ένας «εγκέφαλος» που παίρνει σήματα από αισθητήρες (εισδοί) και δίνει εντολές σε μηχανισμούς και συσκευές (εξόδοι). Θα μπορούσαμε να πούμε ότι «σκέφτεται» με τον ίδιο τρόπο που γνωρίζουμε στο ταμπλό: χρησιμοποιώντας τις λογικές πύλες!



Παρακολουθήστε τη λειτουργία του ψυγείου μας και δείτε πώς οι βασικές εντολές που δοκιμάσατε στο ταμπλό, (π.χ. AND, OR, NOT) εφαρμόζονται στο

ψυγείο, για να ελέγχουν λειτουργίες όπως η ψύξη, ο φωτισμός, ο συναγερμός ή η αποτάγηση. Δείτε πώς η ...αφηρημένη λογική των λογικών πυλών, γίνεται ορατή, χειροπιαστή και χρήσιμη λειτουργία στην καθημερινή μας ζωή, με το «μεγάλο άπυρο κουτί» που μας αποκαλύπτει!

Λογικές Πύλες (από το ταμπλό)	Λειτουργία στο ψυγείο (μέσω PLC)	Αντιστοίχιση (✓)
AND	Ο συμπιεστής λειτουργεί μόνο αν ο θερμοστάτης ψύξης ζητά ψύξη και ο γενικός διακόπτης είναι ανοιχτός.	
OR	Το σύστημα συναγερμού ενεργοποιείται αν υπάρχει είτε ανοιχτή πόρτα είτε διαρροή ψυκτικού.	
NOT	Όταν η πόρτα ανοίξει, το ανεμιστήρας του εξασθεσιμίου σταματά (αντιστροφή της κατάστασης).	
NAND	Ασφάλεια συστήματος: το ρεύμα διακόπτεται αν δεν ισχύουν και οι δύο συνθήκες ασφαλείας λειτουργίας.	
XOR	Η λάμπα εσωτερικού φωτισμού ανάβει μόνο όταν η πόρτα είναι ανοιχτή (και όχι όταν είναι κλειστή).	

Ένα Μεγάλο Μεταλλικό Κουτί στην Κουζίνα: Λογικές Πύλες και PLC στο Εξυπνο Ψυγείο μας!



Φύλλο Αξιολόγησης

Όνοματεπώνυμο:..... Τάξη:.....

Ερωτήσεις

1. Η πύλη AND απαιτεί τη συνθήκη ώστε ο συμπιεστής να λειτουργεί μόνο όταν ο θερμοστάτης ψύξης απαιτεί ψύξη και ο γενικός διακόπτης είναι ανοιχτός. (Σ/Λ)
2. Η πύλη OR χρησιμοποιείται για τον συναγερμό, ώστε να ενεργοποιείται όταν υπάρχει είτε ανοιχτή πόρτα είτε διαρροή ψυκτικού. (Σ/Λ)
3. Η πύλη NOT αντιστρέφει την κατάσταση: αν η πόρτα ανοίξει, τότε ο ανεμιστήρας σταματά. (Σ/Λ)
4. Η πύλη NOR ενεργοποιεί τον συναγερμό μόνο όταν δεν υπάρχει κανένας κίνδυνος. (Σ/Λ)
5. Ποια λογική πύλη χρησιμοποιείται ώστε να ανάψει η λάμπα φωτισμού μόνο όταν η πόρτα είναι ανοιχτή; α) OR β) XOR γ) NOT δ) NAND
6. Η λειτουργία «συναγερμός όταν υπάρχει είτε ανοιχτή πόρτα είτε διαρροή ψυκτικού» υλοποιείται με: α) OR β) XOR γ) NOT δ) NAND
7. Όταν η πόρτα είναι κλειστή, η λάμπα σβήνει. Αυτό είναι αποτέλεσμα της πύλης: α) OR β) XOR γ) NOT δ) NAND
8. Η πύλη _____ χρησιμοποιείται στο ψυγείο για να υλοποιεί την αρχή «και οι δύο συνθήκες πρέπει να ισχύουν» (π.χ. συμπιεστής).
9. Η πύλη _____ αντιστρέφει σήματα, ώστε όταν η πόρτα ανοίγει, ο ανεμιστήρας να σταματά.
10. Η πύλη _____ συνδέεται με την ενεργοποίηση συναγερμού όταν ισχύει μία από τις συνθήκες κινδύνου.
11. Αν ο αισθητήρας διαρροής ψυκτικού δίνει σήμα «1», με ποια πύλη μπορεί να ενεργοποιηθεί αυτόματα ο συναγερμός;

12. Να περιγράψετε πώς το PLC συνδυάζει δύο συνθήκες (θερμοστάτης + γενικός διακόπτης) ώστε να λειτουργήσει ο συμπιεστής.

Μπράβο! Τα καταφέραμε!



Γ. Φύλλο εργασίας και αξιολόγησης 3: Ασφάλεια και επικίνδυνες χημικές ουσίες

Ένα Μεγάλο Μεταλλικό Κουτί στην Κουζίνα: Ασφάλεια και επικίνδυνες χημικές ουσίες Ψύλλο Εργασίας

Ονοματεπώνυμο:..... Τάξη:.....



Ας θυμηθούμε

Το εκπαιδευτικό μοντέλο ψυγείου με PLC αναπαριστά τη λειτουργία του οικιακού ψυγείου που βρίσκεται στην κουζίνα μας. Στο κύκλωμα και τους αυτοματισμούς του, παρατηρούμε πώς μεταφέρεται η θερμότητα και πώς κατορθώνει να διατηρεί τα τρόφιμα σε χαμηλή θερμοκρασία, ασφαλή και φρέσκα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Το μοντέλο αποτελείται από:

- **Συμπίεστή**, στον οποίο το ψυκτικό μέσο υγροποιείται αποδίδοντας θερμότητα.
- **Εκτονωτικό μέσο (τροχοειδής σωλήνας)**, όπου το ψυκτικό μέσο εκτονώνεται (δηλαδή «απλώνεται»/διαστέλλεται - μεώνει την πίεσή του) και ψύχεται.
- **Εξάτμιση**, όπου το ψυκτικό απορροφά θερμότητα από τον θάλαμο του ψυγείου.
- **PLC (Προγραμματιζόμενο Λογικό Ελεγκτή)**, που συντονίζει τις λειτουργίες του ψυγείου, αξιοποιώντας τα σήματα αισθητήρων με τους οποίους συνδέεται (θερμοστάτης, μαγνητικός διακόπτης πόρτας, αισθητήρας διαρροής).

Συμπίεστής	Συμφορητής σωλήνας	Τροχοειδής σωλήνας	Εξάτμιση Λειτουργίας	Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής PLC

Ένα οικιακό ψυγείο αποτελείται από τα μηχανικά και ηλεκτρολογικά μέρη, αλλά πώς θα μπορούσε να λείπει από αυτό **Χημεία**: Πολλές διαφορετικές χημικές ουσίες αξιοποιούνται στα διάφορα στάδια κατασκευής και λειτουργίας του, όπως:

- **Προϊόντα Ψύξης** που περιέχουν ψυκτικά ρευστά (πασσιότερα φρέον, σήμερα φθοροάνθρακες όπως R134a ή ισοβουτάνιο R600a). Αυτά τα οποία κυκλοφορούν στο κύκλωμα και επιτρέπουν τη μεταφορά θερμότητας.
- **Προϊόντα Συγκόλλησης** που χρησιμοποιούνται για τη αναμάλυνση των χαλκοσωλήνων και των εναλλακτών θερμότητας. Περιέχουν κράματα μετάλλων, όπως κασσίτερο με χαλκό ή/και άργυρο, ή άλλα ειδικά συγκολλητικά μείγματα.
- **Προϊόντα Λιπανσης**: ειδικά έλαια που λιπαίνουν τον συμπίεστή, ώστε να μενούν οι τριβές και η φθορά. Πρόκειται για ειδικά συνθετικά ή ορυκτά έλαια (π.χ. πολυεστερικά - POE oils), τα οποία εξασφαλίζουν την καλή λειτουργία των εξαρτημάτων.
- **Προϊόντα Μόνωσης**: αερό πολυουρεθάνης, οι οποίοι ψεκάζονται στα τοιχώματα και διογκώνονται παγιδεύοντας αέρα ή άλλα αέρια. Δημιουργείται έτσι ένα θερμομονωτικό στρώμα που εμποδίζει την «απώλεια ψύξης» από το εσωτερικό του ψυγείου.
- **Προϊόντα Καθαρισμού**: χρησιμοποιούνται στη συντήρηση και στον καθαρισμό του εσωτερικού χώρου του ψυγείου. Περιέχουν χημικές ουσίες όπως αμμωνία, χλωρίο ή αιθανόλη (ινόντενιουμ).

☺ Διαπιστώνουμε ότι το «μεταλλικό κουτί στην κουζίνα μας», ίσως είναι ένα εργαστήριο **συνεργασίας φυσικής, μηχανολογίας, ηλεκτρολογίας και χημείας**.

Οι ομάδες σας παράγουν 1. Ψυκτικά υγρά, 2. Προϊόντα συγκόλλησης, 3. Απαντικά, 4. Μονωτικά, 5. Καθαριστικά. Και βέβαια, η τεράστια επιτυχία στριζέται στην ομαδικότητα και στην άριστη γνώση τόσο των προϊόντων, όσο και των κανόνων ασφαλείας! Ανεντίμητη αξία συνεργάτης ο ΝΑΡΟ, ανεπανάληπτος πρωταγωνιστής ταινιών μικρού μήκους που προβάλλονται ακατάπαυστα σε οθόνες της PSICHEM και των υπομονάδων της. Θα εργαστείτε λοιπόν μεθοδικά, Θα εργαστείτε μεθοδικά, όπως μόνο εσείς ξέρετε, για να διασφαλίσετε:

την ποιότητα των προϊόντων σας, την οικονομική υπεροχή της εταιρείας σας και, κυρίως, την προστασία όλων μέσα στον χώρο εργασίας!!!

Για να βρείτε την ομάδα σας, καθένας και καθεμία παίρνει από μία κάρτα με εικονόγραμμα ασφαλείας. Έτσι θα οργανωθείτε σε 5 ομάδες, αφού υπάρχουν πέντε διαφορετικά περιγράμματα στις κάρτες και τα μέλη κάθε ομάδας πρέπει να έχουν το ίδιο περίγραμμα στην κάρτα τους.

1. Ψυκτικά υγρά (κόκκινο), 2. Προϊόντα συγκόλλησης (πράσινο), 3. Απαντικά (μπλε),

4. Μονωτικά (κίτρινο), 5. Καθαριστικά (μαύρο).



1η Αποστολή: «Βρες τα χημικά σου!»

Με τη σειρά, τα μέλη κάθε ομάδας επιλέγουν από την αποθήκη (μπουκαλκία/κάρτες με ετικέτες) τα δικά τους χημικά προϊόντα. Εξηγούν στις άλλες ομάδες: Σε ποιο σημείο ή σε ποια λειτουργία του ψυγείου χρησιμοποιούνται, ποια σήματα επικινδυνότητας έχουν και τι σημαίνει κάθε σήμα.



2η Αποστολή: «Ο ΝΑΡΟ σε δράση» - Δείτε το video προσεκτικά

Παρακολουθείτε το βίντεο ΝΑΡΟ - Χημικοί κίνδυνοι στην εργασία. Απαντήστε στις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας. Παραουσιάζετε τις απαντήσεις σας και συζητάτε στην ολομέλεια της τάξης.

Γιατί να ασχοληθούμε

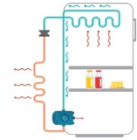
Ολοκληρώνοντας αυτή τη δραστηριότητα, θα μπορείτε:

- να συνειδητοποιείτε ότι το οικιακό ψυγείο, είναι μία μηχανολογική και ηλεκτρολογική διάταξη, που συνδέεται με πλθώς χημικών ουσιών με συγκεκριμένες ιδιότητες και κινδύνους.
- να αναγνωρίζετε παραδείγματα χημικών προϊόντων που χρησιμοποιούνται σε ένα ψυγείο (π.χ. ψυκτικά υγρά, προϊόντα συγκόλλησης, λιπαντικά, μονωτικά, καθαριστικά).
- να κατανοείτε τη σημασία της ορθής σήμανσης και της προσοχής στις ετικέτες ασφαλείας.
- να εφαρμόζετε βασικούς κανόνες υγιεινής και ασφαλείας στο εργαστήριο και στην καθημερινότητα, ειδικά όταν έρχεστε σε επαφή με χημικές ουσίες.
- να συνεργάζεστε δημιουργικά σε ομάδες για να παρατηρείτε, να συζητάτε και να αναλύετε προβλήματα, προτείνοντας λύσεις για ασφαλή εργασία και χρήση οικιακών συσκευών.

Τι θα χρειαζομαστε

- Το εκπαιδευτικό μοντέλο ψυγείου με PLC, με όλα τα βασικά εξαρτήματα και τους αυτοματισμούς του.

- **Μπουκαλκία με υγρά**, που αναπαριστούν τα προϊόντα που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία ψυγείων. Κάθε μπουκαλκία έχει ετικέτα με το όνομα και το σήμα κινδύνου του.



Παραδείγματα ετικετών:

- **Ψυκτικό υγρό R134a** - Επικίνδυνο για το περιβάλλον
- **Ψυκτικό υγρό R600a (ισοβουτάνιο)** - Εξαιρετικά εύλεκτο
- **Κολλητικό κράμα (κασσίτερος-άργυρος)** - Ερεθιστικό για το δέρμα
- **Ραφή συγκόλλησης (flux)** - Διαβρωτικό (προκαλεί εγκαύματα)
- **Αέρι συνιστική** - Διαβρωτικό αν εισπνευστεί ή καταποθεί
- **Αερός πολυουρεθάνης** - Ερεθιστικός / επικίνδυνος για το αναπνευστικό
- **Διαλύτης καθαρισμού (π.χ. ακετόνη)** - Πολύ εύλεκτος & ερεθιστικός
- **Απορρυπαντικό με χλώριο** - Διαβρωτικό & τοξικό
- **Απολπαντικό spray** - Υπερβολικό αερόλυμα
- **Καθαριστικό οξέος** - Ισχυρά διαβρωτικό

- **Μολύβι και κέφι για δουλειά**
- **Κάρτες με σήματα κινδύνου** και απλές εξηγήσεις (π.χ. «Τοξικό = μπορεί να βλάψει σοβαρά την υγεία», «Ερεθιστικό = μπορεί να προκαλέσει ερεθισμό στο δέρμα ή στα μάτια»).

Πώς θα εργαστούμε

Η διεθνούς εμβέλειας εταιρεία PSICHEM, πρώτη στην κατασκευή πανέξυπνων ψυγείων με PLC, συντονίζει πέντε βιομηχανικές μονάδες, στις οποίες υπεύθυνοι παραγωγής ποιοι είναι άραγε: - Μα, φυσικά, εσείς!

Ερωτήσεις

A. Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής - Να επιλέξετε τις σωστές:

1. Το εικονόγραμμα αυτό προειδοποιεί ότι το καθαριστικό ...
 - i. Είναι επικίνδυνο για το περιβάλλον.
 - ii. Είναι διαβρωτικό.
 - iii. Είναι εύλεκτο.
 - iv. Προκαλεί σοβαρά δερματικά εγκαύματα.
 - v. Προκαλεί σοβαρές οφθαλμικές βλάβες.
 - vi. Είναι ιδανικό για τον συμπίεστή του ψυγείου μας.
 - vii. Αν υπάρξει διαρροή, απλά το αφήνουμε να εξατμιστεί.



2. Τι θα συμβεί όταν ο ΝΑΡΟ πλησιάζει τον αναπτήρα σε υλικά με αυτό το σήμα:
 - i. Τίποτα.
 - ii. Έκρηξη!

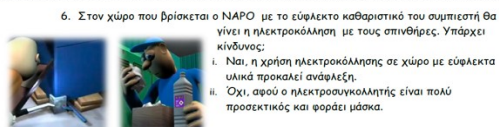
3. Το εικονόγραμμα με το θαυμαστικό ...
 - i. μπορεί να υπάρχει σε καθαριστικά ή λιπαντικά ψυγείων, που προκαλούν ερεθισμούς.
 - ii. σημαίνει ότι το προϊόν είναι επικίνδυνο για το περιβάλλον!
 - iii. σημαίνει ξεκάθαρα "ωραία η θέα από το παράθυρο!"
 - iv. δείχνει ότι το προϊόν είναι επικίνδυνο για την υγεία!



4. Το υγρό που μεταφέρει ο ΝΑΡΟ στο μπουκαλκί είναι
 - i. εύλεκτο υγρό.
 - ii. καθαρό νερό.



5. Ο ΝΑΡΟ έχει παραλείψει
 - i. να βάλει ετικέτα στο μπουκαλκί.
 - ii. να δοκιμάσει τη γεύση για να δει αν είναι νερό.



6. Στον χώρο που βρίσκεται ο ΝΑΡΟ με το εύφλεκτο καθαριστικό του συμπιεστή θα γίνει η ηλεκτροκόλληση με τους σπινθήρες. Υπάρχει κίνδυνος;
- Ναι, η χρήση ηλεκτροκόλλησης σε χώρο με εύφλεκτα υλικά προκαλεί ανάφλεξη.
 - Όχι, αφού ο ηλεκτροσυγκολλητής είναι πολύ προστακτικός και φοράει μάσκα.

Β. Συμπλήρωση κενών

8. Να γράψετε τις λέξεις «**καρκίνο**, **τοξικό**, **γονιμότητα**, **πυρκαγιά**, **υγεία**, **θανάτο**, **κατάποση**», στις σωστές θέσεις.



..... μπορεί να προκαλέσει

Κάθε προϊόν με το εικονογράμμα κινδύνου **1** είναι εξαιρετικά, θανατηφόρο σε περίπτωση, θανατηφόρο σε επαφή με το

Κάθε προϊόν με το εικονογράμμα κινδύνου **2** ενέχει σοβαρό κίνδυνο για την, μπορεί να προκαλέσει βλάβες στα, μπορεί να βλάψει τη

Γ. Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής - Να επιλέξετε τις σωστές:



9. Τι πρέπει να κάνει ο ΝΑΡΟ με το ψυκτικό υγρό που έχει περισσέψει;
- Να το αδειάσει στη λίμνη, αφού, σύμφωνα με το εικονογράμμα του, είναι φιλικό για το περιβάλλον
 - Να το δώσει σε ειδική εταιρεία ανακύκλωσης ώστε να προστατευτεί το περιβάλλον.
10. Το φρέον (CFCs) συνεχίζει να χρησιμοποιείται ευρέως στα οικιακά ψυγεία, επειδή είναι απολύτως φιλικό προς το περιβάλλον.
- Λάθος
 - Σωστό



11. Ποια χαρακτηριστικά έχει σίγουρα ένα προϊόν με το εικονογράμμα αυτό;
- Επικίνδυνο για το περιβάλλον.
 - Αέριο υπό πίεση.
 - Οξειδωτικό.
 - Πολύ τοξικό για τους υδρόβιους οργανισμούς.



12. Ο ΝΑΡΟ μεταφέρει
- φιάλες με αέριο υπό πίεση.
 - δοχεία με παγωτά ξυδάκια.



13. Στο σημείο που σταματά ο ΝΑΡΟ
- επιτρέπεται η στάση και η στάθμευση.
 - δεν επιτρέπεται η στάση.

14. Αν υπάρχει φλόγα κοντά στο σημείο που στάθμευσε...
- δεν υπάρχει πρόβλημα, ο ΝΑΡΟ ξέρει τι κάνει.
 - υπάρχει σοβαρός κίνδυνος έκρηξης, λόγω του αερίου που υπάρχει στις φιάλες.

15. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην PSICHEM και γενικά στη βιομηχανία κατασκευής ψυγείων ...

- πάρ πολλή επικίνδυνα όπως όλα τα χημικά. Γι' αυτό λέγονται "χημικά", άλλωστε.
- είναι χρήσιμα αλλά και επικίνδυνα και απαιτούν γνώση και προσοχή.
- είναι χρήσιμα αλλά και επιβλαβή, οπότε τα αποφεύγουμε συστηματικά.

3η Αποστολή - Συζήτηση και Λήψη αποφάσεων

Με την ομάδα σου, απάντησε στις ερωτήσεις:

- Ποιος ήταν ο πιο επικίνδυνος χειρισμός του ΝΑΡΟ;
- Ποιο μέτρο ασφαλείας σε εντυπωσίασε περισσότερο;
- Αν δούλευες στη γραμμή παραγωγής ψυγείων, ποιον κανόνα θα ακολουθούσες πάντα;
- Γιατί είναι σημαντική η χαμηλή τάση (<50 V) στο εκπαιδευτικό μοντέλο;
- Πώς το PLC συμβάλλει στην ασφάλεια του συστήματος;
- Ποιον αισθητήρα του ψυγείου θεωρείς πιο κρίσιμο για την ασφάλεια και γιατί;

Ένα Μεγάλο Μεταλλικό Κουτί στην Κουζίνα: Ασφάλεια και επικίνδυνες χημικές ουσίες Φύλλο Αξιολόγησης

Ονοματεπώνυμο:..... Τάξη:.....

Να αντιστοιχίσετε κάθε εικονογράμμα με την περιγραφή του:

Εικονογράμματα επικινδυνότητας	Περιγραφή	Αντιστοίχιση
1	A Σοβαρός κίνδυνος για την υγεία. Μπορεί να προκαλέσει θάνατο σε περίπτωση κατάποσης και διεύθυνσης στις αναπνευστικές οδούς.	
2	B Οξεία τοξικότητα. Θανατηφόρο σε περίπτωση κατάποσης, εισπνοής και σε επαφή με το δέρμα.	
3	Γ Επικίνδυνο για την υγεία. Μπορεί να προκαλέσει υπνηλία ή ζάλη, αλλεργική δερματική αντίδραση κ.ά.	
4	Δ Επικίνδυνο για το περιβάλλον. Τοξικό για τους υδρόβιους οργανισμούς.	
5	Ε Διαβρωτικό. Προκαλεί σοβαρά δερματικά εγκαύματα και οφθαλμικές βλάβες.	
6	Ζ Αέριο υπό πίεση. Αν θερμανθεί μπορεί να εκραγεί. Περιέχει αέριο υπό πίεση, μπορεί να προκαλέσει εγκαύματα ψυχρού ή τραυματισμούς.	
7	Η Εύφλεκτο. Εξαιρετικά εύφλεκτο αέριο, αεράλιμα, ατμοί κλπ	
8	Θ Εκρηκτικό.	

Δ. Κάρτες εικονογραμμάτων

Μπράβο!
Τα καταφέραμε!





Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Greece

*Science on Stage Festival 2026,
Klaipėda, Λιθουανία*

Αποθηκεύοντας ότι περισσεύει! Μια «φυσική» μπαταρία

Χόρτης Σπυρίδων, Φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Λευκάδας
[spirosch123\[a\]gmail.com](mailto:spirosch123[a]gmail.com)

(Βραβείο 13^{ων} Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών)

Περίληψη

Η εργασία αυτή παρουσιάζει την κατασκευή ενός εκπαιδευτικού μοντέλου που προσομοιώνει τη λειτουργία ενός έργου αντλησιοταμίευσης. Η επιλογή του θέματος συνδέεται με την αυξανόμενη χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), όπως ηλιακή και αιολική, οι οποίες αποτελούν καθαρές και ανεξάντλητες μορφές ενέργειας αλλά χαρακτηρίζονται από διακοπτόμενη και απρόβλεπτη παραγωγή. Το γεγονός αυτό καθιστά απαραίτητη την ύπαρξη αξιόπιστων συστημάτων αποθήκευσης, ώστε να εξασφαλίζεται η σταθερότητα του ηλεκτρικού δικτύου.

Η αντλησιοταμίευση αποτελεί τη σημαντικότερη και πιο ώριμη τεχνολογία μεγάλης κλίμακας για το σκοπό αυτό. Το μοντέλο βασίζεται σε δύο δεξαμενές σε διαφορετικό ύψος, μια αντλία και μια μικρή υδροτουρμπίνα. Στη φάση αποθήκευσης, η αντλία ανυψώνει το νερό στην πάνω δεξαμενή, ενώ στη φάση ανάκτησης το νερό επιστρέφει στην κάτω μέσω της τουρμπίνας, παράγοντας εκ νέου ηλεκτρική ενέργεια.

Η κατασκευή επιτρέπει την πειραματική κατανόηση των βασικών αρχών μετατροπής και αποθήκευσης ενέργειας, καθώς και της σημασίας τους για τη βιώσιμη ανάπτυξη και την αξιοποίηση των ΑΠΕ.

Abstract

This project presents the construction of an educational model simulating the operation of a pumped-storage hydropower system. The topic is directly related to the increasing use of Renewable Energy Sources (RES), such as solar and wind power, which are clean and inexhaustible forms of energy but are characterized by intermittent and unpredictable generation. This variability highlights the need for reliable energy storage systems to ensure the stability of the electrical grid.

Pumped-storage is the most important and mature large-scale technology serving this purpose. The model is based on two water reservoirs at different elevations, a pump, and a small hydroturbine. During the storage phase, the pump lifts water to the upper reservoir, while during the recovery phase the water flows back through the turbine, generating electricity again.

The construction enables an experimental understanding of the fundamental principles of energy conversion and storage, as well as their importance for sustainable development and the effective integration of RES.

Εισαγωγή

Η αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο, σε συνδυασμό με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής για την οποία μεγάλο μέρος της ευθύνης είναι η χρήση των ορυκτών καυσίμων, έχει καταστήσει αναγκαία τη στροφή προς καθαρές

και βιώσιμες πηγές ενέργειας. Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), όπως η ηλιακή, η αιολική, η υδροηλεκτρική, η βιομάζα και η γεωθερμία, προσφέρουν τη δυνατότητα παραγωγής ενέργειας χωρίς σημαντικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και με ελάχιστο περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Η αξιοποίηση των ΑΠΕ βασίζεται σε φυσικές διεργασίες που πραγματοποιούνται συνεχώς, καθιστώντας τις ουσιαστικά ανεξάντλητες σε αντίθεση με τα συμβατικά καύσιμα. Παράλληλα, η χρήση τους ενισχύει την ενεργειακή ανεξαρτησία, μειώνει την εξάρτηση από εισαγόμενα καύσιμα και συμβάλλει στη βιώσιμη ανάπτυξη. Ωστόσο, οι περισσότερες ΑΠΕ χαρακτηρίζονται από αβεβαιότητα σε ότι αφορά τη χρονική στιγμή που θα είναι διαθέσιμες και ασυνέχεια στην παραγωγή τους (π.χ. εξάρτηση της αιολικής ενέργειας από τον άνεμο και της ηλιακής από την ηλιοφάνεια). Το γεγονός αυτό δημιουργεί προκλήσεις στην εξισορρόπηση της προσφοράς και της ζήτησης ενέργειας, καθιστώντας απαραίτητη την ανάπτυξη τεχνολογιών αποθήκευσης και έξυπνων δικτύων.

Στο πλαίσιο αυτό, έργα αποθήκευσης όπως η αντλησιοταμίευση, οι μπαταρίες μεγάλης κλίμακας και η παραγωγή υδρογόνου αποκτούν κεντρικό ρόλο. Η θεωρητική θεμελίωση της αξιοποίησης των ΑΠΕ στηρίζεται, επομένως, όχι μόνο στα περιβαλλοντικά και οικονομικά τους πλεονεκτήματα, αλλά και στη δυνατότητα υποστήριξής τους από τεχνολογίες που εξασφαλίζουν την ευστάθεια και την αξιοπιστία του ενεργειακού συστήματος.

Περιγραφή εργασίας

Η συγκεκριμένη εργασία συνίσταται στην κατασκευή ενός λειτουργικού μοντέλου που προσομοιώνει την αντλησιοταμίευση, έναν δοκιμασμένο και αποδοτικό τρόπο για την αποθήκευση της ενέργειας, η οποία παράγεται από ανανεώσιμες πηγές. Απευθύνεται κυρίως σε μαθητές των τελευταίων τάξεων του δημοτικού και σε μαθητές γυμνασίων και εισάγει με εύληπτο τρόπο δύσκολες έννοιες όπως:

- Μορφές ενέργειας
- Μετατροπή ενέργειας από μια μορφή σε άλλη
- Απόδοση ενεργειακής μετατροπής
- Μεταφορά και αποθήκευση ενέργειας

Η κατασκευή αποτελείται από:

- Συναρμολογούμενο ξύλινο ιστό ύψους περίπου 2,5m, στερεωμένο σε κατάλληλη βάση
- Δύο δοχεία χωρητικότητας 4L (μπορεί να αλλάξει το είδος και η χωρητικότητά τους αν θεωρηθεί αναγκαίο)
- Δύο λάστιχα μεταφοράς νερού μήκους λίγο μεγαλύτερου από το ύψος του ιστού.
- Μία αντλία νερού 6-12 V, ικανή για ανύψωση νερού σε ύψος μέχρι 3m
- Μια μικρή υδροτουρμπίνα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας
- Έναν προβολέα Βολφραμίου – Αλογόνου ισχύος 1500W
- Ένα φωτοβολταϊκό πάνελ, 12V
- Συστοιχία LED διαφόρων χρωμάτων
- Τους απαραίτητους διακόπτες και καλώδια σύνδεσης

Το φως του προβολέα, ο οποίος τροφοδοτείται με τάση 220V – AC, προσομοιώνει το ηλιακό φως στο φωτοβολταϊκό (Φ/Β) πάνελ, όταν δεν υπάρχει η δυνατότητα να το τοποθετήσουμε κάθετα στις ακτίνες του ήλιου. Ο προβολέας ανάβει και σβήνει μέσω διακόπτη, προσομοιώνοντας την ημέρα και τη νύχτα, ενώ απέναντι από τον προβολέα

σε κατάλληλη απόσταση τοποθετείται το Φ/Β πάνελ το οποίο μετατρέπει την ενέργεια της ακτινοβολίας του προβολέα σε ηλεκτρική ενέργεια, όταν ο προβολέας είναι αναμμένος.

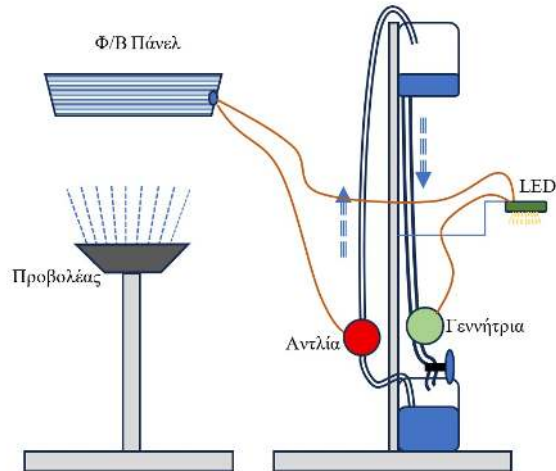
Με το Φ/Β τροφοδοτούμε την συστοιχία LED (αφού παρεμβάλλουμε κύκλωμα προστασίας) προσομοιώνοντας έτσι την άμεση κατανάλωση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Επειδή όμως η παραγόμενη ισχύς από το πάνελ είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτήν που απαιτούν τα LED συνδέουμε παράλληλα και την αντλία η οποία ανεβάζει νερό από το δοχείο στη βάση της διάταξης στο δοχείο που έχει στερεωθεί στην κορυφή μέσω ενός λάστιχου μεταφοράς που έχουμε προσαρμόσει κατάλληλα. Μετατρέπεται δηλαδή η περισσευούμενη ηλεκτρική ενέργεια σε δυναμική ενέργεια του νερού.

	
	<i>Εικόνα 2: Ο προβολέας</i>
	
	<i>Εικόνα 3: Η αντλία</i>
	
<i>Εικόνα 1: Ο ιστός</i>	<i>Εικόνα 4: Το Φ/Β πάνελ</i>

Με το σβήσιμο του προβολέα προσομοιώνουμε την έλευση της νύχτας, ενώ η κατάσταση νέφωσης με την παρεμβολή μεταξύ προβολέα και Φ/Β ενός ημιδιαφανούς πετάσματος, οπότε το πάνελ δεν παράγει την απαιτούμενη ενέργεια.

Στη βάση της διάταξης καταλήγει το δεύτερο λάστιχο το οποίο είναι συνδεδεμένο στο πάνω δοχείο και στο οποίο έχουμε παρεμβάλλει την υδροτουρμπίνα και κατάλληλη στρόφιγγα. Με το άνοιγμα της στρόφιγγας το νερό αρχίζει να ρέει στο κάτω δοχείο και η γεννήτρια παράγει ηλεκτρική ενέργεια με την οποία τροφοδοτούμε την συστοιχία των LED.

Η όλη διάταξη στην ουσία είναι μια (επαναφορτιζόμενη) μπαταρία αποθήκευσης ενέργειας. Ακριβώς με τον ίδιο τρόπο λειτουργούν σε αδρές γραμμές τα μεγάλα έργα αντλησιοταμίευσης, όπως αυτό που κατασκευάζεται τα τελευταία χρόνια στην περιοχή της Αμφιλοχίας.



Σχήμα: Σκαρίφημα της διάταξης

Βιβλιογραφία

- Georgios N. Psarros* & Stavros A. Papathanassiou: Electricity storage requirements to support the transition towards high renewable penetration levels – Application to the Greek power system.
<https://arxiv.org/pdf/2209.10787>
- Από την επίσημη ιστοσελίδα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής:
https://commission.europa.eu/projects/pumped-storage-hydro-plant-western-greece-amfilochia_en?utm_source=chatgpt.com (Ημερομηνία προσπέλασης: 23/09/2025)

*Το copyright των φωτογραφιών και των σχημάτων ανήκει στον συγγραφέα.



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Greece

*Science on Stage Festival 2026,
Klaipėda, Λιθουανία*

Ο ήχος από το Α ως το Ω (ή τουλάχιστον από το Η ως το Σ)

Παναγιώτης Λάζος, Φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Ηλιούπολης
[taklazos\[a\]gmail.com](mailto:taklazos[a]gmail.com)

(Βραβείο 13^{ων} Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών)

Περίληψη

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει μια σειρά από απλές εργαστηριακές δραστηριότητες για τη διδασκαλία των εννοιών του ήχου. Κάθε ήχος παράγεται από μια ταλαντευόμενη πηγή (στερεή, υγρή ή αέρια), και στην περίπτωση της απλής αρμονικής ταλάντωσης, παράγεται αρμονικός ήχος συγκεκριμένης συχνότητας (ύψους).

Στο πλαίσιο αυτό, αναλύονται τρεις βασικές δραστηριότητες:

Τροχοί Savart: Ιστορική διάταξη, την οποία εμπνεύστηκε αρχικά ο Robert Hooke (1681) και εξέλιξε ο Felix Savart (1830) προσθέτοντας μηχανισμό μέτρησης περιστροφών. Η περιστροφή οδοντωτού τροχού σε επαφή με κάρτα παράγει ήχο, επιτρέποντας την ποσοτική συσχέτιση της συχνότητας περιστροφής με το ύψος του ήχου.

Επίδειξη ακουστικού φάσματος: Μια δραστηριότητα για τον προσδιορισμό των ορίων της ανθρώπινης ακοής, η οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί με γεννήτρια συχνότητας ή διαδικτυακές εφαρμογές και ηχεία. Προσφέρει αφορμή για τη μελέτη των υπόηχων, των υπέρηχων, των ορίων ακοής στα ζώα, αλλά και της μειωμένης αντίληψης των υψηλών συχνοτήτων στους ενήλικους.

Ποτήρια που τραγουδούν: Μελέτη της παραγωγής ήχου από γυάλινα κολωνάτα ποτήρια, φαινόμενο πάνω στο οποίο βασίστηκε και η «glass armonica» του Benjamin Franklin. Οι μαθητές διερευνούν τους παράγοντες που επηρεάζουν τη συχνότητα, πραγματοποιούν μετρήσεις μέσω της εφαρμογής Phyrphox και κατασκευάζουν το δικό τους μουσικό όργανο.

Abstract

This paper presents a series of simple laboratory activities designed for teaching sound-related concepts. Every sound is generated by an oscillating source (solid, liquid, or gas), and in the case of simple harmonic motion, a harmonic sound of a specific frequency (pitch) is produced.

Within this framework, three main activities are presented:

Savart's Wheels: A historical apparatus originally devised by Robert Hooke (1681) and later enhanced by Felix Savart (1830), who added a rotation-counting mechanism. Rotating a toothed wheel against a card produces a sound, allowing for a quantitative correlation between rotation frequency and pitch.

Acoustic Spectrum Demonstration: An activity aimed at demonstrating the limits of human hearing, which can be performed using a frequency generator or online tools with speakers. It provides an excellent opportunity to introduce infrasound and ultrasound, discuss hearing thresholds across different animals, and demonstrate the reduced perception of high frequencies in adults compared to students.

Singing Glasses: An investigation into sound generation using stemmed glass tumblers—a phenomenon that inspired Benjamin Franklin to invent the "glass armonica." Students qualitatively identify the glass properties that affect sound frequency, measure these frequencies using the free Phyphox app, and ultimately build their own musical instrument.

Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

Η παρούσα εργασία περιέχει μία σειρά από απλές εργαστηριακές δραστηριότητες χρήσιμες για τη διδασκαλία εννοιών σχετικά με τον ήχο.

Κάθε ήχος παράγεται από μία πηγή η οποία ταλαντώνεται. Η πηγή μπορεί να είναι ένα στερεό, υγρό ή αέριο σώμα. Αν η ταλάντωση είναι απλή αρμονική τότε ο ήχος είναι αρμονικός και χαρακτηρίζεται από μία συγκεκριμένη συχνότητα (ύψος), εκείνη της πηγής (Helmholtz, 1875).

Τροχοί Savart

Ο Robert Hooke είχε κατασκευάσει ορειχάλκινους οδοντωτούς τροχούς για να μελετήσει τη σχέση ανάμεσα στη συχνότητα της ταλάντωσης και το ύψος του ήχου και τους παρουσίασε το 1681 στη Royal Society (Inwood, 2011). Αν μία χάρτινη κάρτα έρθει σε επαφή με τα δόντια ενός περιστρεφόμενου τροχού τότε παράγει ήχο, η συχνότητα του οποίου αυξάνεται όταν αυξάνεται η συχνότητα περιστροφής του δίσκου. Ο Hooke είχε κάνει επίδειξη της διάταξης στην Royal Society το 1681 και εξέδωσε τη σχετική μελέτη το 1701.

Ο Felix Savart, ο οποίος ήταν αρχικά γιατρός του Ναπολέοντα πριν τον κερδίσει η φυσική, κατασκεύασε το 1830 μία παρόμοια διάταξη με εκείνη του Hooke (Graff, 2012). Ο Savart πρόσθεσε στη διάταξη έναν μηχανισμό, ο οποίος μετρούσε τις περιστροφές του τροχού, με αποτέλεσμα τη δυνατότητα υπολογισμού της συχνότητας περιστροφής (Εικόνα 1). Η προσθήκη αυτή επέτρεπε την ποσοτική συσχέτιση ανάμεσα στο ύψος του ήχου και τη συχνότητά του. Η διάταξη έμεινε γνωστή ως τροχοί του Savart (Savart wheels), αδικώντας ενδεχομένως τον Hooke και αποτέλεσε έκτοτε ένα ευρέως διαδεδομένο αντικείμενο σχολικών και πανεπιστημιακών εργαστηρίων [Greenslade, άγνωστο].

Επίδειξη ακουστικού φάσματος

Η επίδειξη των ορίων της συχνότητας των ήχων που αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος είναι μία πολύ διασκεδαστική και εποικοδομητική δραστηριότητα. Τεχνικά η επίδειξη μπορεί να γίνει με αρκετούς τρόπους. Αναφέρουμε ενδεικτικά:

A. Με χρήση μία γεννήτριας συχνοτήτων, που διαθέτουν τα περισσότερα λύκεια, και ενός ηχείου συνδεδεμένου στην έξοδο power out της γεννήτριας.

B. Με τα ηχεία ενός υπολογιστή και μία διαδικτυακή γεννήτρια συχνοτήτων (π.χ. <https://www.szynalski.com/tone-generator/>).

Η δραστηριότητα αποτελεί θαυμάσια ευκαιρία για την εισαγωγή των εννοιών των υπόηχων και των υπέρηχων, για τη συζήτηση σχετικά με τα όρια ακοής διάφορων ζώων αλλά και για την επίδειξη του γεγονότος πως οι ενήλικες δεν αντιλαμβάνονται τις πολύ υψηλές συχνότητες σε αντίθεση με τους μαθητές.

Ποτήρια που τραγουδούν

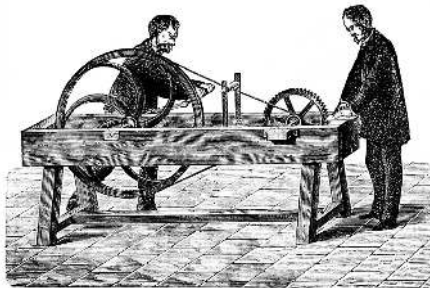
Ένα ενδιαφέρον φαινόμενο είναι η δημιουργία ήχου από γυάλινα κολωνάτα ποτήρια όταν αυτά διεγείρονται με τρόπο που περιγράφεται αναλυτικά στο σχετικό φύλλο εργασίας. Το φαινόμενο μπορεί να αποτελέσει ένα καθημερινό παιχνίδι αλλά και θέμα επιστημονικής έρευνας. Τα ποτήρια που τραγουδούν (singing glasses) είναι γνωστά τουλάχιστον από τις αρχές του 18ου αιώνα. Ο Benjamin Franklin κατασκεύασε ένα μουσικό όργανο, την glass armonica, βασισμένος στο φαινόμενο (King, 1945). Το όργανο γνώρισε μεγάλη διάδοση και επιτυχία με αποτέλεσμα να γραφτούν μουσικά κομμάτια ειδικά για εκείνο από διάσημους συνθέτες της εποχής (Ervin, 1956).

Οι μαθητές καλούνται και να εντοπίσουν σε ένα ποιοτικό επίπεδο από ποια χαρακτηριστικά του ποτηριού επηρεάζεται η συχνότητα του παραγόμενου ήχου (French, 1983), να μετρήσουν τη συχνότητα του ήχου αυτό σε διάφορες περιπτώσεις με τη βοήθεια της δωρεάν εφαρμογής Phyphox (Phyphox, 2021) και, τέλος, να φτιάξουν το δικό τους μουσικό όργανο αποτελούμενο από μία ομάδα ποτηριών.

Περιγραφή εργασίας

3d Σχεδίαση και εκτύπωση των τροχών Savart

Κάποια σχολεία διαθέτουν στον εξοπλισμό του σχολικού εργαστηρίου φυσικών επιστημών τροχούς Savart (Εικόνα 2). Σχεδόν πάντα, οι τροχοί έχουν κατασκευαστεί από το Εργαστάσιο Εποπτικών Οργάνων του Υπουργείου Παιδείας, το οποίο δεν λειτουργεί από τα τέλη της δεκαετίας του 1980 (Μπουρούτης & Μητσιάδης, 1975). Οι τροχοί είναι συνήθως ξεχασμένοι σε κάποια προθήκη και ενίοτε είναι σε μη λειτουργική κατάσταση, ενώ πολλά σχολεία δεν διαθέτουν καν αυτή τη χρήσιμη διάταξη.



Εικόνα 1. Η διάταξη του Savart (Άγνωστος, 1873)

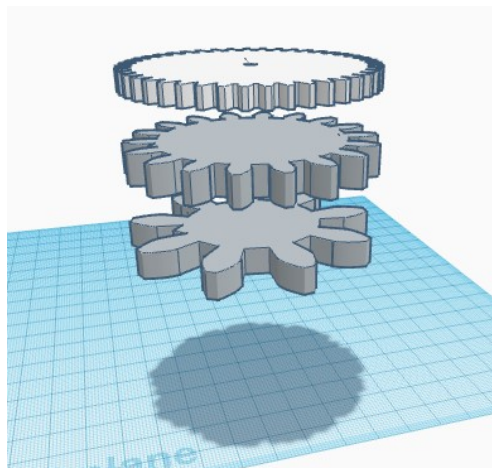


Εικόνα 2. Τέσσερις τροχοί Savart. Κατασκευή Εργαστάσιο Εποπτικών Οργάνων Υπουργείου Παιδείας, 1960-1980

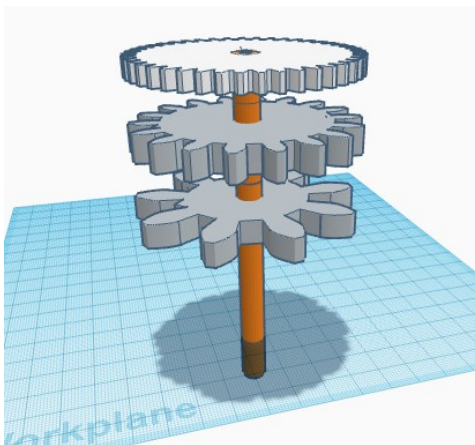
Τα παραπάνω, σε συνδυασμό με όλα τα πλεονεκτήματα που δίνει η 3d σχεδίαση ως αυτόνομο διδακτικό εγχείρημα αποτέλεσαν την αιτία για την παρούσα πρόταση σχεδίασης, εκτύπωσης και χρήσης τροχών Savart. Πιστεύουμε πως πρόκειται για μία διάταξη που αξίζει να αναδειχθεί καθώς μπορεί να φανεί χρήσιμη στη διδασκαλία του ήχου.

Η σχεδίαση της διάταξης έγινε στην πλατφόρμα Tinkercad (Tinkercad, 2022) και ολοκληρώθηκε σε λίγα απλά βήματα. Αρχικά, βρέθηκαν στη συλλογή σχεδίων (Gallery) της πλατφόρμας τρεις έτοιμοι οδοντωτοί τροχοί με διαφορετικό αριθμό δοντιών (Εικόνα 3). Σημειώνουμε πως η σχεδίαση οδοντωτών τροχών από το μηδέν είναι εφικτή αλλά πιο δύσκολη. Στη συνέχεια οι τροχοί τοποθετήθηκαν σε κατακόρυφη σειρά και ενώθηκαν με άξονα διαμέτρου 7,5 mm ώστε το σύνολο να μπορεί να τοποθετηθεί στις φυγοκεντρικές μηχανές που διαθέτουν τα σχολικά εργαστήρια (Εικόνα 4). Τέλος, τοποθετήθηκε σε κάθε τροχό ανάγλυφος ο αριθμός δοντιών του (Εικόνα 5) και τοποθετήθηκε μία μικρή ενίσχυση στη βάση του άξονα. Η τυπωμένη διάταξη φαίνεται στις εικόνες 6 και 7.

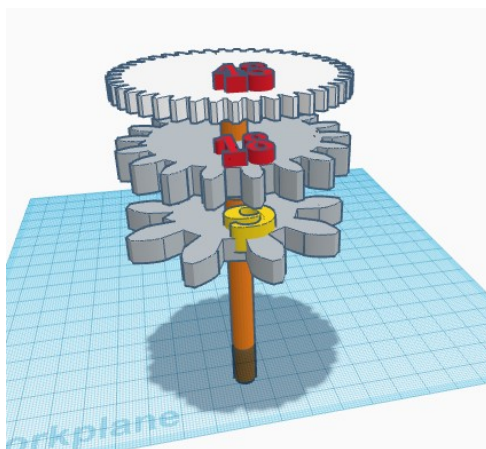
Υλοποιήθηκαν, επίσης, ανεξάρτητα σχέδια για κάθε τροχό με μία οπή στο κέντρο τους, ώστε να μπορούν είτε να χρησιμοποιηθούν μεμονωμένα, είτε να ενωθούν σε ένα σύνολο με μεταλλική βίδα αντί για πλαστικό άξονα.



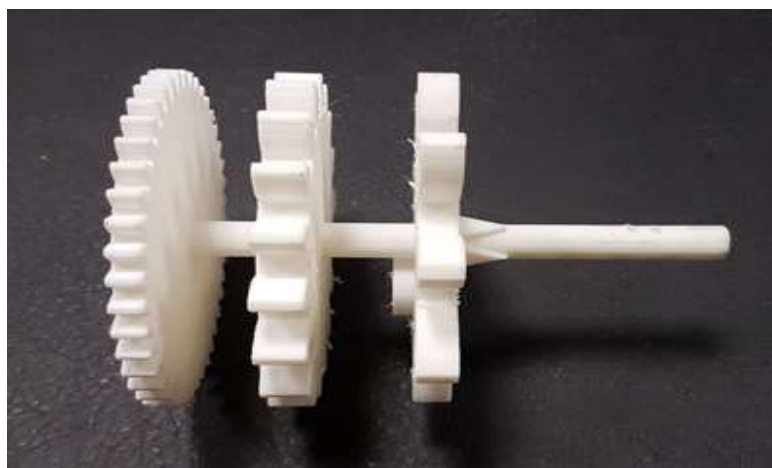
Εικόνα 3. Πρώτη φάση της σχεδίασης. Οι τρεις οδοντωτοί τροχοί



Εικόνα 4. Δεύτερη φάση της σχεδίασης. Τοποθέτηση του άξονα



Εικόνα 5. Τρίτη φάση της σχεδίασης. Τοποθέτηση αριθμού γραναζιών στους τροχούς



Εικόνα 6. Η τυπωμένη διάταξη. Διακρίνονται οι τρεις οδοντωτοί τροχοί

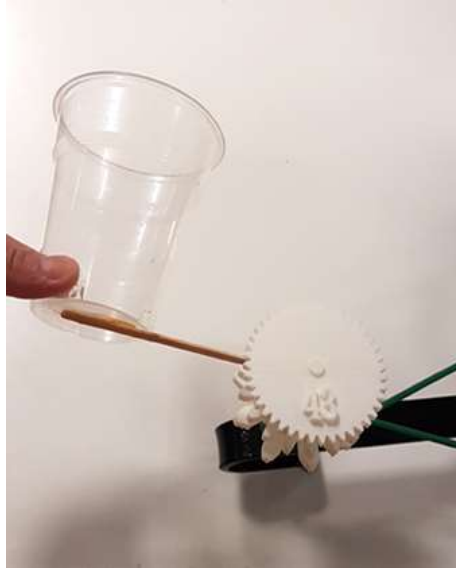


Εικόνα 7. Η τυπωμένη διάταξη. Διακρίνεται ο αναγραφόμενος αριθμός των γραναζιών του πρώτου τροχού

Χρήση της διάταξης

Οι τροχοί Savart μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην εκπαιδευτική διαδικασία με τρεις τρόπους.

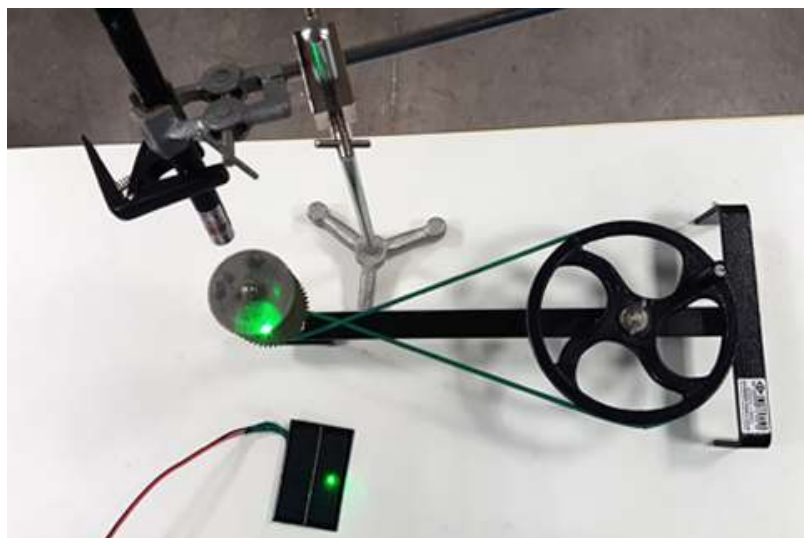
Ο πρώτος τρόπος είναι ίδιος με εκείνον που περιγράφεται στην εισαγωγή και προσφέρεται για σύντομη επίδειξη και ποιοτική μελέτη της σχέσης ανάμεσα στη συχνότητα και το ύψος του ήχου. Η διάταξη τίθεται σε μία όσο το δυνατόν ομαλότερη περιστροφή με μία φυγοκεντρική μηχανή. Μία χάρτινη ή πλαστική κάρτα ή, ακόμα καλύτερα, ένα ξύλινο κουταλάκι κολλημένο στον πάτο ενός πλαστικού ποτηριού έρχεται διαδοχικά σε επαφή με τα δόντια κάθε τροχού (Εικόνα 8). Οι μαθητές παρατηρούν τις διαφορές στον παραγόμενο ήχο και προσπαθούν να εντοπίσουν τη σχέση ανάμεσα στη συχνότητα ταλάντωσης της κάρτας και το ύψος του ήχου.



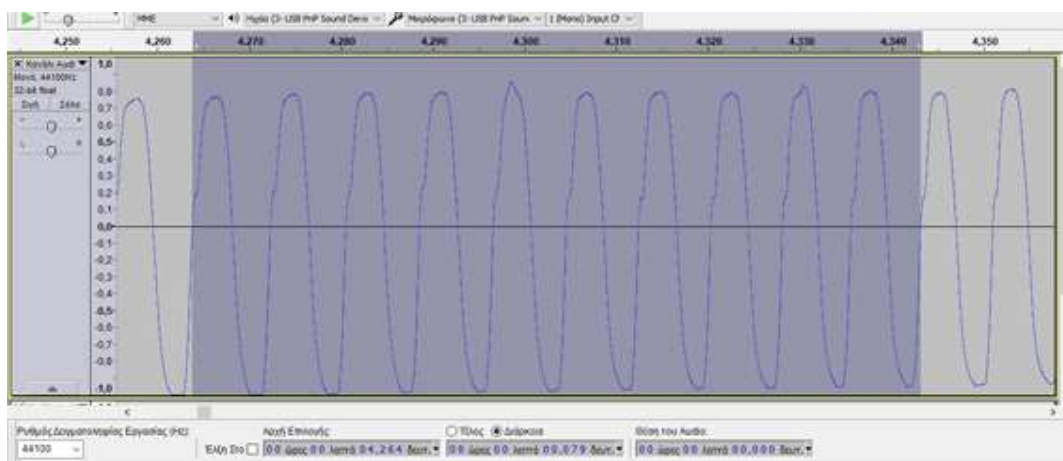
Εικόνα 8. Ένα ξύλινο κουταλάκι κολλημένο σε ένα ποτήρι παράγει ήχο καθώς έρχεται σε επαφή με τα δόντια του περιστρεφόμενου τροχού

Στον δεύτερο τρόπο χρησιμοποιούνται ένα laser και ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο, ώστε να υλοποιηθεί η διάταξη της εικόνας 9. Το φωτοβολταϊκό στοιχείο συνδέεται στην είσοδο ενός ηχείου, το οποίο διαθέτει ανεξάρτητη παροχή ισχύος. Ένας τροχός Savart τοποθετείται έτσι ώστε περιστρεφόμενος να διακόπτει τη δέσμη φωτός του laser προς το φωτοβολταϊκό στοιχείο. Το αποτέλεσμα είναι να παράγεται άμεσα ήχος στο ηχείο, η συχνότητα του οποίου αυξάνεται όσο γρηγορότερα περιστρέφεται ο τροχός Savart.

Ο τρίτος τρόπος χρησιμοποιεί την ίδια διάταξη σε συνεργασία με το ελεύθερο λογισμικό επεξεργασίας ήχου Audacity (Audacity, 2022), ώστε να επιτευχθεί ποσοτική μελέτη του φαινομένου. Αυτή τη φορά η έξοδος από το φωτοβολταϊκό στοιχείο συνδέεται στην είσοδο μικροφώνου στην κάρτα ήχου του υπολογιστή. Επιλέγουμε Record και θέτουμε τον τροχό Savart σε περιστροφή. Αλλάζουμε συχνότητα περιστροφής ή επιλέγουμε τροχό με διαφορετικό αριθμό δοντιών. Για να ολοκληρώσουμε την καταγραφή επιλέγουμε Διακοπή. Παρατηρούμε την κυματομορφή του παραγόμενου ήχου (Εικόνα 10). Μπορούμε να ακούσουμε τον ήχο που αντιστοιχεί στην κυματομορφή επιλέγοντας Play.



Εικόνα 9. Διάταξη με τους τροχούς Savart, ένα laser και ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο



Εικόνα 11. Κυματομορφή με συχνότητα 125 Hz στο Audacity. Η κυματομορφή δημιουργήθηκε με το δίσκο των 43 δοντιών

Μπορούμε, επίσης, να μετρήσουμε την περίοδο του ήχου επιλέγοντας π.χ. 10 επαναλήψεις της κυματομορφής (Λάζος, 2014). Στο μεσαίο πλαίσιο με το όνομα «Διάρκεια» στο κάτω μέρος του παράθυρου του λογισμικού αναγράφεται η τιμή του χρονικού διαστήματος που αντιστοιχεί στις 10 επαναλήψεις (Εικόνα 11), από την οποία υπολογίζονται η περίοδος και η συχνότητα του ήχου. Στη συνέχεια μπορεί να γίνει σύγκριση ανάμεσα στις συχνότητα των ήχων που παράγει κάθε ένας από τους οδοντωτούς τροχούς καθώς και συσχέτισή των συχνοτήτων με τον αριθμό των δοντιών κάθε τροχού.

Φύλλο εργασίας - Παίζοντας μουσική με ποτήρια

Εισαγωγή – Ιστορική αναδρομή

Ένα ποτήρι κρασιού¹ μπορεί να παράγει έναν πολύ ιδιαίτερο ήχο, αρκεί να κάνουμε απαλές συνεχείς κυκλικές κινήσεις με τον δείκτη του χεριού μας στο στόμιό του (Εικόνα 1). Απαραίτητες προϋποθέσεις είναι το στόμιο και ο δείκτης να είναι απαλλαγμένα από λίπη και να έχουν βραχεί καλά.



Εικόνα 1. Παίζοντας μουσική με ποτήρια

Τον 18ο αιώνα η δημιουργία μουσικής με γυάλινα ποτήρια ήταν ήδη μία «μόδα». Μάλιστα το 1761 ο γνωστός επιστήμονας και πολιτικός Benjamin Franklin σχεδίασε και κατασκεύασε με τη βοήθεια του υαλουργού Charles James ένα μουσικό όργανο, την Glass Armonica (Εικόνα 2). Το όργανο μπορούσε να θέσει σε περιστροφή 37 γυάλινα ποτήρια, τα οποία ο μουσικός ακουμπούσε με τα δάκτυλά του για να παραγάγει τις επιθυμητές νότες για το μουσικό κομμάτι που έπαιζε. Η glass armonica γνώρισε άμεσα τεράστια επιτυχία και διάσημοι συνθέτες, όπως οι Mozart, Beethoven, Donizetti, και Richard Strauss έγραψαν κομμάτια ειδικά για εκείνη. Αν αναρωτιέστε τι είδους ήχους παράγει το όργανο αυτό, μπορείτε να ακούσετε ένα κομμάτι του Wolfgang Amadeus Mozart εδώ: <https://video.link/w/GfB8b>

Στην εποχή μας πολλοί καλλιτέχνες χρησιμοποιούν ποτήρια για να παίξουν μουσική. Ένα όμορφο παράδειγμα εκτέλεσης έργου του Chopin μπορείτε να δείτε και να ακούσετε εδώ: <https://video.link/w/paB8b>



Εικόνα 2. Glass Armonica

¹ Κάθε κολονάτο ποτήρι (κρασιού, σαμπάνιας, λικέρ κ.λπ.) είναι κατάλληλο. Σε γενικές γραμμές τα ποτήρια μικρότερων διαστάσεων παράγουν ήχο μεγαλύτερης συχνότητας.

Ποιοτική μελέτη του ήχου

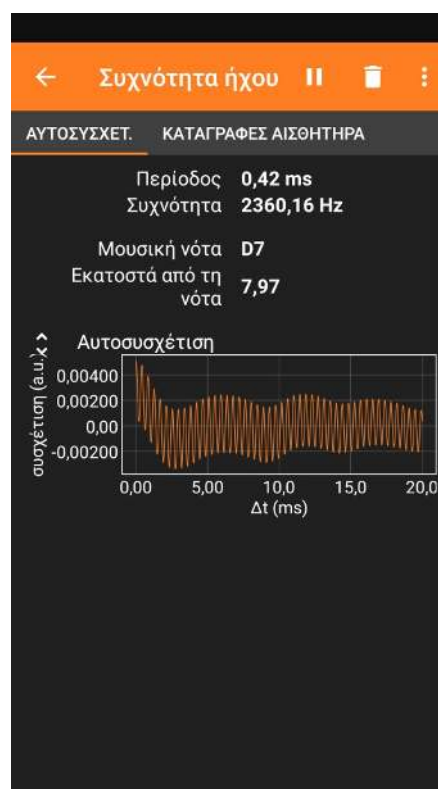
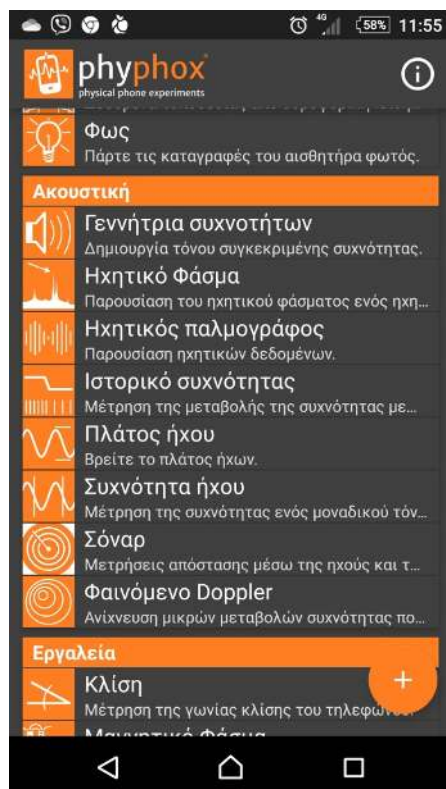
α. Αν διαθέτετε διαφορετικά κολωνάτα ποτήρια επιλέξτε δύο ποτήρια με σημαντικά διαφορετικές διαστάσεις, όπως τα ακραία ποτήρια στην εικόνα 4, και ακούστε προσεκτικά τους ήχους που παράγουν. Τι παρατηρείτε σχετικά με τη συχνότητα του ήχου που παράγουν;

.....
.....
.....
.....
.....

β. Επίσης, τοποθετήστε διαφορετικές ποσότητες νερού στο ίδιο ποτήρι και παρατηρήστε αν υπάρχει διαφορά στον ήχο που παράγεται κάθε φορά. Αντιλαμβάνεστε κάποια αλλαγή κάθε φορά που προσθέτετε νερό και αν ναι, μπορείτε να την περιγράψετε;

.....
.....
.....
.....
.....

Συζητήστε με τους συμμαθητές σας τις παρατηρήσεις σας, εντοπίστε τυχόν διαφορές και προσπαθήστε να τις ερμηνεύσετε.



Εικόνες 3α και 3β. Η επιλογή «Συχνότητα ήχου» της εφαρμογής «Phyrphox» και παράδειγμα μέτρησης

Μέτρηση συχνότητας

Στην εφαρμογή «Phyphox» υπάρχει η δυνατότητα με την επιλογή «Συχνότητα ήχου» να υπολογιστεί αυτόματα η συχνότητα του ήχου που καταγράφεται από το μικρόφωνο της συσκευής (εικόνες 3α και 3β).

Διαλέξτε ένα κολωνάτο ποτήρι και ενεργοποιήστε αυτή τη λειτουργία. Αν είναι εφικτό, διαλέξτε ένα ποτήρι το οποίο να ανήκει σε ένα σετ από ίδια ποτήρια. Αργότερα θα γίνει σαφές το γιατί.

Παράγετε ήχο με το ποτήρι και καταγράψτε τη συχνότητα που δίνει η εφαρμογή. Ενδέχεται η τιμή της συχνότητας που δίνει η εφαρμογή να μεταβάλλεται διαρκώς ανάμεσα σε κάποιες κοντινές τιμές. Σε αυτή την περίπτωση καταγράψτε μία τιμή ανάμεσα στις ακραίες τιμές. Μην σας απασχολεί αν έχετε επιτύχει απόλυτη ακρίβεια.

$f_1 = \dots\dots\dots$

Στη συνέχεια, γεμίστε το ποτήρι με νερό ως το χείλος του. Επαναλάβετε τη διαδικασία και καταγράψτε τη νέα συχνότητα.

$f_2 = \dots\dots\dots$

Συμφωνούν οι δύο μετρήσεις με τις ποιοτικές παρατηρήσεις σας νωρίτερα;

Μπορούμε να συνοψίσουμε τις παρατηρήσεις και τις μετρήσεις μας στο εξής συμπέρασμα: Όσο περισσότερο νερό περιέχει ένα ποτήρι τόσο γίνεται η συχνότητα του ήχου που παράγεται.

Το ποτήρι που χρησιμοποιήσατε μπορεί να παράγει ήχους με συχνότητα ανάμεσα στις συχνότητες f_1 και f_2 . Για ήχους με συχνότητα μικρότερη της f_1 ή μεγαλύτερη της f_2 θα χρειαστεί να δοκιμάσετε διαφορετικά ποτήρια.

Ας παίξουμε μουσική

Στον πίνακα 1 στο τέλος του φύλλου εργασίας θα βρείτε τις αντιστοιχίσεις ανάμεσα στις μουσικές νότες που χρησιμοποιούνται στην «δυτική» μουσική και τη συχνότητα του αντίστοιχου ήχου.

Βρείτε ποιες νότες μπορεί να παράγει το ποτήρι σας. Για παράδειγμα, αν είχατε βρει $f_1 = 780$ Hz και $f_2 = 1420$ Hz, τότε το ποτήρι σας μπορεί με την κατάλληλη ποσότητα νερού να παίζει από τη νότα σολ της 4^{ης} οκτάβας μέχρι τη νότα φα της 5^{ης} οκτάβας.

Αν λοιπόν διαθέτετε και άλλα ίδια ποτήρια μπορείτε, τώρα, να έχετε μία σειρά από ποτήρια το κάθε ένα από τα οποία θα αντιστοιχεί σε μία διαδοχική νότα. Χρησιμοποιώντας την εφαρμογή phyphox όπως στο βήμα 3, βρείτε πόσο νερό πρέπει να βάλετε σε κάθε ένα ποτήρι ώστε να αντιστοιχεί σε μία διαδοχική νότα. Μπορείτε βέβαια να πειραματιστείτε και με διαφορετικά ποτήρια κρασιού, σαμπάνιας ή λικέρ. Η διαδικασία ίσως σας πάρει λίγο χρόνο, αλλά αξίζει τον κόπο, καθώς στο τέλος θα έχετε δημιουργήσει ένα πρωτότυπο «μουσικό όργανο» και θα μπορείτε να δοκιμάσετε να παίζετε μουσική (Εικόνα 4).



Εικόνα 4. Μουσικό σύνολο από 9 ποτήρια από το φα της 4ης οκτάβας (αριστερά) ως το σολ της 5ης οκτάβας (δεξιά)

Πίνακας 1: Νότες και αντίστοιχες συχνότητες σύμφωνα με το Γαλλικό / Ευρωπαϊκό Σύστημα

Πρώτη οκτάβα $\nu=65$ Hz ντο $\nu=73$ Hz ρε $\nu=82$ Hz μι $\nu=87$ Hz φα $\nu=97$ Hz σολ $\nu=110$ Hz λα $\nu=123$ Hz σι	Δεύτερη οκτάβα $\nu=130$ Hz ντο $\nu=146$ Hz ρε $\nu=164$ Hz μι $\nu=174$ Hz φα $\nu=195$ Hz σολ $\nu=220$ Hz λα $\nu=246$ Hz σι
Τρίτη οκτάβα $\nu=262$ ντο $\nu=294$ ρε $\nu=330$ μι $\nu=349$ φα $\nu=392$ σολ $\nu=440$ λα $\nu=493$ σι	Τέταρτη οκτάβα $\nu=523$ ντο $\nu=587$ ρε $\nu=659$ μι $\nu=698$ φα $\nu=783$ σολ $\nu=880$ λα $\nu=987$ σι
Πέμπτη οκτάβα $\nu=1046$ Hz ντο $\nu=1174$ Hz ρε $\nu=1318$ Hz μι $\nu=1396$ Hz φα $\nu=1567$ Hz σολ $\nu=1760$ Hz λα $\nu=1975$ Hz σι	Έκτη οκτάβα $\nu=2093$ Hz ντο $\nu=2349$ Hz ρε $\nu=2637$ Hz μι $\nu=2793$ Hz φα $\nu=3135$ Hz σολ $\nu=3520$ Hz λα $\nu=3951$ Hz σι
Έβδομη οκτάβα $\nu=4186$ Hz ντο $\nu=4698$ Hz ρε $\nu=5274$ Hz μι $\nu=5587$ Hz φα $\nu=6271$ Hz σολ $\nu=7040$ Hz λα $\nu=7902$ Hz σι	Όγδοη οκτάβα $\nu=8372$ Hz ντο $\nu=9397$ Hz ρε $\nu=10548$ Hz μι $\nu=11175$ Hz φα $\nu=12543$ Hz σολ $\nu=14080$ Hz λα $\nu=15804$ Hz σι

Βιβλιογραφία

- Άγνωστος: ‘*Wave-Action in Nature*’, The Popular Science Monthly, III, (May 1873), 7–8.
- Audacity, <https://www.audacityteam.org> (ημερομηνία προσπέλασης: 19/12/2025)
- H. Ervin: ‘*Notes on Franklin's armonica and the music Mozart wrote for it*’, Journal of the Franklin Institute, 262/5, (1956), 329-348.
- P. French: ‘*In vino veritas: a study of wineglass acoustics*’, American Journal of Physics, 51, (1983), 688–694.

- K. F. Graff: ‘*A History of Ultrasonics*’, στο Warren P. Mason (ed.), *Principles and Methods. Physical Acoustics. Vol. XV* (New York: Elsevier, New York, 2012).
- T. B. Jr Greenslade,
http://physics.kenyon.edu/EarlyApparatus/Acoustics/Savarts_Wheel/Savarts_Wheel.html (ημερομηνία προσπέλασης: 19/12/2025)
- H. von Helmholtz: ‘*On the Sensations of Tone as a Physiological Basis for the Theory of Music*’, μτφ. από την 3η έκδοση A. J. Ellis. (Longmans Green, London, 1875)
- S. Inwood: ‘*The Man Who Knew Too Much: The Strange and Inventive Life of Robert Hooke 1653 – 1703*’ (Pan Macmillan, London, 2011)
 - King: ‘*The Musical Glasses and Glass Harmonica*’, *Proceedings of the Royal Musical Association*, 72, (1945), 97-122.
- Phyphox, <https://phyphox.org/> (ημερομηνία προσπέλασης: 19/12/2025)
- Tinkercad, <https://www.tinkercad.com> (ημερομηνία προσπέλασης: 19/12/2025)
- Π. Λάζος: ‘*Ακούγοντας το φως. Μελέτη της μεταβολής της έντασης φωτεινών πηγών με λογισμικό επεξεργασίας ήχου*’, *Διαδικτυακό περιοδικό i-teacher*, 8, (2014), 42-48.
- Ι. Μπουρούτης, Σ. Μητσιάδης: ‘*Κατάλογος εποπτικών μέσων διδασκαλίας*’ (Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Αθήνα, 1975)

*Το copyright των φωτογραφιών και των σχημάτων ανήκει στον συγγραφέα.

«Με επτά πειράματα, ένα αίνιγμα και μια ξεχασμένη επιστήμονα ... μπες στο κλίμα!»

Κωνσταντίνα Μαλάμου, χημικός, Γυμνάσιο Μπιζανίου Ιωαννίνων,

[nmalamou\[a\]gmail.com](mailto:nmalamou[a]gmail.com)

Σεβαστή Μαλάμου, φυσικός, Μουσικό Σχολείο Ιωαννίνων «Νικόλαος Δούμπας»,

[smalamou\[a\]gmail.com](mailto:smalamou[a]gmail.com)

*(1^ο Αναπληρωματικό Βραβείο 13^{ων} Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων
Φυσικών Επιστημών)*

Περίληψη

Με βάση τη σύγχρονη βιβλιογραφική έρευνα αναδεικνύεται έντονα η ανάγκη εκπαίδευσης των μαθητών πάνω σε περιβαλλοντικά θέματα, όπως αυτό της κλιματικής αλλαγής - κρίσης και των αιτιών που την προκαλούν έτσι ώστε οι μαθητές να γίνουν ενημερωμένοι και ενεργοί πολίτες. Παράλληλα, οι διδακτικές μέθοδοι που εφαρμόζονται ξεφεύγουν από το παραδοσιακό δασκαλοκεντρικό μοντέλο και βάζουν στο επίκεντρο τον μαθητή, ο οποίος συνεργαζόμενος με τους συμμαθητές του διερευνά και ανακαλύπτει. Πιο συγκεκριμένα, στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών και στα προγράμματα STEM γενικότερα, η αξία του πειραματισμού από τους ίδιους τους μαθητές είναι αδιαμφισβήτητη πλέον, με τα πειράματα χαμηλού κόστους να καταλαμβάνουν ολοένα και μεγαλύτερο μέρος στην εκπαιδευτική διαδικασία. Επιπλέον, στοιχεία από την ιστορία της επιστήμης και τα πορτρέτα πρωτοπόρων επιστημόνων προσδίδουν ένα ανθρώπινο στοιχείο στις θετικές επιστήμες, ενισχύοντας την διαθεματικότητα, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει στοιχεία από διαφορετικά γνωστικά αντικείμενα, π.χ. ιστορία και φιλοσοφία των φυσικών επιστημών, ξένες γλώσσες, κτλ. Η διδακτική προσέγγιση της παιχνιδοποίησης δίνει περισσότερα κίνητρα συμμετοχής στους μαθητές, ενδυναμώνει τη συνεργασία μεταξύ τους καλλιεργώντας τα χαρακτηριστικά της ομάδας και της επίλυσης προβλημάτων. Τέλος, η καλλιέργεια της δημιουργικότητας αποτελεί κύριο μέλημα των εκπαιδευτικών συστημάτων του 21^{ου} αιώνα, η οποία ενισχύει τη φαντασία, την πρωτοτυπία και τη συνδυαστική σκέψη των εκπαιδευομένων.

Η διδακτική πρόταση που παρουσιάζεται στηρίζεται στις παραπάνω αρχές και διδακτικές προσεγγίσεις. Στόχος της είναι η διδασκαλία μέσω πειράματος και διερεύνησης των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων του διοξειδίου του άνθρακα, του αερίου με πρωταγωνιστικό ρόλο στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Μπορεί να ενσωματωθεί στο πρόγραμμα σπουδών της χημείας Γ' Γυμνασίου και όλων των τάξεων του Λυκείου, ή στα άλλα γνωστικά αντικείμενα των φυσικών επιστημών, μπορεί όμως να αποτελέσει και αυτόνομο υλικό για ένα εκπαιδευτικό βιωματικό σεμινάριο. Επιπλέον μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, παραλείποντας τις χημικές εξισώσεις και κάνοντας κατάλληλες προσαρμογές. Η συνολική διάρκεια δεν ξεπερνά τις δύο διδακτικές ώρες, είναι εύκολη στην υλοποίηση από όλους τους διδάσκοντες, στους οποίους παρέχεται υποστηρικτικό υλικό με τα αναλυτική περιγραφή και επεξήγηση των πειραμάτων. Τα πειράματα είναι μέρος ενός χημικού αινίγματος, τα οποία παρουσιάζονται μέσα από επτά χάρτινους κύβους, ένας για κάθε πείραμα. Από κάθε επιμέρους πείραμα

οι μαθητές καλούνται να βρουν κάποιες λέξεις κλειδιά, να συμπληρώσουν μια ακροστιχίδα και να ανακαλύψουν το όνομα μιας γυναίκας επιστήμονα του 17^{ου} αιώνα, ξεχασμένη για πάρα πολλά χρόνια, η οποία πειραματίστηκε με το διοξείδιο του άνθρακα και συμπέρανε ότι αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα θα αυξήσει την ατμοσφαιρική θερμοκρασία και θα επηρεάσει το κλίμα, αυτό που σήμερα ονομάζουμε φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Abstract

According to contemporary bibliographic research, the need for educating students on environmental issues—such as climate change and its underlying causes—emerges as particularly significant, aiming to cultivate informed and active citizens. At the same time, the teaching methods implemented move beyond the traditional teacher-centered model and instead place the student at the core of the learning process. Within these approaches, students collaborate with their peers, engaging in exploration and discovery. More specifically, within science education and STEM programs more broadly, the value of student-led experimentation has now been firmly established, with low-cost experiments occupying an increasingly central role in the educational process. Furthermore, the integrating elements from the history of science and portraits of pioneering scientists introduces a human dimension to the natural sciences, thereby enhancing interdisciplinarity, which may include perspectives from diverse fields such as the history and philosophy of science, foreign languages, and more. The pedagogical approach of gamification provides stronger incentives for student participation, fosters collaboration, and cultivates skills related to teamwork and problem-solving. Finally, the cultivation of creativity—one of the central skills of 21st-century education systems—encourages imagination, originality, and combinatorial thinking among learners.

The teaching proposal presented here is grounded in the above principles and pedagogical approaches. Its goal is to introduce the teaching of the physical and chemical properties of carbon dioxide—the gas that plays a central role in the greenhouse effect—through experimentation and inquiry. The proposal can be integrated into the chemistry curriculum of the 9th grade of secondary school (Gymnasium) and all grades of upper secondary education (10th to 12th grades - Lyceum), as well as within other natural science subjects. Alternatively, it may serve as independent material for an experiential educational workshop. Moreover, with appropriate adjustments—such as excluding chemical equations—it can be effectively adapted for use in primary education. The total duration does not exceed two teaching hours, and the activities are designed to be easily implemented by any teacher who is supported with detailed teaching material, including descriptions and explanations of the experiments. The experiments are structured as parts of a chemical puzzle, presented through seven cardboard cubes—one for each experiment. From every individual experiment, students are guided to identify key words, complete an acrostic, and ultimately uncover the name of a female scientist from the 17th century who remained forgotten for centuries. Remarkably, this scientist conducted experiments with carbon dioxide and concluded that its increase in the atmosphere would raise atmospheric temperature and affect the climate—a phenomenon now known as the greenhouse effect.

Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

Ζούμε ήδη την κλιματική αλλαγή ή κλιματική κρίση, όπως συνηθίζεται να αναφέρεται το τελευταίο διάστημα, και οι επόμενες γενιές θα βιώσουν εντονότερα τις συνέπειες από την αλλαγή που έχει προκαλέσει ο άνθρωπος στο περιβάλλον τα τελευταία περίπου 200 χρόνια. Οι δράσεις που αναλαμβάνουμε σήμερα ως κοινωνία αλλά και ως μεμονωμένα άτομα θα επηρεάσουν τις εκπομπές των αερίων του διοξειδίου του άνθρακα και των άλλων αερίων του θερμοκηπίου, τα οποία έχουν άμεση συνάρτηση με την αύξηση της θερμοκρασίας στον πλανήτη μας και την μεταβολή του κλίματος. Η ανάγκη για δράση είναι πλέον επείγουσα, τόσο σε παγκόσμιο όσο και σε ατομικό επίπεδο. Η εκπαίδευση των νέων σχετικά με τα αίτια και τις συνέπειες του φαινομένου είναι κρίσιμη, καθώς η εφαρμογή λύσεων απαιτεί σωστά ενημερωμένους και ενεργούς πολίτες (Δερμιτζάκη et al., 2023). Η επιστήμη του κλίματος είναι ο επιστημονικός κλάδος που μελετά το κλίμα της Γης και τους παράγοντες που το επηρεάζουν. Επιπλέον, διερευνά τις επιπτώσεις της ανθρώπινης παρέμβασης στο κλίμα και προβλέπει μελλοντικές κλιματικές αλλαγές (American Chemical Society, 2025).

Η εκπαίδευση για το κλίμα είναι ένας από τους τρόπους ενδυνάμωσης των νέων του σήμερα μέσα από την τυπική εκπαίδευση, ώστε να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις του αύριο. Ένα άτομο πρέπει, μεταξύ άλλων απαιτήσεων, να έχει επαρκείς γνώσεις σχετικά με την επιστήμη της κλιματικής αλλαγής (Schreiner et al., 2005). Σύμφωνα με την Εκπαιδευτική, Επιστημονική και Πολιτιστική Οργάνωση των Ηνωμένων Εθνών – UNESCO - η εκπαίδευση για την κλιματική αλλαγή παρέχει στα άτομα τις απαραίτητες γνώσεις, δεξιότητες, αξίες και στάσεις για την κατανόηση και αντιμετώπιση της κλιματικής κρίσης. Η εκπαίδευση για την κλιματική αλλαγή αναγνωρίζεται από τον οργανισμό ως κεντρικός πυλώνας για τη βιώσιμη ανάπτυξη (UNESCO, 2023). Παρά την πληθώρα διαθέσιμων πληροφοριών σχετικά με την κλιματική αλλαγή, οι εκπαιδευτικοί αντιμετωπίζουν πολλές προκλήσεις όταν διδάσκουν αυτό το αντικείμενο ενώ δεν υπάρχει ευρεία συμφωνία σχετικά με το ποιες στρατηγικές είναι πιο αποτελεσματικές στην τυπική και μη τυπική εκπαίδευση. Παράλληλα υπάρχουν πολλές παρανοήσεις για τις αιτίες που προκαλούν την κλιματική αλλαγή. Δύο βασικά στοιχεία για την αποτελεσματική εκπαίδευση για την κλιματική αλλαγή είναι τα προγράμματα να επικεντρώνονται στην παρουσίαση πληροφοριών με τρόπο που να έχει προσωπική συνάφεια και ουσιαστικό νόημα για τους εκπαιδευόμενους καθώς επίσης και οι δραστηριότητες ή οι εκπαιδευτικές παρεμβάσεις να σχεδιάζονται με σκοπό την ενεργό εμπλοκή και συμμετοχή των εκπαιδευομένων (Monroe et al., 2017).

Η εκπαίδευση για την κλιματική αλλαγή βασίζεται μεταξύ άλλων και στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Αναπόσπαστο κομμάτι της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών αποτελεί το πείραμα. Η εμπλοκή των μαθητών σε πειράματα έχει γνωστικούς, συναισθηματικούς, κοινωνικούς και ψυχοκοινωνικούς στόχους (Κουμαράς & Πιερράτος 2025). Η χρήση όμως των κατάλληλων υλικών από τον εκπαιδευτικό για την υλοποίηση πειραμάτων «σκοντάφτει» σε διάφορες παραμέτρους, όπως: δεν υπάρχουν αντίστοιχα όργανα, δεν υπάρχουν κατάλληλοι χώροι (εργαστήρια), ενέχονται κίνδυνοι για τον δάσκαλο, κτλ. Εξαιτίας των παραπάνω λόγων, ολοένα και περισσότερο τα τελευταία χρόνια, τα πειράματα πραγματοποιούνται με υλικά από την καθημερινή ζωή, κατά κύριο λόγο στην

υποχρεωτική εκπαίδευση, όπου κυρίαρχος στόχος δεν είναι η ποσοτική επιβεβαίωση επιστημονικών νόμων, αλλά η καλλιέργεια επίγνωσης των φαινομένων και η σύνδεση της σχολικής γνώσης με τις εμπειρίες της καθημερινότητας. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα κατά τη χρήση καθημερινών υλικών είναι: η εστίαση της προσοχής των μαθητών στο φαινόμενο αυτό καθαυτό και όχι στη συσκευή ή την περίπλοκη διάταξη που χρησιμοποιείται για τη διεξαγωγή του πειράματος. Επίσης, οι μαθητές παρακολουθώντας στο εργαστήριο την έκβαση ενός πειράματος τείνουν να αποδίδουν το αποτέλεσμα αποκλειστικά στα χρησιμοποιούμενα ειδικά υλικά και όχι στη διαδικασία. Επιπρόσθετα, η χρήση καθημερινών υλικών συντελεί στην αφαίρεση ενός ποσοστού από το μυστήριο που περιβάλλει την επιστήμη, και κατ' επέκταση οδηγεί στην απομυθοποίηση του ρόλου των οργάνων και των συσκευών. Τέλος, σε πειράματα με υλικά καθημερινής χρήσης μπορούν να συμμετέχουν μαθητές με γλωσσικές δυσκολίες ή/και μειονότητες ή από χαμηλότερα οικονομικά και κοινωνικά στρώματα, όπως επίσης τα πειράματα με υλικά καθημερινής χρήσης δύναται να δοθούν στους μαθητές ως «εργασία για το σπίτι», διαφορετική από τις συνηθισμένες, τις οποίες μπορούν να εκτελέσουν όλοι οι μαθητές, ανεξαρτήτως υποβάθρου. Τέλος, η εκτέλεση πειραμάτων με υλικά καθημερινής χρήσης παρουσιάζει πλεονεκτήματα και για τους εκπαιδευτικούς γιατί: τα απαιτούμενα υλικά είναι γνωστά, «φιλικά», οικονομικά, αισθάνονται εξοικειωμένοι με αυτά, δεν απαιτείται ειδικός χώρος για την εκτέλεση των πειραμάτων και μπορούν κάλλιστα να υλοποιηθούν στην σχολική αίθουσα με μηδενικές ή ελάχιστες παρεμβάσεις (Κουμαράς & Πιερράτος 2025), (Porpe et al., 2010).

Κατά τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών πολύ συχνά χρησιμοποιούνται και ιστορικά στοιχεία από την ίδια την επιστήμη. Πλήθος ερευνών έχουν δείξει ότι η διδασκαλία η οποία στηρίζεται στην ιστορία, αλλά και τη φιλοσοφία των φυσικών επιστημών μπορεί να συμβάλει στην κατάκτηση της σύγχρονης επιστημονικής γνώσης από τους μαθητές, αλλά και να τους δώσει τη δυνατότητα να κατανοήσουν τη διαδικασία απόκτησής της μέσα από το εννοιολογικό της περιεχόμενο. Η εκπαιδευτική αξία της ιστορίας της επιστήμης στην εκπαιδευτική διαδικασία συμβάλλει στην εμβάθυνση της κατανόησης των μαθητών στη φύση της επιστήμης, διεγείρει το ενδιαφέρον των μαθητών και τους δίνει ένα επιπλέον κίνητρο να μελετήσουν την επιστήμη, εμπλουτίζει και «εξανθρωπίζει» το περιεχόμενο των φυσικών επιστημών, συμβάλλοντας στην αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών προς τα μαθήματα των φυσικών επιστημών. Παράλληλα ενισχύεται η διαθεματικότητα στην εκπαιδευτική διαδικασία, η οποία είναι ένα από τα ζητούμενα στα σύγχρονα αναλυτικά προγράμματα σπουδών όπως επίσης η ίδια η ιστορία των φυσικών επιστημών έχει αυτούσια αξία γιατί είναι μέρος του ανθρώπινου πολιτισμού και φέρει σημαντική πληροφορία (Ζαμπούτης, 2024), (Στεφανίδου, 2013).

Είναι κοινώς αποδεκτό με μια ματιά στην ιστορία των φυσικών επιστημών η μηδαμινή παρουσία των γυναικών. Οι αιτίες μπορεί να είναι είτε ότι οι γυναίκες δεν ασχολήθηκαν διαχρονικά με τις φυσικές επιστήμες για κοινωνικούς λόγους, είτε η ενασχόλησή τους αποσιωπήθηκε από τους ιστορικούς της επιστήμης και η συμβολή τους στην επιστήμη υποβιβάστηκε σε βοηθητικό ρόλο, είτε συνδυασμός των παραπάνω. (Τσουκιά, 2023) . Η υποεκπροσώπηση των γυναικών στις θετικές επιστήμες και την τεχνολογία καταγράφεται από επίσημους οργανισμούς παγκοσμίως (UNESCO, 2016), με αντίστοιχα μικρό ποσοστό και στην Ελλάδα. Οργανισμοί όπως τα Ηνωμένα Έθνη ενισχύουν τη συμμετοχή των γυναικών στις επιστήμες STEM με την καθιέρωση παγκόσμιων ημερών (United Nations, 2025), οι οποίες πλαισιώνονται με αντίστοιχες δράσεις παγκοσμίως για την ενίσχυση συμμετοχής των γυναικών στους τομείς των θετικών επιστημών. Παράλληλες δράσεις λαμβάνουν χώρα και στην

εκπαίδευση, με στόχο την εξαφάνιση των στερεοτύπων και την ενίσχυση των ρόλων - προτύπων (Πλατσίδου & Μεταλλίδου, 2003), παρουσιάζοντας γυναίκες επιστήμονες του παρελθόντος αλλά και του παρόντος, αμβλύνοντας την περιορισμένη εκπροσώπηση των γυναικών στις επιστήμες STEM, δίνοντας ώθηση στα νέα κορίτσια να εμβαθύνουν στο πεδίο των θετικών επιστημών και τέλος να απεμπλακεί η επιστήμη και οι λειτουργοί της από το φύλο, προωθώντας μια συμπεριληπτική τάξη.

Η δημιουργικότητα αναγνωρίζεται στις μέρες μας ως ζωτικής σημασίας για την κοινωνική και οικονομική καινοτομία, την ανάπτυξη καθώς επίσης και για την ατομική ευημερία. Για αυτό το λόγο, σε όλες τις ηπείρους, η δημιουργικότητα αποτελεί προτεραιότητα στην εκπαίδευση και είναι μια από τις τέσσερις δεξιότητες του 21^{ου} αιώνα, μαζί με την κριτική σκέψη, τη συνεργασία και την επικοινωνία που πρέπει να αποκτήσουν οι εκπαιδευόμενοι. Κάποιοι ερευνητές θεωρούν ότι η δημιουργικότητα είναι εγγενές χαρακτηριστικό κάποιων ατόμων, παρόλα αυτά όλοι πλέον θεωρούν ότι όλα τα άτομα μπορούν να αναπτύξουν ικανότητες για καθημερινή δημιουργικότητα και καινοτομία, η οποία περιλαμβάνει την αποκλίνουσα σκέψη, την ικανότητα παραγωγής νέων ιδεών ή την ανάπτυξη δεξιοτήτων για τη δημιουργική επίλυση προβλημάτων. Εκπαιδευτικοί και γονείς διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην καλλιέργεια των χαρακτηριστικών, όπως «δεκτικότητα σε νέες εμπειρίες», περιέργεια, προθυμία εξερεύνησης του αγνώστου, προσπάθεια και επιμονή, ικανότητα παραγωγής ερωτημάτων, ιδεών, κριτικού αναστοχασμού και σύνθεσης, συμμετοχή σε ομάδες για την ενίσχυση του δημιουργικού δυναμισμού, τα οποία μπορούν να αποδοθούν με τον όρο «ανοιχτή» μάθηση. Έτσι λοιπόν, δραστηριότητες και εκπαιδευτικές παρεμβάσεις που ενισχύουν τα παραπάνω χαρακτηριστικά, αποτελούν τις λεγόμενες ανοιχτές τάξεις, οι οποίες είναι μαθητοκεντρικές, με τον εκπαιδευτικό να έχει ενισχυτικό ρόλο, με τη δημιουργική διδασκαλία να ενθαρρύνει τη διερεύνηση, την ενεργό εμπλοκή των εκπαιδευομένων, να καλλιεργεί τη δημιουργικότητα των μαθητών δίνοντας τους τη δυνατότητα να παράγουν πρωτότυπα και υψηλής ποιότητας έργα (Collard & Looney, 2014).

Το σχολείο του σήμερα καλείται να διδάξει συγκεκριμένα γνωστικά αντικείμενα, αλλά με διαφορετική προσέγγιση από ότι στο παρελθόν. Η δημιουργικότητα αποτελεί έναν καίριο παράγοντα που πρέπει να καλλιεργεί η εκπαίδευση στις μέρες μας, ενώ στον αντίποδα η καλλιέργεια της ενεργού πολιτεότητας των μαθητών-αυριανών πολιτών αποτελεί μια νέα πρόκληση για τα εθνικά εκπαιδευτικά συστήματα. Στην έννοια πολιτεότητα περιλαμβάνεται και η προώθηση της επίγνωσης και του αισθήματος ευθύνης για τους άλλους σε έναν ολοένα πιο διασυνδεδεμένο και αλληλοεξαρτώμενο κόσμο, δίνοντας περισσότερο έμφαση στην ανθρωπιστική θεώρηση της εκπαίδευσης. Η πολιτική και το περιεχόμενο των προγραμμάτων σπουδών πρέπει να καθοδηγούνται από τις αρχές της κοινωνικής και οικονομικής δικαιοσύνης, της ισότητας και της περιβαλλοντικής δικαιοσύνης, οι οποίες αποτελούν πυλώνες της βιώσιμης ανάπτυξης (UNESCO, 2015).

Παράλληλα, στόχος όλων των εκπαιδευτικών συστημάτων είναι η καλλιέργεια δεξιοτήτων ξένων γλωσσών στους μαθητές, οι οποίες τον εξοικειώνουν με άλλες κουλτούρες, ευνοούν την ευρωπαϊκή και διεθνή επικοινωνία και αποτελούν εφόδια επαγγελματικής σταδιοδρομίας. Μια μέθοδος που χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο είναι αυτή της Ολοκληρωμένης Εκμάθησης Γλώσσας και Περιεχομένου, που συνήθως χρησιμοποιείται με το ακρωνύμιο CLIL, από τα αρχικά του όρου Content and Language Integrated Learning και περιλαμβάνει κάθε δραστηριότητα στην οποία μία ξένη γλώσσα χρησιμοποιείται ως εργαλείο στην εκμάθηση ενός μη γλωσσικού μαθήματος, στο οποίο η γλώσσα και το περιεχόμενο έχουν συνδυαστικό ρόλο (Coyle, 2007). Το μη γλωσσικό μάθημα – και πιο συγκεκριμένα οι φυσικές

επιστήμες – δεν διδάσκονται στην ξένη γλώσσα, αλλά με και μέσω της ξένης γλώσσας, το οποίο συνεπάγεται μια ενοποιημένη προσέγγιση κατά τη διδασκαλία. Πρόκειται δηλαδή για μια διευρυμένη προσέγγιση στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, συμπεριλαμβανομένου της επιστήμης του κλίματος, φεύγοντας από την αποκλειστική χρήση χημικών εξισώσεων και υπολογισμών. Επιπρόσθετα, οι φυσικές επιστήμες χρησιμοποιούν στο συμβολισμό τους αγγλικά σύμβολα και ορολογία, διαγράμματα και πίνακες, γεγονός που ενισχύει τον παγκόσμιο ρόλο της επιστήμης.

Τέλος, μια διδακτική προσέγγιση που κερδίζει διαρκώς περισσότερο έδαφος στη διδασκαλία παγκοσμίως είναι αυτή της παιχνιδοποίησης, η οποία περιλαμβάνει στοιχεία παιχνιδιού στη διδασκαλία. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα ερευνών οι μαθητές που εμπλέκονται με αυτή τη διδακτική μέθοδο έχουν σημαντικά υψηλότερα εσωτερικά κίνητρα για μάθηση συγκρινόμενα με την παραδοσιακή διδασκαλία. Πρόκειται για μια ευέλικτη μέθοδο, η οποία μπορεί να προσαρμοστεί σε πολλά μαθησιακά περιεχόμενα και να ενθαρρύνει την καλύτερη εμπλοκή των μαθητών στην τάξη (Goh Eng Hong & Masood, 2014). Στην αυξανόμενη αποστροφή των μαθητών προς τις φυσικές επιστήμες, η ενσωμάτωση της παιχνιδοποίησης στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, φαίνεται να ενισχύει το ενδιαφέρον και την εμπλοκή των μαθητών, αυξάνει τη συμμετοχή και την υπακοή των εκπαιδευομένων στους κανόνες, ενδυναμώνεται η συνεργασία και η επικοινωνία, προάγεται η ανάπτυξη γνωστικών και μεταγνωστικών δεξιοτήτων, όπως η επίλυση προβλημάτων και η αυτορρύθμιση της μάθησης (Kalogiannakis et al., 2021), (Hursen & Bas, 2019). Ειδικότερα, η διδασκαλία της κλιματικής αλλαγής, η οποία συνδυάζει πολύπλοκες επιστημονικές γνώσεις και περιβαλλοντικές προκλήσεις όταν πραγματοποιείται με παιγνιώδη τρόπο, καθιστά τη μάθηση για την κλιματική αλλαγή πιο προσιτή, ευχάριστη και ουσιαστική. Οι συμμετέχοντες ξεκλειδώνοντας επιτεύγματα, συνεργαζόμενοι και ανταγωνιζόμενοι με συνομηλίκους, έχουν κίνητρο να κατανοήσουν έννοιες που σχετίζονται με το κλίμα και να υιοθετήσουν βιώσιμες συμπεριφορές και στάσεις (Gargiulo et al., 2025).

Περιγραφή εργασίας

Η ανάγκη ενημέρωσης και ενεργοποίησης των μαθητών για την κλιματική αλλαγή, η εκπαίδευση τους για την ανάληψη ευθύνης σε θέματα περιβάλλοντος, και πιο συγκεκριμένα σχετικά με την κλιματική κρίση, οδήγησε στη δημιουργία της παρούσας διδακτικής πρότασης. Στόχος της είναι οι μαθητές να πειραματιστούν, να εργαστούν σε ομάδες, να διερευνήσουν τα αποτελέσματα των πειραμάτων τους και να καταλήξουν σε συμπεράσματα, ακολουθώντας τα βήματα της επιστημονικής μεθόδου. Η διεξαγωγή των πειραμάτων γίνεται με απλά υλικά καθημερινής χρήσης και με παιγνιώδη τρόπο, ώστε να εμπλακούν περισσότερο οι μαθητές. Παράλληλα, η πειραματική διαδικασία ακολουθεί μια διαφορετική προσέγγιση, στην οποία εισάγονται στοιχεία από την ιστορία της επιστήμης, μιας και τις οδηγίες εκτέλεσης των πειραμάτων δίνει ένα ιστορικό πρόσωπο, και μάλιστα γυναίκα, άγνωστη εν πολλοίς, η οποία ασχολήθηκε στην εποχή της με τη διεξαγωγή αντίστοιχων πειραμάτων. Οι μαθητές, με τις οδηγίες της επιστήμονα, διεξάγουν απλά πειράματα, καταλήγουν σε συμπεράσματα, λύνουν ένα χημικό αίνιγμα και μέσω αυτής της διαδικασίας μαθαίνουν στοιχεία όσον αφορά τις φυσικές επιστήμες, αλλά και ιστορικά στοιχεία για την “Ξεχασμένη Επιστήμονα” και την εποχή της μέσω ενός παιχνιδιού. Η επιλογή της “Ξεχασμένης Επιστήμονα” έγινε αφενός για να κινητοποιηθεί το ενδιαφέρον των μαθητών, γνωρίζοντας πόσο σπουδαίο ρόλο παίζει η χρήση ιστορικών προσώπων στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, και αφετέρου για να διδαχθούν οι μαθητές ότι η επιστήμη είναι συνεχώς εξελισσόμενη και στενά συνδεδεμένη με

πολιτισμικά και κοινωνικά γεγονότα. Πρόκειται δηλαδή για μια διαθεματική προσέγγιση της επιστήμης, στην οποία οι μαθητές μπορούν να αναπτύξουν τη δημιουργικότητά τους, να σκεφτούν διαφορετικά, να διασκεδάσουν εκτελώντας τα πειράματα και εν τέλει να αναπτύξουν θετική στάση απέναντι στην επιστήμη.

Για την πραγματοποίηση της διδακτικής πρότασης απαιτούνται επτά κύβοι, που αντιστοιχούν σε επτά πειράματα, ένα κύβος για κάθε πείραμα. Στον εκπαιδευτικό παρέχεται βοηθητικό υλικό στο οποίο υπάρχουν αναλυτικά: α) τα υλικά για κάθε πείραμα, β) η διαδικασία, γ) τι παρατηρούμε μετά την εκτέλεση των πειραμάτων, δ) μία σύντομη εξήγηση και ε) παρατηρήσεις για κάθε πείραμα (Εικόνα 1).

5. ΣΤΗΝΕΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΑ ΤΗ ΦΟΙΤΑ

ΥΛΙΚΑ

1 μεγάλο μπουκάλι με καπάκι, χυμό, κουτάλι, ζύδι, σόδα, κάρβουνο, αναπτήρας.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Σε ένα μπουκάλι τοποθετούμε ποσότητα σόδας (2-3 κουταλάκι) και προσθέτουμε ζύδι (250ml). Κλείδω το καπάκι ώστε να συσσωρευτούν το αέριο που παράγεται. Στη συνέχεια ρίξε προσεκτικά το αέριο σε αναμμένο κάρβουνο.



ΤΙ ΠΑΡΑΤΗΡΟΥΜΕ

Παρατηρούμε τη φλόγα να σβήνει.

ΕΞΗΓΗΣΗ

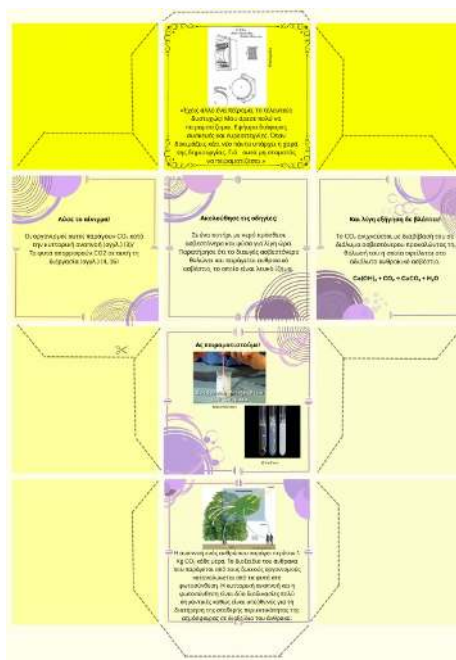
Το αέριο που παράγεται επειδή είναι άφλεκτο χρησιμοποιείται από πίεση σε αναμμένο κάρβουνο που είναι σχεδιασμένο για καύση πυρκαγιών. Σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας η πυκνότητα του είναι 1,98 kg/m³, είναι δηλ. 1,5 φορές πυκνότερο από αέρα.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

A) Μπορείτε να επαναλάβετε το πείραμα όσες φορές θέλετε συνεχίζοντας να προσθέτετε ζύδι και σόδα.

Εικόνα 1: Περιγραφή των πειραμάτων-Υλικό για τον εκπαιδευτικό

Με βάση τις παρεχόμενες οδηγίες, τα πειράματα μπορούν να πραγματοποιηθούν από εκπαιδευτικούς όλων των ειδικοτήτων STEM. Παράλληλα, παρέχεται σε ηλεκτρονική/έντυπη μορφή και το ανάπτυγμα που αντιστοιχεί στον κάθε κύβο (Εικόνα 2). Ο εκπαιδευτικός που θα πραγματοποιήσει τη δραστηριότητα, καλείται να κατασκευάσει τους κύβους (να κόψει το χαρτί και να το κολλήσει ώστε να δημιουργήσει τους κύβους – προτείνεται να εκτυπωθεί σε φύλλο A3), ή να αναθέσει στους μαθητές του να το κάνουν. Επιπλέον, παρέχεται στους μαθητές ένα έντυπο με την ακροστιχίδα που καλούνται να συμπληρώσουν, ώστε να ολοκληρωθεί η εκπαιδευτική δραστηριότητα και να τελειώσει το παιχνίδι.



Εικόνα 2: Ανάπτυγμα κύβου

Στη συνέχεια οι μαθητές εκτελούν τα πειράματα διαδοχικά, ώστε να λύσουν το γρίφο. Κάθε κύβος αντιστοιχεί σε ένα πείραμα, μέσω του οποίου οι μαθητές καλούνται να βγάλουν ένα συμπέρασμα. Η κάθε έδρα του κύβου αντιστοιχεί σε ένα βήμα. Η “Ξεχασμένη Επιστήμονας” είναι αυτή που καθοδηγεί τους μαθητές σε όλη τη διαδικασία. Στο πρώτο βήμα - έδρα του κύβου η “Ξεχασμένη Επιστήμονας” δίνει κάποια συνοπτικά στοιχεία για την ίδια ή και για το πείραμα που πρόκειται να ακολουθήσει. Στο δεύτερο βήμα (οι μαθητές περιστρέφουν αντίστοιχα τον κύβο) υπάρχουν οι οδηγίες για την εκτέλεση του πειράματος. Στο τρίτο βήμα υπάρχει μια επεξηγηματική εικόνα που καθοδηγεί τους μαθητές για την εκτέλεση των πειραμάτων. Στο τέταρτο και πέμπτο βήμα υπάρχει επεξήγηση των πειραματικών αποτελεσμάτων, εφαρμογές και συνέπειες αυτών. Στο έκτο βήμα, με βάση τα όσα υλοποιήθηκαν στα προηγούμενα βήματα, οι μαθητές καλούνται να λύσουν ένα αίνιγμα, να βρουν τις αντίστοιχες λέξεις, να κάνουν τη μετάφραση στα αγγλικά και να συμπληρώσουν την ακροστιχίδα, συνθέτοντας το όνομα της επιστήμονας, αυτής που τους καθοδηγούσε καθ’ όλη τη διάρκεια των πειραμάτων (Εικόνα 3).



Εικόνα 3: Διάφορες έδρες των επτά κύβων

Πρωταγωνιστές των πειραμάτων είναι το διοξείδιο του άνθρακα και η Eunice Newton Foote, η ερευνήτρια που πειραματίστηκε με τα αέρια της ατμόσφαιρας και συμπέρανε πως αύξηση της ποσότητας του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα θα οδηγούσε σε αύξηση της θερμοκρασίας. Το αέριο αυτό δηλαδή που γνωρίζουμε σήμερα ότι ευθύνεται για την άνοδο της θερμοκρασίας στον πλανήτη μας και την κλιματική αλλαγή. Το κάθε πείραμα αντιστοιχεί σε ένα χαρακτηριστικό του διοξειδίου του άνθρακα. Πιο συγκεκριμένα, το πείραμα 1 με τίτλο “Φουσκώνει μπαλόνια” διερευνά την παραγωγή CO_2 από την χημική αντίδραση ενός οξέος με ένα ανθρακικό άλας ή από την ανάπτυξη του ζυμομύκητα που υπάρχει στη μαγιά. Το δεύτερο πείραμα με τίτλο “Ξινίζει νερά” διερευνά την οξίνιση του νερού όταν σε αυτό διαλύεται CO_2 . Το επόμενο πείραμα “Αφρίζει τ’ αυγά” μελετά την επίδραση των οξέων στα ανθρακικά άλατα, το οποίο παρομοιάζει την διάσπαση των κελυφών των υδρόβιων οργανισμών σε διάφορες περιβαλλοντικές καταστάσεις που οφείλονται στην περίσσεια του CO_2 . Στο πείραμα “Αλλάζει το χρώμα” η παραγωγή CO_2 επηρεάζει το pH, η μεταβολή του οποίου μπορεί να ανιχνευθεί από τους δείκτες, π.χ. το μπλε της βρωμοθυμόλης, οι οποίοι αλλάζουν χρώμα ανάλογα με την οξύτητα του διαλύματος στο οποίο είναι διαλυμένοι. Το πείραμα 5 “Σβήνει αποτελεσματικά τη φωτιά” εξετάζει την πυκνότητα του CO_2 , η οποία είναι μεγαλύτερη από αυτή του αέρα, και χρησιμοποιείται για την κατάσβεση πυρκαγιών. Στο επόμενο πείραμα με τίτλο “Μήπως μας υπερθερμαίνει τελικά;” διερευνάται η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα παρουσία αυξημένης ποσότητας CO_2 . Τέλος, στο πείραμα “Για να θολώσει τα νερά” γίνεται μελέτη της παρουσίας του CO_2 σε διάλυμα ασβεστόνευρου, το οποίο σταδιακά θολώνει, επειδή σχηματίζεται ίζημα ανθρακικού ασβεστίου. Τα υλικά που απαιτούνται για κάθε πείραμα, είναι απλά υλικά καθημερινής χρήσης, με πολύ χαμηλό κόστος και ακίνδυνα για τους μαθητές (Εικόνα 4).



Εικόνα 4: Υλικά για την υλοποίηση των δύο από τα επτά πειράματα

Από κάθε πείραμα οι μαθητές καλούνται να λύσουν ένα αίνιγμα, να σκεφτούν δημιουργικά, να συμπληρώσουν την ακροστιχίδα, η οποία δημιουργεί το όνομα της “Ξεχασμένης Επιστήμονα”, της Eunice Newton Foote. Έτσι, μέσα από τη διερεύνηση και το πείραμα, την ιστορία της επιστήμης, το παιχνίδι και το χημικό αίνιγμα, οι εκπαιδευόμενοι “μπαίνουν στο κλίμα”, δηλαδή μυούνται στην επιστήμη του κλίματος και στο φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής και καλούνται να αναλάβουν δράση ως αυριανοί ενεργοί πολίτες. Η δραστηριότητα ολοκληρώνεται με το άκουσμα του τραγουδιού «Μπες στο κλίμα» της WWF Hellas που ερμηνεύουν γνωστοί καλλιτέχνες, στα πλαίσια ευαισθητοποίησης του κοινού για την υπερθέρμανση του πλανήτη. Ένας τρόπος σύνδεσης της τέχνης της μουσικής με την επιστήμη, ακόμα και

την επιστήμη του κλίματος, όπου οι μαθητές φεύγοντας σιγοψιθυρίζουν τους στίχους του τραγουδιού, αλλά πλέον είναι ενημερωμένοι για τη βασικότερη αιτία που προκάλεσε και συνεχίζει να προκαλεί την κλιματική κρίση, που δεν είναι άλλο από το CO₂.

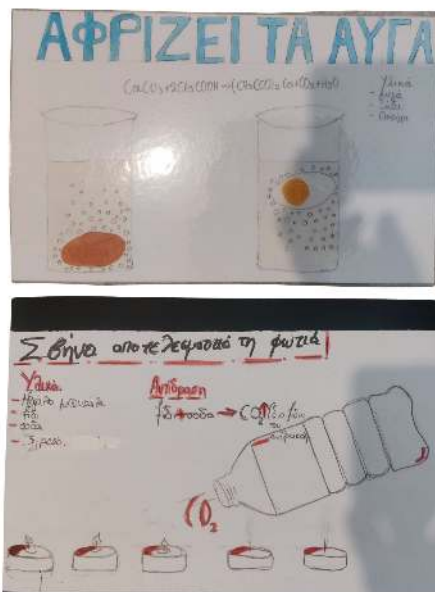
Τα πειράματα της διδακτικής πρότασης έχουν πραγματοποιηθεί στο παρελθόν από μαθητές στο πλαίσιο της Ημερίδας Φυσικών Επιστημών “Φυσικές Επιστήμες εν δράσει” που διοργανώθηκε από τα Αρσάκεια Σχολεία Ιωαννίνων τον Φεβρουάριο του 2024 (Εικόνα 5), σε δραστηριότητες προγραμμάτων Erasmus+ και στην σχολική τάξη στο μάθημα της Χημείας σε μαθητές γυμνασίου και λυκείου, με ένθερμη ανταπόκριση από τους συμμετέχοντες. Η ανταπόκριση των μαθητών σε όλα τα στάδια ήταν ένθερμη, οι οποίοι με ενθουσιασμό προετοιμάζαν και εκτελούσαν τα πειράματα.

Στο πλαίσιο της δημιουργικότητας και ανάλογα με τον διαθέσιμο χρόνο, οι μαθητές μπορούν να δημιουργήσουν κάρτες με τα πειράματα που πρόκειται να υλοποιήσουν ή υλοποίησαν. Αυτές οι κάρτες δύναται να ανατεθούν ως εργασία για το σπίτι ή ως ανακεφαλαίωση, να γίνει ατομικά ή ομαδικά από τους μαθητές. Μπορεί να αποτελέσει προαιρετική δραστηριότητα, στην οποία ο εκπαιδευτικός παρέχει τις οδηγίες για την εκτέλεση των πειραμάτων στους μαθητές σε προηγούμενο μάθημα και τους αναθέτει να



Εικόνα 5: Συμμετοχή και πειράματα στην Ημερίδα Φυσικών Επιστημών

σχεδιάσουν–ζωγραφίσουν σε κάρτες την πειραματική διαδικασία που πρόκειται να ακολουθήσουν. Έτσι, οι κάρτες αυτές θα αποτελέσουν οδηγό για την εκτέλεση των πειραμάτων, όπως και συνέβη στην Ημερίδα Φυσικών Επιστημών το 2024 (Εικόνα 6). Εναλλακτικά, η δημιουργία των καρτών μπορεί να υλοποιηθεί ως ανακεφαλαίωση - αξιολόγηση της εκπαιδευτικής δραστηριότητας, όπου οι μαθητές εργαζόμενοι σε ομάδες, είτε ως εργασία για το σπίτι, είτε στο σχολείο, σχεδιάζουν μια σύντομη περιγραφή των πειραμάτων που υλοποίησαν.



Εικόνα 6:Κάρτες που σχεδίασαν οι μαθητές για δύο από τα επτά πειράματα

Η παρούσα εκπαιδευτική δραστηριότητα απευθύνεται σε μαθητές λυκείου ή μαθητές Γ' Γυμνασίου, οι οποίοι είναι εξοικειωμένοι με τις χημικές αντιδράσεις. Μπορεί να υλοποιηθεί στο μάθημα της Χημείας, μπορεί όμως να συμπεριληφθεί και στα άλλα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών, στο πλαίσιο της διαθεματικότητας του Προγράμματος Σπουδών. Επιπλέον, μπορεί να εφαρμοστεί και σε μαθητές μικρότερων τάξεων γυμνασίου ή και δημοτικού, με παράλειψη των χημικών εξισώσεων και με περισσότερο υποστηρικτικό το ρόλο του εκπαιδευτικού, δίνοντας ίσως εκεί περισσότερη έμφαση στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα του κάθε πειράματος ή να υλοποιηθεί σαν ένα αυτόνομο εκπαιδευτικό επιστημονικό workshop-εργαστήριο. Η χρονική διάρκεια κυμαίνεται σε 1-2 διδακτικές ώρες, ανάλογα με την ηλικία των μαθητών.

Συμπερασματικά, η παρούσα εργασία αφορά μια πειραματική πρόταση διδασκαλίας η οποία συνδυάζει πειράματα με απλά υλικά, στοιχεία ιστορίας της επιστήμης και δημιουργικότητας δίνοντας έμφαση στην πρακτική εφαρμογή τους και την ενεργό συμμετοχή των μαθητών. Πρόκειται για μια εύκολη στη διάταξη και στη χρήση πειραματική διαδικασία, στην οποία οι συμμετέχοντες μαθαίνουν με παιγνιώδη και διερευνητικό τρόπο, συνεργάζονται και επικοινωνούν μεταξύ τους με απώτερο στόχο την ανάληψη δράσης για το κλίμα ως αυριανοί πολίτες, αποκτώντας παράλληλα θετική στάση απέναντι στην επιστήμη.

Οδηγίες – υποστηρικτικό υλικό για τους εκπαιδευτικούς

1. Φουσκώνει μπαλόνια

Υλικά

2 διάφανα πλαστικά μπουκάλια, 2 μπαλόνια (μεγάλα κατά προτίμηση), 1 χωνί, 1 κουτάλι, ξύδι, σόδα, μαγιά, ζάχαρη αλάτι, χλιαρό νερό

Διαδικασία

Μπουκάλι Νο 1: Προσθέτουμε στο μπουκάλι μια ποσότητα ξυδιού (περίπου 200ml) και με τη βοήθεια του χωνιού βάζουμε στο μπουκάλι 2-3 κουταλιές σόδα. Εφαρμόζουμε το μπαλόνι στο μπουκάλι προσεκτικά και αναποδογυρίζουμε το μπαλόνι ώστε να πέσει όλη η ποσότητα σόδας στο μπουκάλι.

Μπουκάλι Νο2: Προσθέτουμε στο μπουκάλι 1-2 φακελάκια μαγιάς, λίγη ζάχαρη (1 κουταλιά), και 100ml χλιαρό νερό. Προσαρμόζουμε το μπαλόνι στο μπουκάλι.



Τι παρατηρούμε

Στο μπουκάλι Νο1 παρατηρείται η έκλυση φυσαλίδων μόλις η σόδα έρθει σε επαφή με το ξύδι. Το αέριο που παράγεται κάνει το μπαλόνι να φουσκώνει.

Στο μπουκάλι Νο2 μετά από 10-15 λεπτά παρατηρείται η παραγωγή φυσαλίδων και το μπαλόνι φουσκώνει.

Εξήγηση

Μπουκάλι Νο 1: Το οξύ περιέχει οξικό οξύ ενώ η σόδα όξινο ανθρακικό νάτριο, μόλις τα δύο αυτά υλικά έρθουν σε επαφή αντιδρούν ακαριαία σύμφωνα με τη χημική εξίσωση: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$.

Το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται μεταξύ των άλλων προϊόντων της χημικής αντίδρασης είναι αέριο και είναι άοσμο, άχρωμο και άγευστο.

Μπουκάλι Νο 2: Η μαγιά αποτελείται από το ζυμομύκητα *Saccharomyces cerevisiae* ο οποίος χρησιμοποιείται κατά την παρασκευή ψωμιού, κρασιού και μπύρας. Μόλις ο μύκητας βρεθεί σε ευνοϊκές συνθήκες αρχίζει να πολλαπλασιάζεται και μέσω της κυτταρικής αναπνοής παράγει ένα αέριο, το διοξείδιο του άνθρακα.

Παρατηρήσεις

Α) Κάποια μπαλόνια αποτελούνται από σκληρό πλαστικό. Για να διευκολυνθεί το φούσκωμα του μπαλονιού, μπορείτε να φουσκώσετε τα μπαλόνια 2-3 φορές αφήνοντάς τα να ξεφουσκώσουν ώστε να μαλακώσουν.

Β) Αν το πείραμα πραγματοποιηθεί σε ζεστό χώρο ή τους καλοκαιρινούς μήνες, τότε το νερό δεν είναι απαραίτητο να είναι χλιαρό, αφήστε απλά το νερό να έρθει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

2. Ξινίζει νερά

Υλικά

1 διάφανο ποτήρι, 1 καλαμάκι, νερό βρύσης, ψηφιακό πεχάμετρο, πεχαμετρικά χαρτιά στενής περιοχής.

Διαδικασία

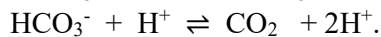
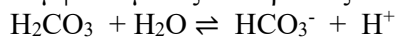
Σε ένα διάφανο ποτήρι προσθέτουμε νερό βρύσης και μετράμε το pH με το πεχάμετρο και το πεχαμετρικό χαρτί. Έπειτα φυσάμε με το καλάμάκι στο νερό. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα μετράμε το pH του νερού και συγκρίνουμε τις τιμές που παίρνουμε.

Τι παρατηρούμε

Κατά τη διαδικασία του πειράματος παρατηρούμε την τιμή του pH να μειώνεται.

Εξήγηση

Κατά την εκπνοή ο αέρας που εξέρχεται από τον ανθρώπινο οργανισμό περιέχει διοξείδιο του άνθρακα. Το αέριο του διοξειδίου του άνθρακα διαλύεται στο νερό σύμφωνα με τις αντιδράσεις: $\text{CO}_{2(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$



Η παραγωγή των H^+ εξηγεί την μείωση του pH. Έτσι το νερό γίνεται περισσότερο όξινο. Η διαλυτότητα του CO_2 εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η πίεση και η θερμοκρασία.

Παρατηρήσεις

Α) Επειδή η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα εξαρτάται από την ένταση με την οποία φυσά κάποιος ο χρόνος του πειράματος και η τιμή του pH μπορεί να διαφέρει από πείραμα σε πείραμα.

3. Αφρίζει τ' αυγά

Υλικά

2 διάφανα πλαστικά ποτήρια, 2 ωμά αυγά, ξύδι.

Διαδικασία

Σε ένα ποτήρι τοποθετούμε το ωμό αυγό και προσθέτουμε ξύδι μέχρι να καλυφθεί το αυγό.

Έχουμε επαναλάβει τη διαδικασία από την προηγούμενη μέρα, ώστε να συγκρίνουμε τα αυγά από τα δύο πειράματα.



Τι παρατηρούμε

Λίγα λεπτά μετά την επαφή του αυγού με τα ξύδι σχηματίζονται φυσαλίδες στην επιφάνεια των αυγών. Κατά την εξέλιξη του πειράματος το κέλυφος αρχίζει και διαλύεται ενώ ένα ίζημα θα εμφανιστεί στον πυθμένα του ποτηριού. Τελικά το κέλυφος του αυγού θα εξαφανιστεί και θα διακρίνεται ο κρόκος του.

Εξήγηση

Τα οξέα περιέχουν οξικό οξύ ενώ το κέλυφος του αυγού αποτελείται από ανθρακικό άλας. Όταν τα δύο υλικά έρχονται σε επαφή πραγματοποιείται η χημική αντίδραση σύμφωνα με τη χημική εξίσωση: $2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CaCO}_3 \rightarrow (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$

Έτσι το ξύδι καταστρέφει το ανθρακικό ασβέστιο από το οποίο είναι φτιαγμένο το κέλυφος των αυγών.

Παρατηρήσεις

Α) Η ταχύτητα της αντίδρασης εξαρτάται από το οξύ που θα χρησιμοποιηθεί εξαιτίας της διαφορετικής περιεκτικότητας σε οξικό οξύ.

Β) Για να επιταχύνουμε τη διαδικασία της διάλυσης του κελύφους μπορούμε να αλλάζουμε συχνά το ξύδι στο ποτήρι .

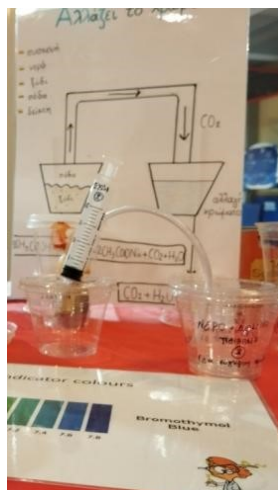
4. Αλλάζει το χρώμα

Υλικά

2 διάφανα πλαστικά ποτήρια, 2 διάφανα πλαστικά καπάκια που να εφαρμόζουν στα ποτήρια, 1 πλαστικό σωληνάκι, 1 σύριγγα (20ml), 1 κουτάλι, 1 μικρό κομμάτι πλαστελίνη, ξύδι, σόδα, νερό βρύσης, δείκτη μπλε της βρωμοθυμόλης.

Διαδικασία

Για την εκτέλεση αυτού του πειράματος θα πρέπει να κατασκευάσουμε μια διάταξη που αποτελείται από τα δύο πλαστικά ποτήρια πάνω στα οποία προσαρμόζονται τα καπάκια τους στα οποία αφού κάνουμε από μια οπή στερεώνουμε το πλαστικό σωληνάκι. Στο ένα καπάκι από τα δύο κάνουμε μια δεύτερη οπή ώστε να μπορεί να προσαρμοστεί η σύριγγα. Στο ποτήρι που προσαρμόζεται η σύριγγα προσθέτουμε 2-3 κουταλιές σόδας. Στο άλλο ποτήρι έχουμε προσθέσει μια μικρή ποσότητα νερού βρύσης με 2-3 σταγόνες δείκτη μπλε της βρωμοθυμόλης. Στη συνέχεια γεμίζουμε τη σύριγγα με ξύδι και προσθέτουμε την ποσότητα σιγά σιγά στο ποτήρι που έχει τη σόδα.



Τι παρατηρούμε

Κατά την προσθήκη του ξυδιού στη σόδα παράγεται το αέριο του CO_2 το οποίο διοχετεύεται με το πλαστικό σωληνάκι στο δεύτερο ποτήρι που περιέχει το νερό με το

δείκτη. Οι φυσαλίδες είναι εμφανείς στο δοχείο με το νερό. Το χρώμα του νερού από μπλε μετατρέπεται σταδιακά σε πράσινο και έπειτα σε κίτρινο.

Εξήγηση

Το οξύ περιέχει οξικό οξύ ενώ η σόδα όξινο ανθρακικό νάτριο, μόλις τα δύο αυτά υλικά έρθουν σε επαφή αντιδρούν ακαριαία σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:

$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, από την οποία παράγεται το αέριο διοξείδιο του άνθρακα. Αυτό με τη σειρά του διαλύεται στο δοχείο με το νερό σύμφωνα με τις εξισώσεις: $\text{CO}_{2(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$

$\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$

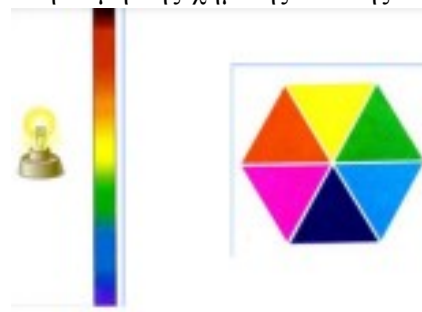
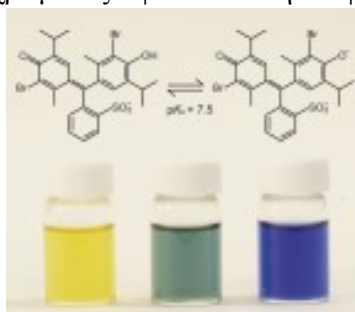
$\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Η παραγωγή των H^+ μείωση του pH. Έτσι το γίνεται περισσότερο δείκτης ανάλογα με το οποίο βρίσκεται αλλάζει σύμφωνα με τον οδηγό:



2H^+ .
εξηγεί την
νερό
όξινο. Ο
pH στο
χρώμα
παρακάτω

Η αλλαγή του χρώματος οφείλεται στη διαφορετική δομή της χημικής ένωσης του μπλε της βρωμοθυμόλης.



Το ορατό φως αποτελεί τμήμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Καλύπτει ένα εύρος μηκών κύματος που "μεταφράζονται" από το μάτι στα χρώματα του ορατού φάσματος (δηλαδή στα χρώματα του ουράνιου τόξου). Όταν ο δείκτης είναι μπλε αυτό σημαίνει ότι έχουν απορροφηθεί όλα τα χρώματα του ουράνιου τόξου εκτός από το μπλε, το οποίο φτάνει στο μάτι μας, και αντίστοιχα στα άλλα χρώματα.

Παρατηρήσεις

A) Κατά τη εκτέλεση του πειράματος πρέπει να εφαρμόζουν καλά τα καπάκια και όλα τα εξαρτήματα της διάταξης ώστε να μην υπάρχουν απώλειες του αερίου που παράγεται.

B) Η προσθήκη του ξυδιού πρέπει να γίνεται σιγά σιγά, ώστε να διοχετεύεται στο δεύτερο ποτήρι το αέριο και να μη παρασύρεται ποσότητα ξυδιού από το πρώτο ποτήρι στο δεύτερο. Κάτι τέτοιο θα δώσει λανθασμένα συμπεράσματα για το πείραμα, μιας και η αλλαγή στο χρώμα του δείκτη θα οφείλεται στο ξύδι και όχι στο CO_2 .

Γ) Σε περίπτωση που πρέπει να απομακρυνθεί η σύριγγα από την οπή προτείνεται να τοποθετείται ένα μικρό κομμάτι πλαστελίνης ώστε να μην υπάρχουν απώλειες στο παραγόμενο αέριο.

Δ) Το πλαστικό σωληνάκι που διοχετεύει το CO_2 στο δεύτερο ποτήρι πρέπει να είναι μέσα στο νερό ώστε να διαλύεται το αέριο στο νερό πιο αποτελεσματικά.

5. Σβήνει αποτελεσματικά τη φωτιά

Υλικά

1 μεγάλο μπουκάλι με καπάκι, χωνί, κουτάλι, ξύδι, σόδα, κεράκια, αναπτήρας.

Διαδικασία

Σε ένα μπουκάλι τοποθέτησε ποσότητα σόδας (2-3 κουταλιές) και προσθέσε ξύδι (200ml). Κλείσε το καπάκι ώστε να συγκεντρώσεις το αέριο που παράγεται. Στη συνέχεια ρίξε προσεκτικά το αέριο σε αναμμένα κεράκια.

Τι παρατηρούμε

Παρατηρούμε τη φλόγα να σβήνει.



Εξήγηση

Το αέριο που παράγεται επειδή είναι άφλεκτο χρησιμοποιείται υπό πίεση σε ορισμένους πυροσβεστήρες που είναι σχεδιασμένοι για κατάσβεση πυρκαγιών. Σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας η πυκνότητα του είναι $1,98 \text{ kg/m}^3$, είναι δηλ. 1,5 φορά πυκνότερο του αέρα.

Παρατηρήσεις

A) Μπορείς να επαναλάβεις το πείραμα όσες φορές θέλεις συνεχίζοντας να προσθέτεις ξύδι και σόδα.

6. Μήπως μας υπερθερμαίνει τελικά;

Υλικά

2 γυάλινες κωνικές φιάλες, 2 πλαστικά πώματα με οπές, 2 θερμόμετρα, 2 φωτιστικά με λάμπες πυρακτώσεως, 1 ποτήρι με καπάκι, 1 σύριγγα, 1 πλαστικό σωληνάκι, ξύδι, σόδα.

Διαδικασία

Αρχικά φτιάχνουμε τη διάταξη για την παραγωγή του διοξειδίου του άνθρακα, η οποία αποτελείται από το πλαστικό ποτήρι στο οποίο έχουμε προσθέσει 2-3 κουταλιές

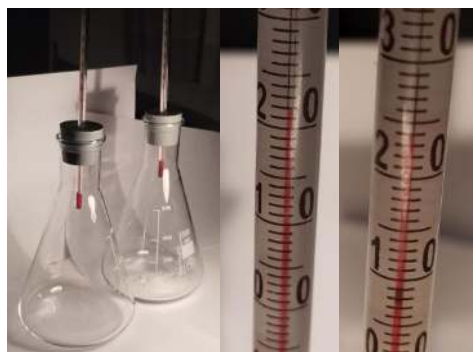
σόδας, κλεισμένο με το καπάκι στο οποίο έχει προσαρμοστεί η σύριγγα και το πλαστικό σωληνάκι, αφού έχουν γίνει οι κατάλληλες οπές. Τοποθετούμε στις δύο κωνικές φιάλες τα πώματα προσαρμόζοντας τα θερμόμετρα σε κάθε ένα από αυτά. Στην μια από αυτές διοχετεύουμε το διοξείδιο του άνθρακα που παραλαμβάνουμε από την πρώτη διάταξη προσθέτοντας με τη σύριγγα ξύδι και τοποθετούμε το σωληνάκι στη φιάλη. Μετά από 5 λεπτά περίπου αφαιρούμε το σωληνάκι και προσαρμόζουμε το πώμα με το θερμόμετρο. Ανοίγουμε τις λάμπες και καταγράφουμε τις θερμοκρασίες στις δύο φιάλες.

Τι παρατηρούμε

Το θερμόμετρο το οποίο προσαρμόζεται στη φιάλη που περιέχει το διοξείδιο του άνθρακα καταγράφει μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας.

Εξήγηση

Το μόριο του διοξειδίου του άνθρακα απορροφά την υπέρυθη ακτινοβολία και την αποβάλλει επανεκπέμποντάς την.



Παρατηρήσεις

Α) Αντί των κωνικών φιαλών μπορούν να χρησιμοποιηθούν οποιεσδήποτε γυάλινες φιάλες ή γυάλες, αρκεί να μπορεί να προσαρμοστεί πώμα με υποδοχές για το θερμόμετρο.

7. Για να θολώσει τα νερά

Υλικά

2 διάφανα ποτήρια, 1 καλαμάκι, 1 καπάκι, ασβεστόνερο

Διαδικασία

Γεμίζουμε δύο διάφανα ποτήρια με ασβεστόνερο. Στο ένα από αυτά φυσάμε με το καλαμάκι αέρα. Το άλλο ποτήρι με το ασβεστόνερο το αφήνουμε κλεισμένο με το καπάκι χωρίς να παρέμβουμε.

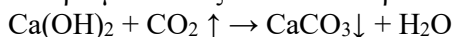


Τι παρατηρούμε

Το διαυγές ασβεστόνερο θολώνει και παράγεται ανθρακικό ασβέστιο, το οποίο είναι λευκό ίζημα.

Εξήγηση

Το CO₂ ανιχνεύεται με διαβίβασή του σε διάλυμα ασβεστόνερου προκαλώντας τη θόλωσή του η οποία οφείλεται στο αδιάλυτο ανθρακικό ασβέστιο. Το ασβεστόνερο αντιδρά με το διοξείδιο του άνθρακα σύμφωνα με την παρακάτω χημική εξίσωση:



Η αναπνοή ενός ανθρώπου παράγει περίπου 1 Kg CO₂ κάθε μέρα κατά τη διαδικασία της κυτταρικής αναπνοής.

Παρατηρήσεις

Α) Είναι σημαντικό το δεύτερο ποτήρι στο οποίο δεν παρεμβαίνουμε καθόλου να είναι κλεισμένο με το καπάκι γιατί το διοξείδιο του άνθρακα που υπάρχει στην ατμόσφαιρα θα αντιδράσει επιφανειακά με το ασβεστόνερο και θα δημιουργηθεί μια κρούστα η οποία μπορεί να μας δώσει λάθος συμπεράσματα στο πείραμα.

Β) Θέλουμε το δεύτερο ποτήρι με το διαυγές ασβεστόνερο ώστε να λειτουργήσει σαν μέτρο σύγκρισης για την αλλαγή στη διαύγεια του διαλύματος.

Γ) Για να παρασκευαστεί το διαυγές ασβεστόνερο θα χρειαστεί να διαλυθεί μια ποσότητα ασβέστη σε ένα μπουκάλι με νερό. Μετά από λίγες ώρες φιλτράρουμε το διάλυμα σε ένα άλλο δοχείο. Το διαυγές διάλυμα που θα προκύψει είναι το ασβεστόνερο που θα χρειαστεί για το πείραμα.

Υποστηρικτικό υλικό

[Κύβοι για τα πειράματα](#) – Προτείνεται να τυπωθεί σε κόλλα Α3.

[Ακροστιχίδα](#)

Βιβλιογραφία

- American Chemical Society. *What Is Climate Science*.
<https://www.acs.org/climate-science/what-is-climate-science.html>
- Collard, P., & Looney, J. (2014). Nurturing creativity in education. *European Journal of Education*, 49(3), 348–364. <https://doi.org/10.1111/ejed.12090>
- Coyle, D. (2007). Content and Language Integrated Learning: Towards a Connected Research Agenda for CLIL Pedagogies. *International Journal of Bilingual Education and Bilingualism*, 10(5), 543–562.
<https://doi.org/10.2167/beb459.0>
- Gargiulo, M. V., Russo, R., & Capuano, P. (2025). Finding gaia: Exploring climate change through gamification. *EGUsphere*.
<https://doi.org/10.5194/egusphere-2025-577>
- Goh Eng Hong, & Masood, M. (2014). Effects of Gamification on Lower Secondary School Students' Motivation and Engagement. *International Journal of Educational and Pedagogical Sciences*, 8(12), 3765–3772.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.1096962>
- Hursen, C., & Bas, C. (2019). Use of gamification applications in science education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 14(01), 4. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i01.8894>

- Kalogiannakis, M., Papadakis, S., & Zourmpakis, A.-I. (2021). Gamification in Science Education. a Systematic Review of the Literature. *Education Sciences*, 11(1), 22. <https://doi.org/10.3390/educsci11010022>
- Monroe, M. C., Plate, R. R., Oxarart, A., Bowers, A., & Chaves, W. A. (2017). Identifying effective climate change education strategies: a systematic review of the research. *Environmental Education Research*, 25(6), 791–812. <https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1360842>
- Poppe, N., Markic, S., & Eilks, I. (2010). *Low cost experimental techniques for science education - A guide for science teachers - Developed as part of the project SALiS -Student Active Learning in Science*. https://projekte.chemiedidaktik.uni-bremen.de/salis_zusatz/material_pdf/lab_guide_low_cost_experiments_englisches.pdf
- Schreiner, C., Henriksen, E. K., & Hansen, P. J. K. (2005). Climate Education: Empowering today's youth to meet tomorrow's challenges. *Studies in Science Education*, 41(1), 3–49. <https://doi.org/10.1080/03057260508560213>
- Δερμιτζάκη, Ε., Καλυβίτης, Ν., Γκινούδη, Α., & Κανακίδου, Μ. (2023). Μαθαίνοντας και διδάσκοντας για την κλιματική αλλαγή – EDU4Clima. 13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Της Διδακτικής Των Φυσικών Επιστημών Και Νέων Τεχνολογιών Στην Εκπαίδευση. <https://doi.org/10.12681/codiste.5560>
- Κουμαράς, Π., & Πιεράτος, Θ. (2025). *Η Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με Πειράματα που Αξιοποιούν Υλικά Καθημερινής Χρήσης, Πείραμα και Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, Επετειακός Τόμος για τα 40 χρόνια του ΠΤΔΕ Ιωαννίνων*, Εργαστήριο Εκπαίδευσης και Διδασκαλίας της Φυσικής, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. ISBN: 978-618-82063-5-9
- Πλατσίδου Μ. & Μεταλλίδου, Π. (2003). Αξιολόγηση ηρωικής συμπεριφοράς και προτιμήσεις προτύπων ρόλου από άτομα ηλικίας 10-19 ετών. *Ψυχολογία*, 10 (4), 556-574.
- Στεφανίδου, Κ. (2013). *Ο ρόλος της ιστορίας και φιλοσοφίας των φυσικών επιστημών στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών: Διαδικασίες διδασκαλίας και μάθησης της φύσης της επιστήμης – νόμοι – μοντέλα – θεωρίες – μέσα από την ιστορία του ηλεκτρισμού*. Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών. [DOI 10.12681/eadd/35609](https://doi.org/10.12681/eadd/35609)
- Τσουκιά, Μ. (2023). *Φύλο και επιστήμες: Γυναίκες στην επιστήμη και την εκπαίδευση στην Ελλάδα*. [Διπλωματική Εργασία]. <https://apothesis.eap.gr/archive/item/196364?lang=el>
- UNESCO. (2015). *Rethinking education : towards a global common good*. Unesco. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000232555>
- UNESCO. (2016, November 18). *Women in science*. Uis.unesco.org; UNESCO. <https://uis.unesco.org/en/topic/women-science>
- UNESCO. (2023). *Climate Change Education* . Ww.unesco.org. <https://www.unesco.org/en/climate-change/education>
- United Nations. (2025). *International day of women and girls in science | international day of women and girls in science assembly*. United Nations. <https://www.un.org/en/observances/women-and-girls-in-science-day/assembly>
- Ζαρμπούτης, Δ. (2024). *Η ιστορία της επιστήμης ως εργαλείο στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών* [Διπλωματική Εργασία]. <https://apothesis.eap.gr/archive/item/215157?lang=el>

*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στις συγγραφείς.

CSI στην τάξη: Ανίχνευση πιθανής νοθείας στο ελαιόλαδο με φασματοσκοπία και χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης

Χαλκιαδάκης Κωνσταντίνος, φυσικός Med, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Ρεθύμνου,
[chalkia.duck\[a\]gmail.com](mailto:chalkia.duck[a]gmail.com)

(2^ο Αναπληρωματικό Βραβείο 13^{ων} Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων
Φυσικών Επιστημών)

Περίληψη

Η ραγδαία διάδοση των εργαλείων Τεχνητής Νοημοσύνης έφερε εκατομμύρια χρήστες σε καθημερινή επαφή με συστήματα που αντιμετωπίζουν ως «μαύρο κουτί». Η εργασία αυτή προτείνει μια εργαστηριακή δραστηριότητα για τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση που ανοίγει το κουτί, χωρίς μαθηματικό φορμαλισμό.

Οι μαθητές αντιμετωπίζουν ένα πραγματικό πρόβλημα ποιοτικού ελέγχου τροφίμων: την ανίχνευση νοθείας ελαιολάδου με ηλιέλαιο. Για τον σκοπό αυτό σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε φορητό φασματοσκόπιο χαμηλού κόστους, βασισμένο στον αισθητήρα AS7265x (18 κανάλια, 410–940 nm) και σε μικροελεγκτή ESP32, το οποίο επικοινωνεί μέσω Bluetooth με εφαρμογή Android που αναπτύχθηκε ειδικά για το έργο.

Καταγράφηκαν οι εντάσεις του διερχόμενου φωτός από εννέα δείγματα, υπό φυσικό φωτισμό. Οι διαφορές δεν είναι προφανείς — όχι επειδή δεν υπάρχουν, αλλά επειδή δεν γνωρίζουμε εκ των προτέρων σε ποια από τα δεκαοκτώ μήκη κύματος να εστιάσουμε. Η Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA), χωρίς να της δοθεί καμία ετικέτα, διαχώρισε τα δείγματα σε δύο ομάδες, με τις δύο πρώτες συνιστώσες να περιγράφουν το 89 % της συνολικής μεταβλητότητας.

Το διδακτικό κέρδος όμως βρίσκεται στην ερμηνεία. Οι φορτίσεις της PC1 οδήγησαν πίσω στη χημεία, στις χρωστικές του ελαιολάδου. Η PC2 αποκάλυψε κάτι που δεν είχε καταγραφεί: τη μεταβολή του ίδιου του φυσικού φωτισμού. Η μέθοδος παρήγαγε δομή· το νόημα το παρήγαγε ο άνθρωπος. Αυτή η διάκριση, βιωμένη πάνω σε δικά τους δεδομένα, είναι το ζητούμενο της δραστηριότητας.

Abstract

The rapid spread of Artificial Intelligence tools has brought millions of users into daily contact with systems they treat as a "black box". This work proposes a secondary-school laboratory activity that opens the box, without mathematical formalism.

Students tackle a real food quality-control problem: detecting the adulteration of olive oil with sunflower oil. A low-cost portable spectrometer was designed and built for the purpose, based on the AS7265x sensor (18 channels, 410–940 nm) and an ESP32 microcontroller, communicating over Bluetooth with an Android application developed specifically for the project.

Transmitted-light intensities were recorded from nine samples under natural illumination. The differences are not obvious — not because they are absent, but because we do not know in advance which of the eighteen wavelengths to look at.

Principal Component Analysis, given no labels at all, separated the samples into two groups, with the first two components describing 89% of the total variance.

The educational value, however, lies in the interpretation. The PC1 loadings led back to chemistry, to the pigments of olive oil. PC2 revealed something that had never been recorded: the variation of the natural light itself. The method produced **structure**; the **meaning** was produced by us. That distinction, experienced on the students' own data, is the point of the activity.

Εισαγωγή

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (T.N.) δεν είναι σημερινή ωστόσο τα τελευταία χρόνια έχει βρεθεί στο επίκεντρο της δημοσιότητας, προσελκύοντας πρωτοφανή επίπεδα χρηματοδότησης και ανάπτυξης. Προγράμματα που χρησιμοποιούν T.N. χρησιμοποιούνται πλέον στην ιατρική, στην οικονομία, στην επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων. Η εμφάνιση των Μεγάλων Γλωσσικών Μοντέλων (Large Language Models – LLM), και η πρόσβαση σε αυτά από το πλατύ κοινό, έφερε την Τεχνητή Νοημοσύνη στο επίκεντρο της δημόσιας συζήτησης, κατέστησε τα εργαλεία αυτά αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας για εκατομμύρια χρήστες. Παράλληλα, η αλληλεπίδραση της T.N. με τη σχολική εκπαίδευση αποτελεί ένα από τα πλέον φλέγοντα και αμφιλεγόμενα ζητήματα (Long & Magerko, 2020).

Παρά τη μεγάλη διάδοση των εφαρμογών αυτών, οι περισσότεροι χρήστες αντιμετωπίζουν την Τεχνητή Νοημοσύνη ως ένα «μαύρο κουτί» μέσα στο οποίο εισάγουν δεδομένα ή κάνουν ερωτήσεις και λαμβάνουν αποτελέσματα, χωρίς να γνωρίζουν με ποιον τρόπο αυτά παράγονται (Gillani et al, 2023). Πολλές φορές αυτή η άγνοια οδηγεί σε επικίνδυνες συμπεριφορές των χρηστών οι οποίοι προσωποποιούν την T.N και συμπεριφέρονται σαν να συζητούν με ανθρώπους. Η πραγματικότητα που συχνά τους διαφεύγει είναι ότι πίσω από δυνατότητες των συστημάτων αυτών βρίσκονται μαθηματικές και στατιστικές μέθοδοι οι οποίες αξίζει να γίνει προσπάθεια να γίνουν κατανοητές ακόμη και σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Η εργασία αυτή αποτελεί μια πρόταση προς αυτή την κατεύθυνση. Οι μαθητές καλούνται να αντιμετωπίσουν ένα πραγματικό πρόβλημα ποιοτικού ελέγχου τροφίμων που αφορά την νοθεία του ελαιόλαδου με ηλιέλαιο χρησιμοποιώντας φασματοσκοπική μέθοδο.

Για να απαντηθεί το ερώτημα σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε ένα φορητό φασματοσκόπιο το οποίο επικοινωνεί μέσω Bluetooth με μια εφαρμογή Android δημιουργημένη για το σκοπό αυτό.

Για τον διαχωρισμό των δειγμάτων χρησιμοποιείται η Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (Principal Component Analysis – PCA), μία από τις σημαντικότερες τεχνικές διερεύνησης δεδομένων. Αν και η PCA αναπτύχθηκε αρκετές δεκαετίες πριν από τη σύγχρονη έκρηξη της Τεχνητής Νοημοσύνης, αποτελεί βασικό εργαλείο της επιστήμης των δεδομένων και χρησιμοποιείται συχνά ως στάδιο προεπεξεργασίας σε εφαρμογές μηχανικής μάθησης.

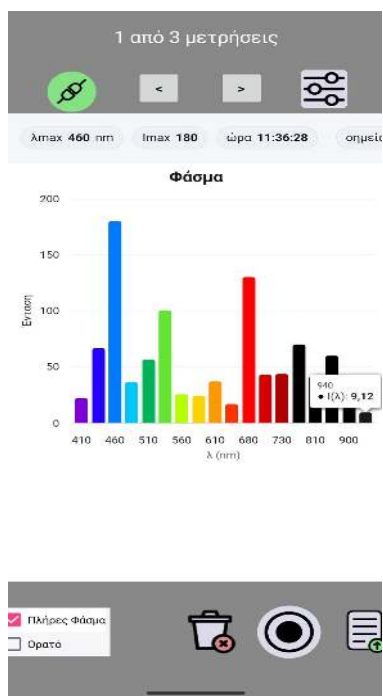
Η δραστηριότητα έχει στόχο να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν ότι μέσα σε ένα πολύπλοκο σύνολο δεδομένων μπορεί να υπάρχει μια δομή η οποία δεν είναι άμεσα ορατή, αλλά μπορεί να αποκαλυφθεί με κατάλληλη ανάλυση που στηρίζεται σε στατιστικές μεθόδους, απομυθοποιώντας έτσι τον τρόπο λειτουργίας των συστημάτων T.N.

Περιγραφή

Η διάταξη

Η διάταξη στηρίζεται στην πλακέτα φασματοσκοπίας Triad της SparkFun που αποτελείται από τρεις αισθητήρες AS7265x. Οι αισθητήρες της πλακέτας συνοδεύονται από τρία ενσωματωμένα LED (ορατής, υπεριώδους και υπέρυθρης ακτινοβολίας), που προορίζονται για τον φωτισμό διαφόρων επιφανειών σε εφαρμογές οπτικής φασματοσκοπίας, τα οποία δεν χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια του συγκεκριμένου project. Η πλακέτα Triad ανιχνεύει 18 διακριτά κανάλια φωτός από 372nm, στα όρια του UV έως 966nm στο NIR από τα οποία είναι 12 στο ορατό φάσμα και 6 στο εγγύς υπέρυθρο (ams AG, 2018). Η πλακέτα συνδέεται ενσύρματα με έναν μικροελεγκτή ESP32 -wroom, ο οποίος επικοινωνεί ασύρματα μέσω bluetooth με κινητή συσκευή (tablet ή κινητό τηλέφωνο Android) στην οποία χρησιμοποιείται η εφαρμογή Spectra που δημιουργήθηκε ειδικά για το σκοπό αυτό στο πρόγραμμα appinventor (σχήμα 1).

Η εφαρμογή επιτρέπει τη ρύθμιση του χρόνου ολοκλήρωσης της μέτρησης, την ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση των LED του αισθητήρα, τη λήψη μεμονωμένων ή συνεχών μετρήσεων, τη βαθμονόμηση της συσκευής και την απεικόνιση του φάσματος σε πραγματικό χρόνο.



Σχήμα 1. Η εφαρμογή Spectra για την καταγραφή φασμάτων

Κάθε μέτρηση εμφανίζεται άμεσα στην οθόνη της κινητής συσκευής είτε ως ραβδόγραμμα είτε ως καμπύλη. Μετά την ολοκλήρωση των μετρήσεων τα δεδομένα αποθηκεύονται αυτόματα σε Google Sheets, ώστε να είναι διαθέσιμα για περαιτέρω επεξεργασία.

Για την φιλοξενία της πλακέτας Triad και της πλακέτας του μικροελεγκτή σχεδιάστηκε και εκτυπώθηκε σε τρισδιάστατο εκτυπωτή ένα περίβλημα με σκοπό η συσκευή να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πειράματα όχι μόνο Χημείας, σαν κλασικό

φασματοφωτόμετρο, αλλά και Φυσικής στην παρατήρηση και ανάλυση φωτός από διάφορες πηγές. Η κατασκευή βασίζεται σε έναν συρόμενο μηχανισμό τύπου «σπιρτόκουτου», που επιτρέπει την εύκολη πρόσβαση στον αισθητήρα και τον μικροελεγκτή.

Η σχεδίαση είναι αρθρωτή (modular), ώστε η ίδια συσκευή να μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο ως φορητό φασματοσκόπιο όσο και, σε επόμενη έκδοση, ως απλό φασματοφωτόμετρο με σταθερή πηγή φωτός για πειράματα απορρόφησης και θολερότητας.

Οδηγίες και τα απαραίτητα αρχεία για την διάταξη και την εφαρμογή spectra που τη συνοδεύει θα βρείτε στο επόμενο σύνδεσμο: <https://tinyurl.com/Olivevssun> Τέλος δημιουργήθηκε μια ιστοσελίδα, με τη βοήθεια τεχνητής νοημοσύνης, στην οποία εισάγονται τα φασματοσκοπικά δεδομένα και γίνεται η ανάλυση PCA (<https://conchalk.sites.sch.gr/store/spectra/PCA.html>)

Μια μικρή εισαγωγή στην T.N

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence – AI) είναι ο κλάδος της Πληροφορικής που αναπτύσσει συστήματα ικανά να εκτελούν εργασίες οι οποίες, θεωρείται ότι απαιτούν ευφυΐα. Τέτοιες εργασίες είναι η αναγνώριση προτύπων, η κατανόηση της φυσικής γλώσσας, η λήψη αποφάσεων και η μάθηση από δεδομένα.

Οι προσπάθειες δημιουργίας λογισμικού με δυνατότητα ανάπτυξης Τεχνητής Νοημοσύνης ξεκινούν αρκετές δεκαετίες πριν και έχει περάσει από περιόδους μεγάλων προσδοκιών και απαισιοδοξίας. Η σύγχρονη πρόοδος οφείλεται κυρίως στη συνδυασμένη εξέλιξη της υπολογιστικής ισχύος, της διαθεσιμότητας τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων και της ανάπτυξης πολύπλοκων μοντέλων, όπως τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα που δημιούργησαν τα μεγάλα γλωσσικά μοντέλα (LLM) τα οποία έχουν προκαλέσει τεράστια συζήτηση.

Στην καρδιά πολλών εφαρμογών Τεχνητής Νοημοσύνης βρίσκεται η Μηχανική Μάθηση (Machine Learning), δηλαδή η ανάπτυξη αλγορίθμων που μπορούν να εντοπίζουν σχέσεις και κανονικότητες (μοτίβα) μέσα στα δεδομένα.

Ανάλογα με το είδος των διαθέσιμων δεδομένων, η μηχανική μάθηση διακρίνεται σε επιβλεπόμενη, μη επιβλεπόμενη και ενισχυτική μάθηση.

Η δραστηριότητα που παρουσιάζεται στην εργασία αυτή αξιοποιεί στοιχεία της μη επιβλεπόμενης μάθησης. Στόχος δεν είναι η εκπαίδευση ενός αλγορίθμου για την αναγνώριση των δειγμάτων, αλλά η διερεύνηση του κατά πόσον τα ίδια τα δεδομένα περιέχουν πληροφορία ικανή να οδηγήσει στον διαχωρισμό τους και να γίνει κατανοητό με ποιον τρόπο μπορεί να η πληροφορία αυτή να αποκαλυφθεί.

Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιείται η Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (Principal Component Analysis – PCA). Η μέθοδος PCA χρησιμοποιείται ευρύτατα στην επιστήμη των δεδομένων και αποτελεί μια εξαιρετική εκπαιδευτική προσέγγιση για την ανάδειξη κρυφών μοτίβων σε πολύπλοκα φασματοσκοπικά δεδομένα ελαίων (Anderson κ.ά., 2017).

Το πρόβλημα

Η νοθεία του ελαιόλαδου με σπορέλαια είναι ένα πρόβλημα της καθημερινότητας. Η απάτη αυτή οφείλεται στη μεγάλη διαφορά στην τιμή ανάμεσα στα δύο έλαια, με αποτέλεσμα η πώληση ενός νοθευμένου με ηλιέλαιο (ή άλλα σπορέλαια) ελαιόλαδου να αποφέρει σημαντικό χρηματικό όφελος στους απατεώνες (Ok κ.ά., 2017). Οπτικά ή γευστικά, η νοθεία δεν είναι εύκολα αντιληπτή. Για την αντιμετώπιση του

προβλήματος, χρησιμοποιούνται οπτικές τεχνικές, όπως η φασματοσκοπία. Επειδή όμως τα φάσματα παράγουν πολύπλοκα δεδομένα, η ταυτοποίηση της νοθείας απαιτεί τη χρήση προηγμένων στατιστικών αλγορίθμων και μηχανικής μάθησης, έναν κλάδο που είναι γνωστός ως Χημειομετρία (Chemometrics) (Sikorska κ.ά., 2018).

Η εργασία αυτή παρουσιάζει το πρόβλημα σε ένα εκπαιδευτικό πλαίσιο για την παρουσίαση της αρχής. Διαθέτουμε έναν αριθμό δειγμάτων ηλιέλαιου και ελαιόλαδου. Χρησιμοποιώντας μόνο αυτά τα δείγματα ως δεδομένα θέλουμε να βρούμε μια μέθοδο που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να μπορέσουμε να αποφασίσουμε αν ένα άγνωστο δείγμα είναι ελαιόλαδο, ηλιέλαιο ή υποψήφιο για νοθεία. Επιπλέον θέλουμε να μπορούμε να το κάνουμε αυτό χωρίς επιπλέον εξοπλισμό πέραν του ιδιοκατασκευασμένου φασματοσκοπίου και χωρίς να γνωρίζουμε από πριν τα φασματοσκοπικά χαρακτηριστικά του ελαιολάδου και του ηλιέλαιου.

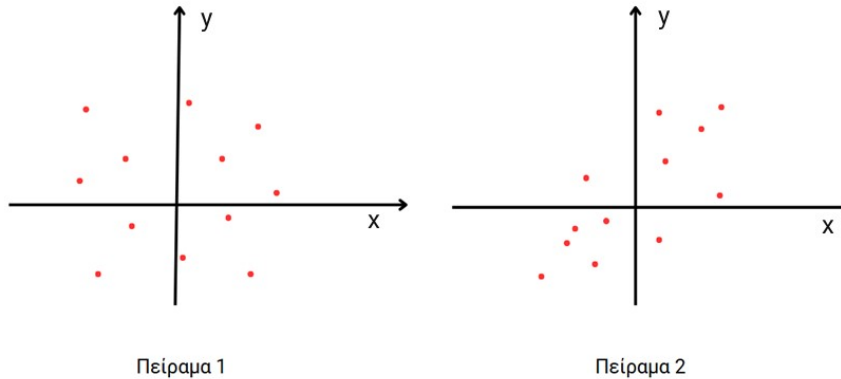


Σχήμα 2. Σχηματική αναπαράσταση του πειράματος

Τοποθετούμε κάθε δείγμα μπροστά στο ανοιχτό παράθυρο και με το φασματοσκόπιο καταγράφουμε την ένταση που του φωτός που διέρχεται από τα δείγματα σύμφωνα με το σχήμα 2.

Στο παράρτημα Ι μπορείτε να δείτε έναν πίνακα στον οποίο καταγράφονται οι μετρήσεις που πήραμε από εννέα γνωστά δείγματα από τα οποία πέντε είναι ελαιόλαδα και τέσσερα ηλιέλαια χρησιμοποιώντας την παραπάνω μέθοδο. Παρατηρήστε ότι δεν είναι ιδιαίτερα εύκολο και θα χρειαστεί ιδιαίτερη υπομονή και αυξημένη προσοχή για να μπορέσουμε να ξεχωρίσουμε με το μάτι τις δύο διαφορετικές κατηγορίες ψάχνοντας διαφορές στις τιμές της έντασης του φωτός στα κανάλια, αν δεν γνωρίζουμε θεωρητικά πως διαφέρουν φασματοσκοπικά μεταξύ τους, ώστε να εστιάσουμε την προσοχή μας σε συγκεκριμένα μήκη κύματος αγνοώντας τα υπόλοιπα.

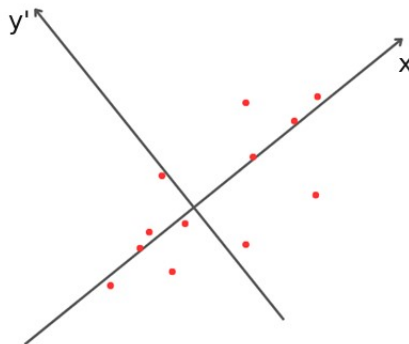
Αυτή ακριβώς η δυσκολία αποτελεί την ιδανική αφορμή για να παρουσιαστεί η λογική της ανάλυσης των κύριων συνιστωσών (PCA), μια στατιστική τεχνική που απλοποιεί πολύπλοκα δεδομένα μειώνοντας τις διαστάσεις (Shlens, 2014). Ας θεωρήσουμε κάθε γραμμή στον πίνακα σαν ένα διάνυσμα που αποτελείται από 18 συνιστώσες. Αν διαπιστώναμε ότι μόνο μερικές από αυτές τις συνιστώσες παρουσίαζαν μεταβολές σε ένα ή περισσότερα μήκη κύματος ενώ οι υπόλοιπες παρέμεναν αμετάβλητες, τα πράγματα θα ήταν εύκολα. Θα λέγαμε τότε ότι οι διαφορές εντοπίζονται σε αυτές τις συνιστώσες μόνο και θα προσπαθούσαμε να κάνουμε τον διαχωρισμό χρησιμοποιώντας μόνο εκείνες. Όμως αυτό δεν συμβαίνει. Υπάρχουν μεταβολές των εντάσεων σε όλα τα μήκη κύματος γεγονός που οφείλεται σε σημαντικό βαθμό στη χρήση φυσικού φωτός για τη μέτρηση, η ένταση του οποίου μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια των μετρήσεων από τυχαίους παράγοντες όπως τη λίγο διαφορετική θέση της συσκευής, την αλλαγή της φωτεινότητας από σύννεφα κ.λ.π.



Σχήμα 3. Στο 1^ο πείραμα εμφανίζεται τυχαιότητα ενώ στο 2^ο εμφανίζεται κάποια συσχέτιση

Η PCA μπορεί να περιγράψει την μεταβλητότητα μεταξύ των δειγμάτων κατασκευάζοντας νέες συνιστώσες καταλληλότερες για την περιγραφή της. Για να γίνει κατανοητή η λειτουργία της μεθόδου χωρίς να εισέλθουμε στα μαθηματικά θα δούμε το παρακάτω νοητικό παράδειγμα.

Θεωρείστε ένα υποθετικό πρόβλημα στο οποίο μετρούμε μόνο δύο συνιστώσες και δημιουργούμε γραφική αναπαράσταση δύο διαφορετικών πειραμάτων που περιλαμβάνουν 12 μετρήσεις το καθένα. Στο πρώτο πείραμα δεν φαίνεται να υπάρχει καμία σχέση συσχέτισης ανάμεσα στις μετρήσεις αφού η τοποθέτηση των σημείων φαίνεται τυχαία, ενώ στο δεύτερο (δεξιά) υποψιαζόμαστε από την μεταβλητότητα των μετρήσεων ότι αυτή υπακούει σε κάποιο νόμο (Σχήμα 3).



Σχήμα 4. Στον νέο άξονα x' συγκεντρώνεται το μεγαλύτερο μέρος της μεταβλητότητας

Αν λοιπόν στο πείραμα 2 προχωρήσουμε σε στροφή αξόνων όπως φαίνεται στο σχήμα 4, υπολογίζοντας νέες συντεταγμένες για κάθε σημείο, το μεγαλύτερο μέρος της μεταβλητότητας περιορίζεται κατά μήκος του ενός από τους δύο άξονες. Οι νέες συντεταγμένες μπορούν να περιγράψουν καλύτερα το πρόβλημα γιατί εφόσον βλέπουμε ότι η μεταβλητότητα περιγράφεται περισσότερο από την μια από αυτές θα μπορούσαμε για παράδειγμα σε πρώτη προσέγγιση να μην ασχοληθούμε καθόλου με τον άλλο άξονα!

Ας ξαναδούμε τώρα το πραγματικό πρόβλημα των φασματοσκοπικών δεδομένων του πίνακα. Αφού κάθε μέτρηση αποτελείται από 18 συντεταγμένες θα χρειαζόνταν ένα χώρο 18 διαστάσεων για να απεικονιστεί σαν σημείο! Η μέθοδος PCA μπορεί να «στρέψει» κατάλληλα το σύστημα αξόνων δημιουργώντας νέες συντεταγμένες. Όπως στο υποθετικό παράδειγμα μας η πρώτη από τις δύο νέες συντεταγμένες περιλαμβάνει

μεγάλο μέρος της μεταβλητότητας, έτσι και η πρώτη κύρια συνιστώσα που δημιουργεί η μέθοδος θα συγκεντρώνει τη μεγαλύτερη πληροφορία για τις μεταβολές των δειγμάτων. Αυτή ονομάζεται PC1 δηλαδή principal component 1 η δεύτερη είναι η PC2 η 3η είναι η PC3 και ούτω καθ' εξής.

Κάθε νέα συνιστώσα είναι ένας γραμμικός συνδυασμός (ή ένα σταθμισμένο μίγμα) των δεκαοκτώ αρχικών συνιστωσών. Οι συντελεστές αυτού του μίγματος ονομάζονται φορτίσεις (loadings) και εκφράζουν τον βαθμό συμμετοχής του κάθε μήκος κύματος στη νέα συνιστώσα. Η θέση κάθε δείγματος πάνω στους νέους άξονες ονομάζεται βαθμολογία (score).

Εισάγοντας τα δεδομένα του πίνακα του παραρτήματος στην ιστοσελίδα παίρνουμε ότι η PC1 περιγράφει περίπου το 74.6 % της συνολικής μεταβλητότητας και η PC2 άλλο 14.4 %. Μαζί περιγράφουν το 89 % της μεταβλητότητας των δειγμάτων και αν κρατήσουμε μόνο αυτές τις δύο συνιστώσες χάνουμε περίπου 11 % της πληροφορίας αλλά απλοποιούμε την περιγραφή χρησιμοποιώντας μόνο 2 αντί των 18 αρχικών μεταβλητών. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως μείωση διαστατικότητας (dimensionality reduction).

Στο σχήμα 5 βλέπουμε πως απεικονίζονται τα δείγματα σε ένα διάγραμμα των πρώτων δυο κύριων συνιστωσών.



Σχήμα 5. Απεικόνιση των δειγμάτων στο διάγραμμα PC1 και PC2

Παρατηρήστε ότι τα σημεία έχουν διαχωριστεί σε δύο διαφορετικές περιοχές δημιουργώντας δύο «νέφη». Τα δείγματα 1,3,6,8,9 έχουν χαμηλές τιμές της PC1 και είναι μαζεμένα αριστερά ενώ τα 2,4,5,7 έχουν υψηλές τιμές και μαζεύονται αριστερά. Ο αλγόριθμος κατάφερε να διαχωρίσει σε δύο ξεχωριστές ομάδες τα δείγματα χωρίς να γνωρίζει εκ των προτέρων ποια από αυτά είναι ελαιόλαδα και ποια ηλιέλαια. Η PCA χρησιμοποιεί τις αριθμητικές τιμές και αποκαλύπτει τη δομή που ενυπάρχει στα δεδομένα. Αυτή διαδικασία ονομάζεται μη επιβλεπόμενη μάθηση (unsupervised learning) Αν χρειαζόταν να εκπαιδύσουμε ένα σύστημα μηχανικής μάθησης να κάνει τον διαχωρισμό θα έπρεπε απλά να δώσουμε ετικέτες ονομάζοντας την αριστερή ομάδα με την ετικέτα «ελαιόλαδα» και την δεξιά με την ετικέτα «ηλιέλαια».

Να λοιπόν που φτάσαμε στον στόχο μας. Έχουμε μια μέθοδο για να εξετάσουμε ένα άγνωστο δείγμα. Αρκεί να το τοποθετήσουμε σαν σημείο πάνω στους ίδιους άξονες και η θέση του θα καθορίσει την ομάδα στην οποία ανήκει. Αν εμφανίζεται στο «νέφος» που δημιουργείται από τα δείγματα του ελαιόλαδου ταυτοποιείται ως ελαιόλαδο, αν είναι στο νέφος των ηλιέλαιων πρόκειται για ηλιέλαιο. Αν εμφανίζεται στα όρια των δύο κατηγοριών τότε αξίζει να διερευνηθεί περισσότερο η σύστασή του!

Η PCA δεν αποδεικνύει τη νοθεία μπορεί όμως να υποδείξει τα ύποπτα δείγματα που αξίζει να εξεταστούν με εξειδικευμένες εργαστηριακές τεχνικές.

Παρατηρήστε ότι μέχρι αυτή τη στιγμή δεν χρειαστήκαμε Χημεία για τον διαχωρισμό σε κατηγορίες. Η Χημεία όμως κρύβεται μέσα στα loadings στα “βάρη” δηλαδή που συμμετέχουν για τη δημιουργία των κύριων συνιστωσών. Στο σχήμα 6 βλέπουμε ότι για την PC1 συμμετέχουν κυρίως τα μήκη κύματος κοντά στο μπλε χρώμα του ορατού φάσματος αφού έχουν τους μεγαλύτερους συντελεστές για τη δημιουργία του PC1. Το παρθένο ελαιόλαδο περιέχει χλωροφύλλες, φαιοφυτίνες και καροτενοειδή, οι χρωστικές δηλαδή που του δίνουν το πρασινωπό χρώμα. Οι ζώνες απορρόφησής τους επικαλύπτονται και καλύπτουν μαζί όλη την περιοχή 430nm – 500nm. Το ραφιναρισμένο ηλιέλαιο έχει χάσει σχεδόν εντελώς αυτές τις χρωστικές κατά την επεξεργασία του, γι' αυτό και είναι σχεδόν άχρωμο. (Mínguez-Mosquera et al. 1990)

Loadings - Συνεισφορά Χαρακτηριστικών

Τα **Loadings** λένε ποια μήκη κύματος οδηγούν τον διαχωρισμό. Αν το γράφημα των scores λέει ότι υπάρχει διαφορά, το γράφημα των loadings λέει πού βρίσκεται — και σας αφήνει να ελέγξετε αν βγάζει χημικό νόημα.



Σχήμα 6. Τα loadings της PC1

Όπως είπαμε και παραπάνω η PC1 και τα βάρη από αυτά τα κανάλια εξηγούν περίπου το 75% της μεταβλητότητας των δειγμάτων. Αξίζει όμως να ρίξουμε και μια ματιά στα loadings της PC2, της δεύτερης κύριας συνιστώσας. Η PC2 περιγράφει όπως αναφέρθηκε το 14,4% της μεταβλητότητας και θα προσπαθήσουμε να εξηγήσουμε πως εξηγείται η διαφοροποίηση στον κατακόρυφο άξονα. Ενώ στην PC1 κυριαρχούσαν τα μπλε κανάλια, στην PC2 κυριαρχούν τα 730 nm και τα 760 nm — δηλαδή δύο κανάλια του εγγύς υπέρυθρου. Όμως τα έλαια δεν απορροφούν στο εγγύς υπέρυθρο αντίθετα είναι πρακτικά διαφανή σε αυτή την περιοχή (Gates et al. 1965). Αν λοιπόν οι μετρήσεις διαφέρουν στα 730 nm, η διαφορά δεν προέρχεται από τα δείγματα αλλά από το περιβάλλον. Συγκεκριμένα προέρχεται από το πόσο φως έμπαινε στον αισθητήρα τη στιγμή της μέτρησης. Η PC2 μετράει τις μεταβολές στο περιβαλλοντικό φως!

Η ανάλυση κύριων συνιστωσών διαχώρισε μόνη της τη συμπεριφορά που οφείλεται στη χημική σύνθεση από τη συμπεριφορά που οφείλεται στο περιβάλλον και τις τοποθέτησε σε δύο κάθετους άξονες. Να σημειώσουμε για άλλη μια φορά ότι η μέθοδος δεν γνωρίζει την αιτία, μας δίνει όμως τα στοιχεία και εμείς μπορούμε (ή δεν μπορούμε) να τα ερμηνεύσουμε.



Σχήμα 7. Τα loadings της PC2

Όρια της μεθόδου και προτάσεις επέκτασης

Η δραστηριότητα σχεδιάστηκε ως επίδειξη αρχής, όχι ως αναλυτική μέθοδος ποιοτικού ελέγχου. Συνεπώς υπάρχουν πολλές βελτιώσεις που μπορούν να γίνουν.

Δεν λάβαμε μέτρηση αναφοράς (blank). Καταγράψαμε σχετικές εντάσεις διερχόμενου φωτός, όχι απορρόφηση, και η ανάλυση στηρίζεται σε συγκρίσεις μεταξύ των δειγμάτων. Η λήψη μιας μέτρησης με άδεια κυψελίδα, στις ίδιες συνθήκες, είναι η πρώτη προτεινόμενη βελτίωση: θα επέτρεπε τον υπολογισμό πραγματικής απορρόφησης και τη σύγκριση με βιβλιογραφικά φάσματα.

Επιπλέον προτάσεις για όποιον θελήσει να προχωρήσει σε ποσοτικοποίηση:

- Επαναλήψεις. Τρεις λήψεις ανά δείγμα αντί για μία. Για την εκτίμηση σφάλματος μέτρησης.
- Σταθερή πηγή φωτός (LED λευκού φωτός) αντί για φυσικό φως.
- Διαχύτης. Ο κατασκευαστής της πλακέτας αισθητήρα επισημαίνει ότι τα οπτικά του χαρακτηριστικά ισχύουν για διάχυτο φως. Ένα κομμάτι θαμπό ακρυλικό ή ριζόχαρτο πάνω από το άνοιγμα εξομαλύνει τη δέσμη του φωτός, φωτίζει ομοιόμορφα το δείγμα και βελτιώνει τη συνέπεια μεταξύ των καναλιών.
- Σειρά μιγμάτων γνωστής σύστασης. Δείγματα με 10 %, 20 %, 50 % ηλιέλαιο σε ένα ελαιόλαδο. Θα έδειχνε αν η θέση στον άξονα PC1 μεταφράζεται σε ποσοστό νοθείας, μετατρέποντας τη μέθοδο από ποιοτική σε ημι-ποσοτική.
- Επικύρωση. Κρατήστε ένα γνωστό δείγμα εκτός ανάλυσης και εισάγετέ το ως άγνωστο. Ελέγξτε αν διαπιστώνεται η ομάδα στην οποία ανήκει
- Περισσότερα δείγματα. Τα εννέα σημεία είναι λίγα, σε μικρά δείγματα η PCA, όπως όλες οι στατιστικές μέθοδοι μπορεί να μην λειτουργεί σωστά, καθώς μπορεί να διακρίνει ομαδοποιήσεις ακόμα και όταν δεν υπάρχουν.

Συμπέρασμα

Η T.N είναι, όπως αναφέραμε, για πολλούς ένα «μαύρο κουτί». Στόχος της δραστηριότητας είναι να το ανοίξει και οι μαθητές να ρίξουν μια ματιά στο εσωτερικό του. Οι μαθητές βλέπουν την ανάλυση PCA να λειτουργεί πάνω σε ένα πραγματικό πρόβλημα. Αντιλαμβάνονται ότι στηρίζεται σε μια γεωμετρική ιδέα και υλοποιείται με τον μαθηματικό χειρισμό των δεδομένων. Το πιο κρίσιμο στοιχείο, ωστόσο, είναι πως η λογική ερμηνεία αυτών των δεδομένων απαιτεί την ανθρώπινη κρίση. Ακόμα και τα προηγμένα γλωσσικά μοντέλα δεν κάνουν τίποτα παραπάνω από το να ανασυνθέτουν και να αναπαράγουν ήδη υπάρχουσα γνώση. Τα συστήματα Τεχνητής Νοημοσύνης αντιλαμβάνονται την ύπαρξη δομής. Το νόημα όμως παράγεται από την ανθρώπινη νόηση δηλαδή από εμάς.

Βιβλιογραφία

1. ams AG : *AS7265x Multi Spectral Chipset — Design Considerations*. Application Note v1-5, 23 Μαΐου 2018.
2. S. L. Anderson, D. Rovnyak, T. G. Strein : ‘Identification of Edible Oils by Principal Component Analysis of ^1H NMR Spectra’, *Journal of Chemical Education*, Τόμος 94, Τεύχος 9 (2017) , Σελίδες 1377-1382, 2017
3. D. Gates, H. Keegan, J. Schleter, V. Weidner: ‘*Spectral Properties of Plants*’, *Applied Optics*, Τόμος 4, Τεύχος 1, Σελίδες 11-20, 1965
4. N. Gillani, R. Eynon, C. Chiabaut, K. Finkel: ‘*Unpacking the "Black Box" of AI in Education*’, *Educational Technology & Society*, 26 / 1, (2023), σελ. 99-111.
5. D. Long, B. Magerko : ‘*What is AI literacy? Competencies and design considerations*’, *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Σελίδες 1-16, 2020
6. I. Mínguez-Mosquera, B. Gandul-Rojas, J.Garrido-Fernández, L. Gallardo-Guerrero : ‘*Pigments present in virgin olive oils*’, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Τόμος 67, Τεύχος 3, Σελίδες 192–196, 1990
7. S. Ok, et al.: ‘*Detection of olive oil adulteration by low-field NMR relaxometry and UV-Vis spectroscopy upon mixing olive oil with various edible oils*’, *Food Chemistry*, Τόμος 228, Σελίδες 549-557, 2017
8. J. Shlens: ‘*A Tutorial on Principal Component Analysis*’, arXiv preprint arXiv:1404.1100, 2014)
9. E. Sikorska, K. Włodarska, I. Khmelinskii : ‘*Validation of Fluorescence Spectroscopy to Detect Adulteration of Edible Oil in Extra Virgin Olive Oil by Applying Chemometrics*’, *Food Analytical Methods*, Τόμος 11, Τεύχος 11, Σελίδες 3141–3151, 2018

Παράρτημα Ι

Πίνακας: Οι καταγραφές έντασης φωτός – μήκος κύματος 9 δειγμάτων ελαιολάδων - ηλιελαίων																		
	410 nm	435 nm	460 nm	485 nm	510 nm	535 nm	560 nm	585 nm	610 nm	645 nm	680 nm	705 nm	730 nm	760 nm	810 nm	860 nm	900 nm	940 nm
1	92.25	81.30	77.86	47.46	121.4	252.2	155.1	165.4	431.6	116.0	298.6	150.8	513.7	513.0	282.8	210.9	77.97	26.46
2	106.4	198.4	248.2	190.7	232.8	248.5	159.0	175.4	385.2	116.8	360.5	111.3	264.4	240.0	196.1	160.1	46.21	20.98
3	39.06	43.55	63.26	29.88	58.01	106.8	101.6	169.2	291.3	95.61	193.0	87.34	525.6	422.0	241.6	153.5	67.00	31.02
4	204.5	363.9	424.3	233.8	293.9	287.0	161.5	211.4	545.8	207.2	445.8	120.8	503.4	478.3	266.8	182.2	74.51	41.97
5	138.8	233.2	271.5	186.3	218.1	179.5	131.0	185.0	492.3	174.4	331.7	86.14	446.2	412.9	239.9	156.8	61.22	34.67
6	36.57	46.46	64.23	34.28	88.17	126.4	111.9	186.4	418.5	135.6	210.1	82.95	517.7	416.2	244.9	150.2	62.95	32.84
7	90.59	254.5	300.7	225.9	234.3	194.0	129.1	226.2	588.6	234.8	276.2	86.94	554.2	395.5	212.1	123.7	65.26	44.70
8	73.97	68.72	66.18	35.16	61.10	124.3	109.9	190.8	349.6	123.6	197.3	97.71	565.3	472.5	263.4	172.3	77.97	36.49
9	47.37	41.62	51.58	26.37	36.35	67.58	79.02	128.9	192.6	62.41	134.4	74.98	508.9	427.0	239.9	150.2	61.22	25.54

*Το copyright των φωτογραφιών και των σχημάτων ανήκει στον συγγραφέα.

Αναπαράσταση της στήλης του Volta

*Κωνσταντίνος Παπακωνσταντίνου, Χημικός, Συνεργάτης Ε.Κ.Φ.Ε. Ηλιούπολης,
[verzovid\[a\]gmail.com](mailto:verzovid[a]gmail.com)*

*(3^ο Αναπληρωματικό Βραβείο 13^{ων} Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων
Φυσικών Επιστημών)*

Περίληψη

Στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού προγράμματος Erasmus+ “*Energy resources for sustainability*” (Ενεργειακοί πόροι για την αειφορία) αναρτήθηκε στο διαδίκτυο το 2022 ένα video το οποίο δημιουργήθηκε από το Πρότυπο ΓΕ.Λ. Μυτιλήνης του Πανεπιστημίου Αιγαίου. Μία ομάδα μαθητών ασχολήθηκε με ένα «όργανο» το οποίο είχε κατασκευαστεί στο εν λόγω σχολείο το 1912 και προσπάθησαν να το κάνουν να «δουλέψει». Η αναζήτηση πληροφοριών στα σχολικά βιβλία αποκάλυψε την ένδεια που υπάρχει τόσο στην ιστορική παρουσίαση όσο και στην επιστημονική ανάλυση μιας πρωτοπόρας συσκευής, η οποία αποτελεί συστατικό στοιχείο του πολιτισμού μας. Αναφέρεται μόνο σε δύο μικρούλια παραθέματα. Το ένα στο βιβλίο Φυσικά της Ε΄ δημοτικού (σ.57) και το άλλο στο βιβλίο Φυσικής της Γ΄ Γυμνασίου (σ.57).

Η εργασία αυτή σκοπό έχει να γνωρίσουν οι μαθητές το ιστορικό πλαίσιο μέσα στο οποίο ο Volta κατασκεύασε την πρώτη μπαταρία και ακολουθώντας οδηγίες που δίνονται να κατασκευάσουν τη δική τους αναπαράσταση της στήλης του Volta με απλά υλικά.

Abstract

As part of the European Erasmus+ program “*Energy resources for sustainability*”, a video created by the Model General Lyceum of Mytilene at the University of the Aegean was posted online in 2022. A group of students worked on an “instrument” that had been built at the school in 1912 and tried to make it “work.” A search for information in school textbooks revealed the scarcity of both historical presentation and scientific analysis of a pioneering device that is an integral part of our culture. It is mentioned only in two small excerpts. One is in the elementary school fifth-grade physics textbook (p. 57) and the other is in the middle school third-grade physics textbook (p. 57).

The purpose of this project is to familiarize students with the historical context in which Volta constructed the first battery and, following the instructions provided, to construct their own representation of Volta's column using simple materials.

Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

A) Ιστορικό πλαίσιο

A1. Πολιτική κατάσταση

Το 1796 ο Ναπολέων Βοναπάρτης εκστρατεύει εναντίον της Ιταλίας που την κατείχαν οι Αυστριακοί. Στις 15 Μαΐου 1796 ο Ναπολέων εισέρχεται θριαμβευτικά στο Μιλάνο (Εικ.1α).

Στις 23 Μαΐου 1796 κάτοικοι της Παβία, η οποία βρισκόταν υπό το καθεστώς των Αυστριακών, ωθούμενοι από τους ιερείς επαναστάτησαν εναντίον της γαλλικής φρουράς. Ο Ναπολέων κατέστειλε την επανάσταση και εκτέλεσε τους ηγέτες της (Εικ.1β).



Εικόνα 1: α) «Είσοδος των γαλλικών στρατευμάτων στο Μιλάνο» από τον *Antoine Charles Horace Vernet* (1758-1836) [1]. β) Πίνακας ζωγραφικής με τίτλο «The revolt at Pavia» του *Paul-Émile Boutigny* (1854-1929)².

Οι κατακτημένες περιοχές λεηλατήθηκαν (Εικ.2α). Για την κλοπή των έργων συστάθηκε επιτροπή με την επωνυμία «Κυβερνητική επιτροπή έρευνας αντικειμένων επιστήμης και τέχνης» (Εικ.2β). Η επιτροπή αυτή ταξίδεψε στην Ιταλία και επιδόθηκε στο έργο της. Πολλά έργα τέχνης μεταφέρθηκαν στο Μουσείο του Λούβρου, όπου εκτίθενται μέχρι σήμερα.



Εικόνα 2: α) «Κατάσχεση των ιταλικών κειμηλίων», γελοιογραφία από τον *George Cruikshank* (1792-1878) [3]. β) Τα μέλη της «Κυβερνητικής Επιτροπής έρευνας αντικειμένων επιστήμης και τέχνης» [4].

Μεταξύ των κλεμμένων έργων συγκαταλέγεται και ο πίνακας «Ο εν Κανά γάμος» (Εικ.3α), ο οποίος εκλάπη το 1797 από το μοναστήρι του Αγίου Γεωργίου που βρίσκεται στο ομώνυμο νησάκι στη λιμνοθάλασσα της Βενετίας (Εικ.3β) [4].

² Η σκηνή που απεικονίζεται δείχνει την ανακατάληψη της πόλης από τον Ναπολέοντα το 1796 και τη συγκέντρωση εκκλησιαστικών και δημοτικών αξιωματούχων που έχουν έρθει στα τείχη για να ικετεύσουν τον κατακτητή να δείξει επιείκεια [2].



Εικόνα 3: α) Πίνακας ζωγραφικής «Ο εν Κανά γάμος» του Paolo Veronese (1528-1588)³ [5]. β) Εικονίζεται λεπτομέρεια του πίνακα ζωγραφικής «Giudecca e S. Giorgio Maggiore» του Francesco Guardi (1699-1761)⁴.

Μετά την επικράτησή του στο πεδίο της μάχης, ο Ναπολέων επιδίωξε την ίδρυση στην Ιταλία μιας σειράς κρατών τυπικά μόνο ανεξάρτητων. Τα κράτη αυτά ονομάστηκαν «αδελφές δημοκρατίες», είχαν όμως βραχεία ζωή, μέχρι το 1799. Τον Ιούνιο του 1797 ο Ναπολέων διακηρύσσει την ίδρυση της «Cisalpine Republic = Εντεύθεν των Άλπεων Δημοκρατίας» την οποία χωρίζει σε είκοσι διαμερίσματα μεταξύ των οποίων βρίσκονται τα Lario, Olona και Ticino με πρωτεύουσες τις Como, Milano και Pavia αντίστοιχα (Εικ. 4α).

Την άνοιξη του 1799 ο αυστρουσικός στρατός με επικεφαλής τον στρατηγό Suworow [©Σουβαρόφ] (Εικ. 4β) κατέλυσε τις «Αδελφές Δημοκρατίες» και επανέφερε τους παλιούς ηγεμόνες.

Τον Ιούνιο του 1800 ο Ναπολέων επικρατεί στην μάχη στο Marengo (Εικ. 4γ) και για τα επόμενα 15 χρόνια είναι αυτός που αποφασίζει για τη μοίρα των Ιταλών [6,7].



Εικόνα 4: α) Τροποποιημένος χάρτης της «Εντεύθεν των Άλπεων Δημοκρατίας» [6]. β) Εικονίζεται ο Aleksandr Wassiljewitsch Suworow (1730-1800)⁵. γ) Εικονίζεται λεπτομέρεια από τον πίνακα ζωγραφικής του Jacques Augustin Catherine Pajou (1766-1828) με τίτλο «Ο θάνατος του στρατηγού Desaix de Veygoux στη μάχη στο Marengo»⁶.

³ Εκτίθεται σε περίοπτη θέση στο μουσείο του Λούβρου στο Παρίσι.

⁴ Γραμματόσημο της Δημοκρατίας της Σενεγάλης, έκδοσης 1972

⁵ Γραμματόσημο του Λιχτενστάιν, έκδοσης 1984

⁶ Γραμματόσημο της Δημοκρατίας του Κονγκό, έκδοσης 1969

A2. Στοιχεία της ζωής του Volta

Ο Alessandro Volta γεννήθηκε στο Como (Κόμο) το 1745 και πέθανε στη γενέτειρά του το 1827 (Εικ.5) [8].



Εικόνα 5: α) Εικονίζεται ο Alessandro Volta (1745-1827)⁷. β) Άποψη της πόλης Como με την ομώνυμη λίμνη της [9]. γ) Χάρτης της Ιταλίας [10].

Το 1769 δημοσίευσε την πρώτη του εργασία για τον ηλεκτρισμό στα Λατινικά (Εικ.6α) [11]. Από το 1774 ως το 1778 δίδαξε φυσική στο τότε Βασιλικό Σχολείο του Κόμο (Εικ.6β). Το 1775 τροποποίησε και βελτίωσε το ηλεκτροφόρο (Εικ.6γ) [12] το οποίο είχε εφεύρει το 1762 ο Σουηδός Johannes Wilcke (1732-1796) [13] ενώ κατά άλλους ο Ferdinand Avguštin Hallerstein (1703-1774) το 1755 [15].



Εικόνα 6: α) Η πρώτη σελίδα της εργασίας του Volta. β) Το Βασιλικό Σχολείο στο Κόμο. γ) Σχεδιάσμα του ηλεκτροφόρου. δ) Προσωπογραφία του Wilcke [14]. ε) Εικονίζονται⁸ ένας εξάντας (αστρονομικό όργανο μέτρησης γωνιών) το οποίο διατηρείται στο Αρχαίο Αστεροσκοπείο του Πεκίνου [16] καθώς και το εξώφυλλο του έργου του Hallerstein σχετικά με αστρονομικές παρατηρήσεις που εκδόθηκε το 1768 [17].

⁷ Γραμματόσημο της Ιταλίας, έκδοσης 1999

⁸ Γραμματόσημο της Σλοβενίας, έκδοσης 2003

Το 1776 συνέλεξε ένα αέριο από ελώδεις περιοχές της γενέτειράς του (Εικ.7α), το μελέτησε και το ονόμασε «ευφλεκτο αέριο εγγενές στα έλη» [18]. Το 1866 θα ονομαστεί «μεθάνιο» από τον Γερμανό χημικό August Wilhelm von Hofmann (1818-1892) (Εικ.7β) [19]. Την ευφλεκτότητα τόσο του υδρογόνου όσο και του μεθανίου χρησιμοποίησε στο «πιστόλι» του (Εικ.7γδ) [20]. Το 1779 έγινε καθηγητής Πειραματικής Φυσικής στο πανεπιστήμιο της Παβία (Εικ.7ε).

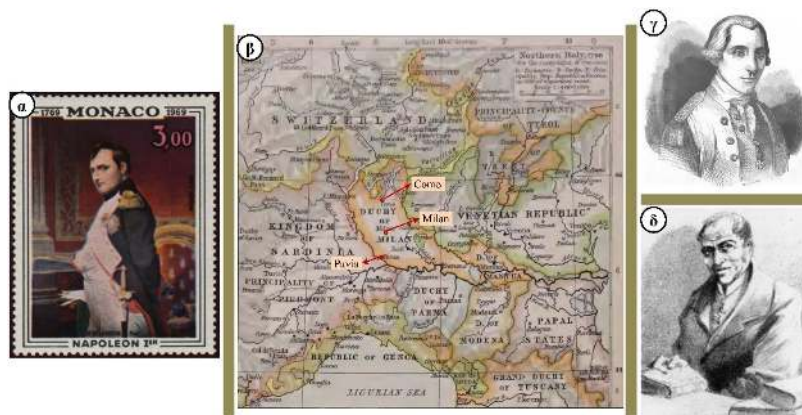


Εικόνα 7: α) Στο σκίτσο εικονίζεται μία φιγούρα να συλλέγει το μεθάνιο σε ανεστραμμένη φιάλη και στα δεξιά να το αναφλέγει. β) Σκίτσο του Hofmann. γ) Στιγμιότυπο από προσομοίωση της ανάφλεξης του μεθανίου μέσα στο «πιστόλι» του Volta, με τη βοήθεια σπινθήρα από φιάλη Leyden (λουνγδουνική λάγνηος!). δ) Οπισθόφυλλο του άλμπουμ «Mantako» του μουσικού συγκροτήματος Omoide Hatoba του 1994 [21]. Εικονίζεται ένα αγόρι να κρατά ένα «πιστόλι» του Volta ενώ στον πάγκο υπάρχει ένα ηλεκτροφόρο. ε) Ο αύλειος εσωτερικός χώρος του Πανεπιστημίου της Παβία με το άγαλμα του Volta φιλοτεχνημένο από τον Antonio Tantardini (1829-1879) [22].

Το 1794 ο Volta παντρεύτηκε την Maria Teresa Alonsa Peregrini με την οποία απέκτησαν τρία αγόρια, τους Zanino, Flaminio και Luigi [23].

Ο Ναπολέοντας (Εικ.8α) τον Μάιο του 1796 εισήλθε νικητής και τροπαιούχος στο Μιλάνο (Εικ.8β). Οι πόλεις της Λομβαρδίας έστειλαν αμέσως αντιπροσωπείες με την εντολή να εκφράσουν αφοσίωση, πίστη και υπακοή στον Ναπολέοντα. Από το Κόμο, ως αντιπρόσωποι, παρευρέθηκαν ο Volta και ο έγκριτος πολιτικός Giovanni Battista Giovio (1748-1814) (Εικ.8γ). Αυτή ήταν η πρώτη επικοινωνία του Volta με τον Ναπολέοντα [25,26].

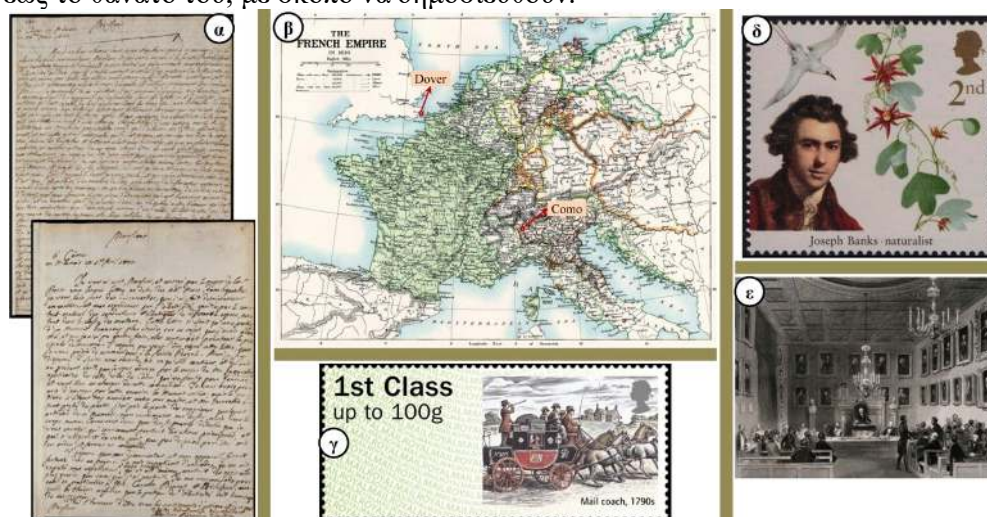
Με την κατάληψη από τους Αυστρορώσους της Λομβαρδίας (Απρίλιος 1999), το Πανεπιστήμιο της Παβία σταμάτησε και οι καθηγητές παύθηκαν, πολλοί δε κατέληξαν στη φυλακή, όπως ο καθηγητής της Θεωρητικής Φυσικής Carlo Battista Barletti (1735-1800) (Εικ.8δ) [27]. Ο Volta απομακρύνθηκε από το Πανεπιστήμιο για λίγο καιρό με στέρηση μισθού.



Εικόνα 8: α) Ο Ναπολέοντας σε πίνακα ζωγραφικής του *Paul Delaroche* (1797-1856)⁹. β) Χάρτης της βόρειας Ιταλίας το 1796 [24]. γ) Προσωπογραφία του *Gionio*. δ) Προσωπογραφία του *Barletti*.

Α3. Οι επιστημονικές ίντριγκες της δημοσίευσης

Μετά την απομάκρυνσή του από το Πανεπιστήμιο της Παβία κατέφυγε στην ησυχία του Κόμο, όπου στις 20 Μαρτίου του 1800 ο Volta έγραψε την πρώτη από δύο επιστολές (Εικ.9α). Επειδή η αλληλογραφία υπήρχε κίνδυνος να χαθεί μέχρι να φτάσει στον πορθμό Ντόβερ-Καλαί (Εικ.9βγ) περνώντας από τη Γαλλία η οποία βρισκόταν σε αναβρασμό λόγω της Γαλλικής Επανάστασης (1789-1799), ο Volta θα γράψει τον Απρίλιο του ίδιου έτους και τη δεύτερη επιστολή. Τις δύο παρεμφερείς επιστολές, θα τις στείλει στον φυσιοδίφη *Joseph Banks* (1743-1820) (Εικ.9δ), πρόεδρο της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου (Εικ.9ε) από το 1778 έως το θάνατό του, με σκοπό να δημοσιευθούν.



Εικόνα 9: α) Οι πρώτες σελίδες των επιστολών του *Volta* [28]. β) Χάρτης της Γαλλικής Αυτοκρατορίας το 1810 [29]. γ) Ταχυδρομική άμαξα τη δεκαετία του 1790¹⁰. δ) Προσωπογραφία του *Banks*¹¹. ε) Πίνακας ζωγραφικής της αίθουσας συνεδριάσεων της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου από τον *Frederick William Fairholt* (1814-1866) [30].

⁹ Γραμματόσημο του Μονακό, έκδοσης 1969

¹⁰ Γραμματόσημο της Μ. Βρετανίας, έκδοσης 2016

¹¹ Γραμματόσημο της Μ. Βρετανίας, έκδοσης 2018

Οι δύο αυτές επιστολές ενοποιήθηκαν και διαβάστηκαν στη Βασιλική Εταιρία του Λονδίνου τον **Ιούνιο**, ενώ δημοσιεύτηκαν **καθυστερημένα** τον **Σεπτέμβριο του 1800** στο έγκριτο περιοδικό «The philosophical magazine» της Εταιρείας αυτής. Ο τίτλος της δημοσίευσης είναι «Σχετικά με τον ηλεκτρισμό που εγείρεται από την απλή επαφή αγωγίων ουσιών διαφορετικού είδους» και σε αυτήν περιέχονται αναλυτικές οδηγίες (Εικ.10α) [31] για την κατασκευή μιας συσκευής.

Ο Joseph Banks είτε από έλλειψη εμπιστοσύνης προς τον ξένο επιστήμονα είτε από επιστημονική αντιζηλία δείχνει αντιδεοντολογικά την επιστολή του Volta στον Anthony Carlisle (1768-1840), έναν λαμπρό χειρουργό στο νοσοκομείο Westminster. Αυτός με τη σειρά του, τη δείχνει στον φίλο του χημικό William Nicholson (1753-1815). Με τις αναλυτικές οδηγίες που περιέχονταν στην επιστολή του Volta κατασκεύασαν τη στήλη και εκτέλεσαν πειράματα ηλεκτρόλυσης του νερού (Εικ.10β). Τα ευρήματα αυτά δημοσίευσε ο Nicholson τον **Ιούλιο του 1800** στο περιοδικό «The Journal of Philosophy, Chemistry, and the Arts» του οποίου εκδότης ήταν ο ίδιος!.

Στις επιστολές αυτές αναφέρεται ο **συνεχής** τρόπος παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, σε αντίθεση με τον **στιγμιαίο** που γινόταν μέχρι τότε με τις μηχανές στατικού ηλεκτρισμού (Εικ.γδε). Με άλλα λόγια, είναι η ανακάλυψη της μπαταρίας.



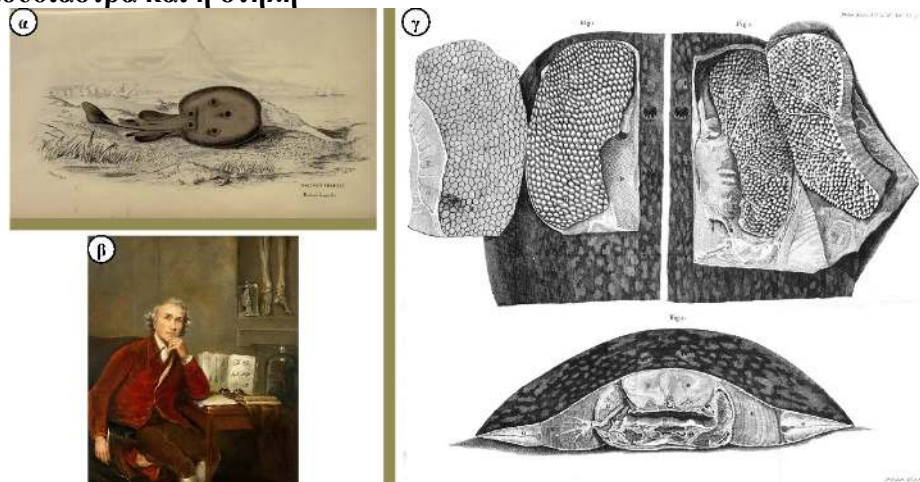
Εικόνα 10: α) Απόσπασμα της πρώτης επιστολής του Volta (άνω) με απόδοσή του στα Ελληνικά (κάτω). β) Σκίτσο που παριστάνει τους Carlisle (αριστερά) και Nicholson (δεξιά) να μελετούν την επίδραση της στήλης του Volta σε ηλεκτροσκόπιο. [32]. γ) Πίνακας ζωγραφικής με τίτλο «Η θεραπεία ενός πονοκεφάλου» του David Henry Friston (1820-1906)¹². δ) Προσωπογραφία του Benjamin Franklin (1706-1790)¹³. ε) Λουγδουνική λάγνηος και ηλεκτρική μπαταρία¹⁴ [33,34].

¹² Εικονίζεται μία μηχανή παραγωγής στατικού ηλεκτρισμού τύπου Wimshurst (κάτω αριστερά) καθώς και δύο φιάλες Leyden (λουγδουνικές λάγνηοι) (κάτω δεξιά).

¹³ Γραμματόσημο της Σοβιετικής Ένωσης, έκδοσης 1956

¹⁴ Ο Βενιαμίν Φραγκλίνος - Αμερικανός πολιτικός και επιστήμονας - θεωρείται ένας από τους πρώτους που εισήγαγε τον όρο ηλεκτρική «μπαταρία» (έναν στρατιωτικό όρο) το 1749 για να περιγράψει μία συστοιχία λουγδουνικών λαγήνων ενωμένων μεταξύ τους.

Α4. Η μουδιάστρα και η στήλη



Εικόνα 11: α) Σκίτσο της μουδιάστρας [35]. β) Πίνακας ζωγραφικής που απεικονίζει τον ανατόμο John Hunter (1728–1793). γ) Σκίτσο ανατομικών τομών του κεφαλιού της μουδιάστρας.

Δείχνονται οι κατόψεις των στηλών των ηλεκτρικών οργάνων της [36].

Οι ιατροί της αρχαιότητας δε γνώριζαν άλλη ηλεκτρική συσκευή, παρά μόνο το ψάρι «νάρκη» (torpedo, κοινώς μουδιάστρα). Το ψάρι αυτό όταν αγγίζεται με το χέρι προκαλεί ηλεκτρικά χτυπήματα και αιμωδία στον άνθρωπο [37]. Το 1782 ο Volta συνάντησε στο Λονδίνο τον John Walsh (1726-1795), κορυφαίο ειδικό για τα ηλεκτροφόρα ψάρια με συνεργάτη του τον ανατόμο John Hunter (1728–1793). Ο Hunter στη μελέτη του για τη μουδιάστρα ισχυρίζεται εμφατικά πως τα ηλεκτρικά όργανά της περιέχουν 470 κάθετες στήλες (ανάλογα με το μέγεθός της) που συνίστανται είτε από εξάγωνα ή ακανόνιστα πεντάγωνα διαχωριζόμενα με λεπτές μεμβράνες [36,38]. Η μελέτη αυτή αποτέλεσε, το πιθανότερο, έναυσμα της έρευνας του Volta [39].

Τη συσκευή που κατασκεύασε ο Volta την ονόμασε «τεχνητό ηλεκτρικό όργανο» σε αντιδιαστολή με το «φυσικό ηλεκτρικό όργανο» που βρίσκεται στη μουδιάστρα ή νάρκη. Σήμερα, η συσκευή αυτή φέρει την ονομασία «Στήλη του Volta».

Α5. Η απαρχή μιας «επανάστασης»



Εικόνα 12: α) «Ο Alessandro Volta παρουσιάζει το πείραμα της στήλης στον πρώτο Υπάτο» τοιχογραφία του Luigi Sabatelli (1772-1850) [40]. β) Προσωπικότητες της εποχής του Volta που απεικονίζονται σε γραμματόσημα¹⁵.

¹⁵ Davy: Κομόρες εκδ. 2008, Ampere: Μονακό εκδ. 1975, Faraday: Μ. Βρετανία εκδ. 1991, Berzelius: Σουηδία εκδ. 1979, Oersted: Δανία εκδ. 1951

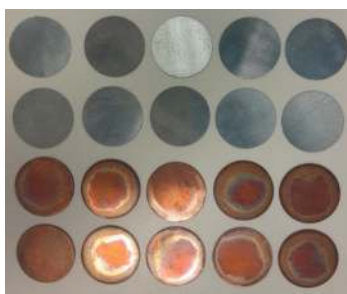
Μετά από πρόσκληση της επιτροπής του Γαλλικού Εθνικού Ινστιτούτου, ο Volta δίνει τρεις διαλέξεις το Νοέμβριο του 1801. Ανάμεσα στους επιστήμονες, βρίσκεται και ο Ναπολέων Βοναπάρτης, πρώτος Ύπατος της Γαλλίας [40].

Η νέα αυτή συσκευή είναι το εναρκτήριο λάκτισμα για την επιστήμη της Ηλεκτροχημείας. Στο «παιχνίδι» από νωρίς μπήκαν τρανταχτά ονόματα της διεθνούς τότε επιστημονικής κοινότητας.

Από τότε πέρασαν 225 χρόνια και όμως ο αγώνας για την κατασκευή μπαταριών διαφόρων δυνατοτήτων συνεχίζεται αμείωτος και εντατικός. Ο κατάλογος των συσκευών που χρησιμοποιούν μπαταρίες είναι μακρύς: βηματοδότες, ακουστικά βαρηκοΐας, οδοντόβουρτσες, παιχνίδια, αυτοκίνητα, ραδιόφωνα, υπολογιστές, κινητά τηλέφωνα, ρολόγια, φακοί φωτισμού, μέχρι και συσκευές αυτόματου ποτίσματος. Πώς θα ήταν άραγε η ζωή μας χωρίς αυτές;

Περιγραφή εργασίας

1. Ροδέλες χαλκού και ψευδαργύρου

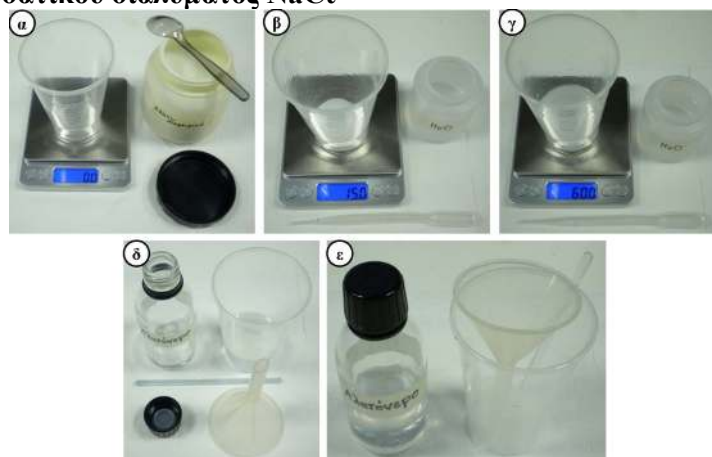


Εικόνα 13

α) Στο εμπόριο διατίθενται φύλλα Cu και Zn (τσίγκος) διαστάσεων 9x22cm και πάχους 1mm.

β) Σε εργαστήριο αποκοπής σχεδίων από πλαστικά, μέταλλα, ξύλα κόβονται από τα μεταλλικά αυτά φύλλα ροδέλες διαμέτρου 4cm.

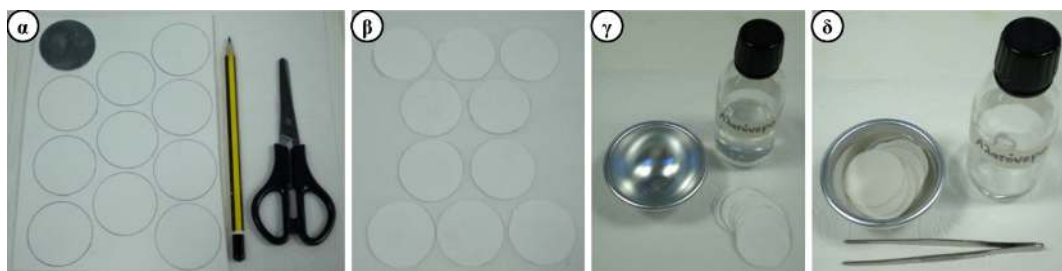
2. Παρασκευή υδατικού διαλύματος NaCl



Εικόνα 14

- α) Σε ηλεκτρονική ζυγαριά τοποθετούμε ένα πλαστικό ποτήρι και μηδενίζουμε την ένδειξή της.
- β) Με ένα κουταλάκι ρίχνουμε από το δοχείο που περιέχει αλάτι, στο πλαστικό ποτήρι 15g στερεού NaCl.
- γ) Με τη βοήθεια σταγονόμετρου αποχύνουμε μέσα στο πλαστικό ποτήρι 45g απιονισμένου H₂O.
- δ) Ανακινούμε κυκλικά το πλαστικό ποτήρι έως ότου το μείγμα να καταστεί ομογενές.
- ε) Μεταφέρουμε το αλατόνερο, συγκέντρωσης 25% w/w, σε γυάλινο φιαλίδιο με τη βοήθεια χωνιού και γυάλινης ράβδου.

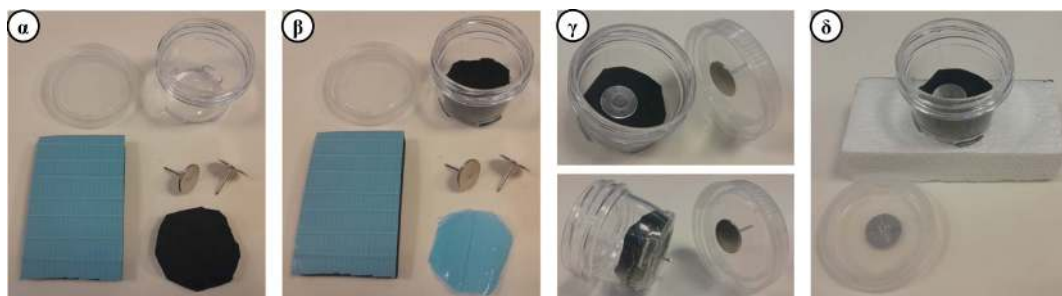
3. Μούλιασμα ροδελών από στυπόχαρτο



Εικόνα 15

- α) Με τη βοήθεια ροδέλας διαμέτρου 4cm και μολυβιού σχεδιάζουμε στο στυπόχαρτο 10 κυκλάκια.
- β) Αποκόπτουμε τις ροδέλες χρησιμοποιώντας ψαλιδάκι.
- γ) Σε ημισφαιρικό φορμάκι ή σε τρυβλίο petri αποχύνουμε το αλατόνερο περιεκτικότητας 25%w/w που παρασκευάσαμε.
- δ) Εμβαπτίζουμε τις ροδέλες από στυπόχαρτο μέσα στο αλατόνερο και τις αφήνουμε να απορροφήσουν αρκετό διάλυμα (μουλιάσουν). Για την βύθισή τους χρησιμοποιούμε λαβίδα.

4. Κατασκευή του κέλυφους

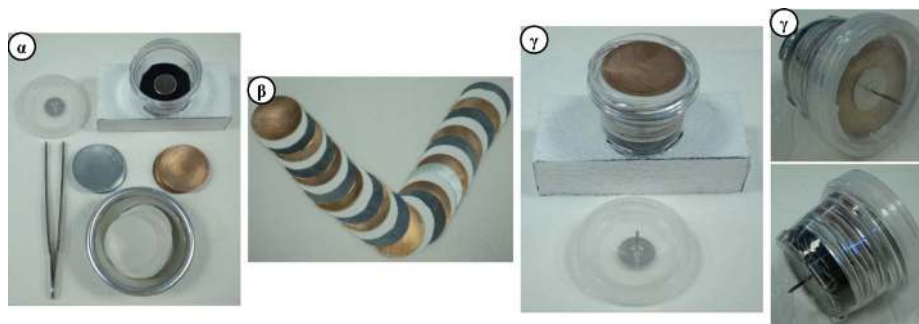


Εικόνα 16

- α) Από αυτοκόλλητο αεροστόπ αποκόπτουμε ροδέλα 4cm.
- β) Βγάζουμε το προστατευτικό πλαστικό και το κολλάμε στον πυθμένα ενός πλαστικού φιαλιδίου με βιδωτό καπάκι.
- γ) Τρυπάμε με πινέζες (η κεφαλή έχει διάμετρο 2cm και η βελόνα μήκος 1,7cm) τόσο τον πυθμένα όσο και το καπάκι του φιαλιδίου.

δ) Για να πετύχουμε την οριζόντια στάση του φιαλιδίου χρησιμοποιούμε αφρολέξ.

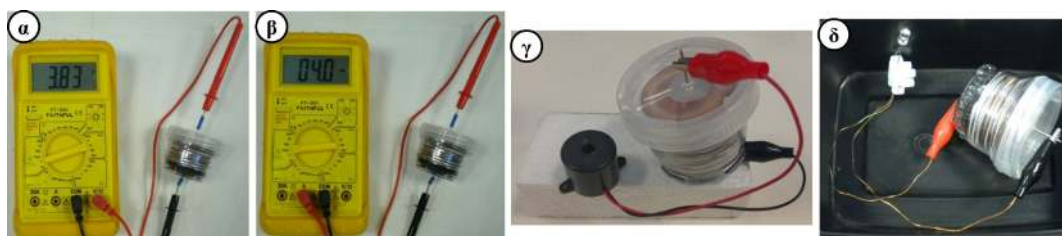
5. Κατασκευή της στήλης



Εικόνα 17

α-δ) Μέσα στο βαζάκι τοποθετούμε τη μία πάνω στην άλλη διαδοχικά μία ροδέλα από Zn, μετά τη ροδέλα με το εμποτισμένο με αλατόνερο στυπόχαρτο και τέλος τη ροδέλα από Cu. Η τριάδα αυτή ονομάζεται στοιχείο της στήλης του Volta. Με την ίδια τεχνική προσθέτουμε διαδοχικά άλλες 9 τριάδες. Όταν ολοκληρωθούν οι 10 τριάδες μέσα στο κέλυφος, βιδώνουμε το καπάκι.

6. Ιδιότητες της στήλης

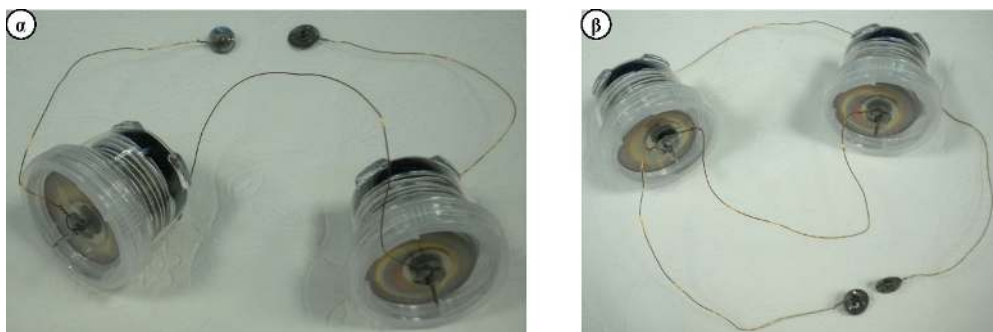


Εικόνα 18

- α) Συνδέουμε τη στήλη με πολύμετρο – βολτόμετρο από το οποίο λαμβάνουμε ένδειξη περίπου 3,8V.
- β) Συνδέουμε τη στήλη με πολύμετρο – αμπερόμετρο από το οποίο λαμβάνουμε ένδειξη περίπου 0,4mA.
- γ) Συνδέοντας τη στήλη με ακουστικό βομβητή / ειδοποιητή (beeper) ακούμε τον χαρακτηριστικό ήχο.
- δ) Συνδέοντας τη στήλη με LED παρατηρούμε να ανάβει αμυδρά.

7. Συνδεσμολογίες

Κατασκευάζοντας δύο στήλες μπορούμε να τις συνδέσουμε: α) σε σειρά, β) παράλληλα, να παρατηρήσουμε με το πολύμετρο τις διαφορετικές ενδείξεις και στη συνέχεια να τις αναλύσουμε στους μαθητές μας.



Εικόνα 19

Βιβλιογραφία

1. F. Roullion-Petit: *Tableaux historiques des campagnes d'Italie, depuis l'an IV jusqu'à la bataille de Marengo* (Auber de l'Imprimerie de L.É. Herhan, Paris, 1806)
2. Catalogue of the paintings in the Metropolitan Museum of Art (Published by the museum, New York, 1905)
3. W. Combe: *The Life of Napoleon: A Hudibrastic Poem in Fifteen Cantos* (T. Tegg, J. Dick, Edinburgh, 1815)
4. C. Saltzman: *Plunder• Napoleon's theft of Veronese's feast* (Farrar, Straus and Giroux, New York, USA, 2021) σ. 83-84&111-127
5. Wally Gobetz, <https://www.flickr.com/photos/wallyg/albums/> [Search= Paris-Musée du Louvre] (ημερομηνία προσπέλασης: 19/09/2025)
6. R.R. Palmer: *The age of the Democratic Revolution* (Princeton University Press, United Kingdom, 2014) σ.592
7. Γ.Δ. Παγκράτης: *Ιστορία της Ιταλίας (Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2015)* σ.113
8. M. Arago: *Historical Eloge of Alexander Volta*, *The Edinburgh New Philosophical Journal*, 16(31), (1834), 1-33
9. G. Barnard: *The Continental drawing book, for the use of advanced pupils being views in Switzerland, the Alps and Italian lakes* (Ackermann & Co., London, 1837)
10. S. Hogg, S. Brewer: *Frommer's Italy day by day* (Wiley Publishing, Inc., New Jersey, 2010) σ.31
11. A. Voltæ: *De vi attractiva ignis electrici ac phaenomenis inde pendentibus*. [©Σχετικά με την ελκτική δύναμη του ηλεκτρικού σπινθήρα και τα φαινόμενα που εξαρτώνται από αυτήν] (Octavii Staurengi impressoris episcopalis, Novo Comi, 1769)
12. A. Volta: *Seguito della lettera del Sig. D. Alessandro Volta al Signor Dottore Giuseppe Priestley*, *Scelta di Opuscoli interessanti tradotti da varie lingue*, 10, (1775), σ.87-113
13. J.L. Heilbron: *Elements of early modern physics* (University of California Press, London, 1982) σ.209
14. G.H. Mellin: *427 porträtter af namnkunniga svenske män och fruntimmer* (Project Runeberg, Tryckte Hos P.G. Berg, Stockholm, 1847) σ.90 plate178
15. S. Južnič: *Beijing Electrophorus*, *Quaderns D' Història de L' Enginyeria*, 22, (2024), 19-156
16. S. Rothlin: *Sextant*, *The Journal of the Macau Ricci Institute*, 12, (2023), 69

17. M. Košir, H. Wang: *Exhibition on Ferdinand Augustin Hallerstein and his monument* (Archives of the Republic of Slovenia, Ljubljana, 2024) σ.17
18. A. Volta: *Sull' aria infiammabile nativa delle paludi* (Nella stamperia di Giuseppe Marelli, Milano, 1777) σ.9
19. L. Figuier: *Les merveilles de l' Industrie ou description des principales industries modernes* (Furne, Jouvet et C^{ie}, Paris, 1873) σ.629
20. Museo Galileo, Virtual museum: <https://catalogue.museogalileo.it/> [Search=multimedia voltaic pistol]
21. Mars Hottentot: <https://www.flickr.com/photos/7344680@N06/5665397007/> (ημερομηνία προσπέλασης: 21/09/2025)
22. Renzo Dionigi, <https://www.flickr.com/photos/renzodionigi/> [Search= Albums > Pavia] (ημερομηνία προσπέλασης: 19/09/2025)
23. W.F. Crosswell: *Alessandro Volta and his battery*, IEEE Antennas and propagation Magazine, 34(2), (1992), 30-37
24. W.R. Shepherd: *Historical Atlas* (Henry Holt and Company, New York, 1911) σ.150
25. C. Cantu: *Grande Illustrazione del Lombardo-Veneto* (Corona e Caimi editori, Milan, 1859) vol.3 σ.763
26. A.G. Berzolari: *Alessandro Volta e la cultura scientifica e tecnologica tra '700 e '800* (Cisalino, Istituto Editoriale Universitario S.r.l., Milano, 1993) σ.368&375
27. Accademia Urbense <https://www.accademiaurbense.it/> [>Personaggi illustri dell'Ovadese]
28. Letter, 'Account of electricity excited by contact and conducting substances of different kind' from Alessandro Volta to Joseph Banks, in: The Royal Society (<https://makingscience.royalsociety.org/> [Search=Volta])
29. R.L. Poole: *Historical Atlas of Modern Europe* (<https://archive.org/> [Search= Historical Atlas Poole]), plate 59, The French Empire in 1810
30. Wellcome Collection (free museum and library) (<https://wellcomecollection.org/> [Search= Fairholt])
31. F. Bevilacqua, G. Bonera: *On the Electricity excited by the mere Contact of conducting Substances of different kinds*. Bicentenary Edition in French, English, German and Italian of the Letter to Sir Joseph Banks of the 20th of March 1800. (Ulrico Hoepli Editore S.p.A., Milano, 1999) σ.32
32. L. Figuier: *Les Merveilles de la science ou description populaire des inventions modernes* (Jouvet et C^{ie}, Éditeurs, Paris, 1867) σ.629
33. C.L. Heth: *Energy on demand: A brief history of the development of the battery*, Substantia 3(2) Suppl. 1, (2019), 73-82.
34. Museo Pedagógico «José Pedro Varela», Montevideo, Uruguay, <https://lagalenadelsur.com/2013/10/15/> (ημερομηνία προσπέλασης: 24/9/2025)
35. W. Jardine: *Galvani's Torpedo*, The Naturalist's Library, 35, (1843), 157-158
36. J. Hunter: *Anatomical observations on the Torpedo*, Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 63, (1773), 481-489
37. Γρ. Τσουκαλάς, Ι. Τσουκαλάς: *Η «Νάρκη» Το θεραπευτικό ηλεκτρικό ψάρι των αρχαίων ιατρών*, Ιατρική, 99(1-2), (2011), 65-68
38. G. Tsoucalas, M. Sgantzios: *Electric current to cure arthritis and cephalaea in ancient Greek medicine*, Mediterr. J. Rheumatol., 27(4), (2016), 198-203
39. G. Pancaldi: *Volta Science and culture in the age of enlightenment* (Princeton University Press, New Jersey, 2003) σ.212

40. G. Barsanti, G. Chelazzi: The museum of natural history of the University of Florence (Firenze University Press, Italy, 2009) σ.47

*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στον συγγραφέα.

SAFE: STEM Approach to Fire Extinguishing. Educational Robotics for Automatic Fire Detection and Suppression

*Μαθητές: Κατσούδας Απόστολος, Κοτσιαρίδης Βασίλης, Τσιγιάννη Αικατερίνα,
Τσολάκη Ιωάννα*

1^ο Πειραματικό Γενικό Λύκειο Νέας Ιωνίας Μαγνησίας

Υπεύθυνη καθηγήτρια: **Κουμπούρη Θεοδώρα**, ΠΕ-86 Πληροφορικής,
[dkou\[a\]uth.gr](mailto:dkou[a]uth.gr)

*(4^ο Αναπληρωματικό Βραβείο 13^{ων} Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών
και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών)*

Περίληψη

Η παρούσα διδακτική πρόταση έχει ως αντικείμενο την κατασκευή και προσομοίωση ενός αυτόματου συστήματος ανίχνευσης και κατάλληλης ανάληψης δράσης σε περίπτωση πυρκαγιάς, με τη χρήση εκπαιδευτικής ρομποτικής και μικροελεγκτή Arduino. Το σενάριο εφαρμόζεται ως δράση STEM σε Γυμνάσιο και Λύκειο και βασίζεται στη φιλοσοφία της διερευνητικής μάθησης και της ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας.

Στην υλοποίηση της πρότασης μπορούν να εμπλακούν και να συνεργαστούν πολλές ειδικότητες εκπαιδευτικών όπως φυσικοί (για την καλύτερη κατανόηση των φαινομένων), τεχνολόγοι (για την μακέτα), πληροφορικοί (για τον κώδικα) και άλλοι.

Αφετηρία αποτελεί ένα πραγματικό πρόβλημα: «Πώς μπορεί η τεχνολογία να συμβάλει στην έγκαιρη ανίχνευση και πρόληψη δασικών πυρκαγιών;». Μέσα από αυτό, οι μαθητές καλούνται να αναλάβουν τον ρόλο «μικρών ερευνητών» και να σχεδιάσουν, να υλοποιήσουν και να βελτιώσουν ένα λειτουργικό σύστημα, ακολουθώντας τα βήματα της επιστημονικής μεθόδου.

Η διδακτική διαδικασία οργανώνεται σε 4 φύλλα εργασίας, τα οποία οδηγούν σταδιακά από την απλή διερεύνηση στη σύνθεση ενός ολοκληρωμένου έργου που περιλαμβάνει 6 φάσεις:

1. Κατασκευή μακέτας προσομοίωσης, όπου οι μαθητές δημιουργούν το περιβάλλον εφαρμογής (π.χ. δέντρο, δάσος, πυροσβεστικός κρουνός).
2. Κατασκευή απλού κυκλώματος με LED και προγραμματισμός, με στόχο την κατανόηση βασικών εννοιών ειδοποίησης και ελέγχου.
3. Σύνδεση αισθητήρα φλόγας (flame sensor) και διερεύνηση της λειτουργίας του ως μέσου ανίχνευσης φωτιάς.
4. Ενσωμάτωση σερβοκινητήρα (servo motor) που αντιδρά σε σήμα φωτιάς, προσομοιώνοντας έναν μηχανισμό επέμβασης.
5. Σύνθεση όλων των κυκλωμάτων και ολοκληρωμένος προγραμματισμός, ώστε το σύστημα να λειτουργεί αυτόματα.
6. Παρουσίαση όλων των σταδίων του έργου από κάθε ομάδα και προτάσεις για βελτιώσεις.

Μέσα από αυτές τις δραστηριότητες, οι μαθητές αναπτύσσουν γνωστικές δεξιότητες (κατανόηση αισθητήρων και ενεργοποιητών, σύνθεση κυκλωμάτων, προγραμματιστική λογική), πρακτικές δεξιότητες (σχεδιασμός, πειραματισμός, βελτιστοποίηση) καθώς και

κοινωνικές δεξιότητες (συνεργασία, επίλυση προβλήματος, δημιουργικότητα). Το σενάριο καλλιεργεί, επίσης, θετικές στάσεις απέναντι στην τεχνολογία, αναδεικνύοντας τη χρησιμότητά της στην προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης ζωής.

Η εργασία, τέλος, χρησιμοποιώντας απλά, φτηνά υλικά καθώς και ανακυκλώσιμα υλικά στοχεύει στην αναπαραγωγή της ιδέας του σεναρίου από όσο το δυνατόν περισσότερα σχολεία και εκπαιδευτικούς.

Abstract

This teaching proposal focuses on the construction and simulation of an automatic fire detection and response system using educational robotics and an Arduino microcontroller. The scenario is implemented as a STEM activity in Junior and Senior High School and is based on the philosophy of inquiry-based learning and collaborative teaching.

The implementation of the proposal can involve and foster collaboration among different specialties of teachers, such as physics teachers (for a deeper understanding of the phenomena), technology teachers (for building the model), computer science teachers (for coding), and others.

The starting point is a real-world problem: *“How can technology contribute to the early detection and prevention of forest fires?”* Through this, students are invited to take on the role of “young researchers” and to design, implement, and improve a functional system by following the steps of the scientific method.

The teaching process is organized into four worksheets, which gradually guide students from simple exploration to the synthesis of a complete project comprising six phases:

1. Construction of a simulation model, where students create the application environment (e.g., tree, forest, fire hydrant).
2. Building a simple LED circuit and programming it, aiming at understanding basic concepts of alert and control.
3. Connecting a flame sensor and exploring its operation as a means of fire detection.
4. Integrating a servo motor that responds to fire signals, simulating an intervention mechanism.
5. Combining all circuits and developing complete programming, so that the system functions automatically.
6. Presentation of all project stages by each group, along with proposals for improvements.

Through these activities, students develop cognitive skills (understanding sensors and actuators, circuit integration, programming logic), practical skills (design, experimentation, optimization), as well as social skills (collaboration, problem-solving, creativity). The scenario also cultivates positive attitudes towards technology, highlighting its usefulness in protecting the environment and human life.

Finally, by making use of simple, inexpensive, and even recyclable materials, the project aims to facilitate the replication of the idea in as many schools and by as many teachers as possible.

Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

Ξεκινώντας μια συζήτηση σχετική με την κλιματική αλλαγή, τις φωτιές στη χώρα μας οι μαθητές καλούνται να βρουν στοιχεία στο διαδίκτυο σχετικά με τις προειδοποιήσεις που

μπορούμε να έχουμε. Προτεινόμενες διευθύνσεις: <https://firemap.live/> <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/> όπου υπάρχει χάρτης επικινδυνότητας. Στη συνέχεια να εντοπίσουν με αναζήτηση στο διαδίκτυο τρόπους ανίχνευσης πυρκαγιών με φτηνούς και εύχρηστους αισθητήρες.

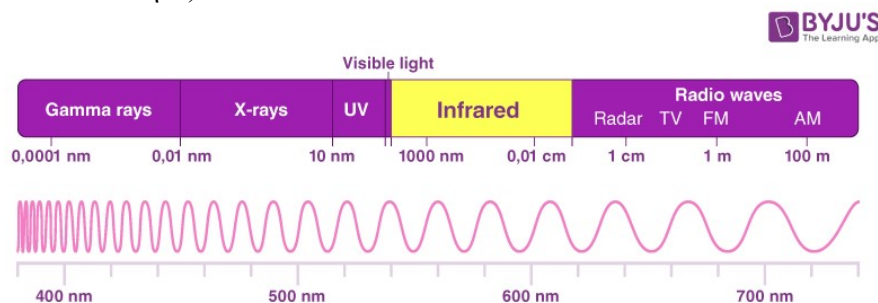
Το ερώτημα που τίθεται είναι: Μπορούμε να κατασκευάσουμε και εμείς ένα σύστημα που θα ανιχνεύει τις δασικές φωτιές και θα δρα αυτόνομα για να εξαλείψει τον κίνδυνο;

Οι κατασκευές που χρησιμοποιούν Arduino και αισθητήρες που προτείνονται για αυτό είναι ιδιαίτερα προσιτές.

Η ανίχνευση φωτιάς είναι κρίσιμη για την ασφάλεια σε βιομηχανικά, οικιακά και δασικά περιβάλλοντα. Η παραδοσιακή μέθοδος βασίζεται σε ανίχνευση καπνού ή θερμοκρασίας, αλλά αυτές οι τεχνικές έχουν καθυστερήσεις και μπορεί να παράγουν ψευδείς συναγερμούς. Η υπέρυθη (IR) ακτινοβολία, που εκπέμπεται από τις φλόγες λόγω της υψηλής θερμοκρασίας και των προϊόντων καύσης (π.χ. CO₂), προσφέρει έναν αξιόπιστο τρόπο πρόωμης ανίχνευσης.

Η Υπέρυθη ακτινοβολία (IR)

Η υπέρυθη ακτινοβολία αποτελεί ένα τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που βρίσκεται ανάμεσα στο ορατό φως και στα μικροκύματα. Το ορατό φως είναι μόνο ένα μικρό κομμάτι του φάσματος, ενώ το υπόλοιπο περιλαμβάνει πολλά είδη ακτινοβολιών: από τις ακτίνες γ και τις ακτίνες X (υψηλής ενέργειας, μικρού μήκους κύματος και επικίνδυνες για τον άνθρωπο) έως τα ραδιοκύματα και τα μικροκύματα (μεγάλο μήκος κύματος και μικρότερη επικινδυνότητα).

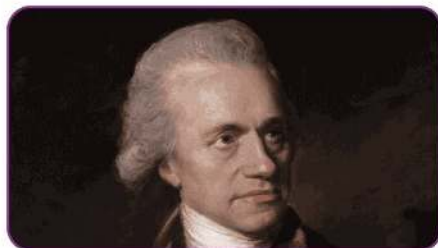


Εικόνα 1 : Η Υπέρυθη ακτινοβολία - εισαγωγή εικόνας από:
<https://byjus.com/physics/infrared-radiation/>

Η υπέρυθη ακτινοβολία έχει μήκος κύματος από 700 nm έως 1 mm. Είναι αόρατη στο ανθρώπινο μάτι, αλλά μπορεί να γίνει αντιληπτή ως θερμότητα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα: όταν βάζουμε το χέρι μας κοντά σε έναν θερμό φούρνο, νιώθουμε την υπέρυθη ακτινοβολία. Παρόλο που είναι αόρατη, ειδικές πηγές όπως παλμικά λέιζερ μπορούν να παράγουν υπέρυθη ακτινοβολία έως 1050 nm, η οποία υπό συγκεκριμένες συνθήκες μπορεί να γίνει αντιληπτή οπτικά.

Η υπέρυθη ακτινοβολία ανακαλύφθηκε το 1800 από τον William Herschel. Ο Herschel, εξετάζοντας τη θερμοκρασία διαφορετικών χρωμάτων του ορατού φάσματος, παρατήρησε ότι η θερμοκρασία αυξάνεται από το μπλε προς το κόκκινο. Τοποθετώντας ένα θερμόμετρο λίγο έξω από το κόκκινο άκρο του φάσματος, βρήκε ακόμη μεγαλύτερη θερμοκρασία,

αποδεικνύοντας έτσι την ύπαρξη «αόρατης θερμικής ακτινοβολίας», την οποία ονόμασε υπέρυθρη.



Εικόνα 2: William Herschel - εισαγωγή εικόνας από: <https://byjus.com/physics/infrared-radiation/>

Η υπέρυθρη ακτινοβολία έχει και σωματιδιακή και κυματική φύση (σύμφωνα με την κβαντική θεωρία): μπορεί να περιγράφεται είτε ως κύμα (ηλεκτρομαγνητικό κύμα) είτε ως σωματίδιο (φωτόνιο).

Κατηγοριοποίηση της υπέρυθρης ακτινοβολίας

Η υπέρυθρη ακτινοβολία χωρίζεται σε περιοχές, ανάλογα με το μήκος κύματος:

- Κοντινή υπέρυθρη (Near-IR): $0,75 - 1,4 \mu\text{m}$. Χρήσεις: επιστήμες υλικών, ιατρική, οπτικές ίνες, αισθητήρες τηλεχειριστηρίων, φωτογραφία.
- Βραχέων κυμάτων υπέρυθρη (Short-wave IR): $1,4 - 3 \mu\text{m}$. Χρήσεις: τηλεπικοινωνίες, στρατιωτικές εφαρμογές.
- Μεσαία υπέρυθρη (Medium IR): $3 - 8 \mu\text{m}$. Χρήσεις: χημική βιομηχανία, αστρονομία.
- Μακρών κυμάτων υπέρυθρη (Long-wave IR): $8 - 15 \mu\text{m}$. Χρήσεις: αστρονομικά τηλεσκόπια, οπτικές επικοινωνίες.
- Μακρινή υπέρυθρη (Far IR): $15 - 1000 \mu\text{m}$. Χρήσεις: κυρίως στη θεραπεία (π.χ. καρκίνος, αποκατάσταση ιστών).

Ειδικά το ανθρώπινο σώμα, στους 37°C , εκπέμπει υπέρυθρη ακτινοβολία περίπου 800 nm .

Ιδιότητες της υπέρυθρης ακτινοβολίας

- **Ενέργεια από τον ήλιο:** Ένα μεγάλο μέρος της ηλιακής ενέργειας φτάνει στη Γη ως υπέρυθρη ακτινοβολία. Η ισορροπία μεταξύ απορρόφησης και εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας είναι κρίσιμη για το κλίμα.
- **Εγκάρσια κύματα:** Τα υπέρυθρα κύματα είναι εγκάρσια — η ταλάντωση γίνεται κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης.
- **Μήκος κύματος:** Κυμαίνεται από $0,7$ έως $1000 \mu\text{m}$ (1 mm). Το μικρότερο καταγράφεται περίπου στα $0,7 \mu\text{m}$ και το μεγαλύτερο μπορεί να φτάσει τα $350\text{--}1000 \mu\text{m}$.
- **Ταχύτητα:** Η υπέρυθρη ακτινοβολία ταξιδεύει με την ταχύτητα του φωτός ($299.792.458 \text{ m/s}$).
- **Κυματοσωματιδιακή δυαδικότητα:** Η υπέρυθρη ακτινοβολία συμπεριφέρεται και ως κύμα και ως φωτόνιο.
- **Απορρόφηση και ανάκλαση:**
 - Απορρόφηση: όζον, CO_2 , υδρατμοί.

- ο Ανάκλαση: χιόνι, αλουμινόχαρτο.
- **Διάθλαση και συμβολή:** Όπως όλα τα κύματα, τα υπέρυθρα υφίστανται διάθλαση (αλλαγή κατεύθυνσης) και συμβολή (συνδυασμός δύο κυμάτων με ίδιο μήκος κύματος).
- **Θερμικές ιδιότητες:** Η υπέρυθρη ακτινοβολία αυξάνει την κινητική ενέργεια των μορίων οξυγόνου και αζώτου, ανεβάζοντας τη θερμοκρασία τους. Έτσι γίνεται αντιληπτή ως θερμότητα.

Εφαρμογές της υπέρυθρης ακτινοβολίας

- **Επικοινωνίες:** Χρήση υπέρυθρων λέιζερ σε οπτικές επικοινωνίες, ειδικά σε περιοχές με υψηλή πυκνότητα.
- **Φασματοσκοπία:** Η υπέρυθρη δονητική φασματοσκοπία χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό μορίων μέσω των χαρακτηριστικών δονήσεών τους.
- **Αστρονομία:** Αστρονομικά τηλεσκόπια, κάμερες και ανιχνευτές χρησιμοποιούν υπέρυθρη ακτινοβολία για τη μελέτη αντικειμένων που εκπέμπουν θερμότητα (π.χ. αστέρες, γαλαξίες, νεφελώματα).
- **Ιατρική:** Χρήση σε φυσικοθεραπεία, καρκινοθεραπεία, αποκατάσταση ιστών.
- **Καθημερινές εφαρμογές:** Τηλεχειριστήρια τηλεόρασης, θερμικές κάμερες, συστήματα νυχτερινής όρασης, φωτογραφία.

Ο αισθητήρας φωτιάς που χρησιμοποιήσαμε είναι ο KY-026 αποτελείται από:

- μία υπέρυθρη φωτοδίοδο λήψης 5mm,
- έναν συγκριτή διπλής διαφορικής εισόδου LM393,
- ένα ποτενσιόμετρο τριμαρίσματος 3296W,
- 6 αντιστάσεις,
- 2 LED,
- και 4 αρσενικά pin σύνδεσης (header pins).
- Διαθέτει αναλογική και ψηφιακή έξοδο.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του αισθητήρα είναι:

- Τάση λειτουργίας: 3.3V ~ 5.5V
- Εύρος ανίχνευσης μήκους κύματος υπέρυθρων: 760 nm ~ 1100 nm
- Γωνία ανίχνευσης αισθητήρα: 60°
- Διαστάσεις πλακέτας: 1.5 cm × 3.6 cm (0.6 in × 1.4 in)

Ο συγκεκριμένος αισθητήρας που χρησιμοποιούμε είναι καλός για πειράματα και hobby projects: πιάνει φλόγα κεριού ή αναπτήρα σε μικρή απόσταση όμως για βιομηχανική αξιοπιστία, χρειάζονται αισθητήρες με μεγαλύτερη ακρίβεια και πιο ακριβοί.

Διδασκαλία

Το παρόν διδακτικό σενάριο στηρίζεται στις αρχές της διερευνητικής μάθησης, της μάθησης μέσω έργου (project-based learning) και της εκπαιδευτικής ρομποτικής στο πλαίσιο της διεπιστημονικής προσέγγισης STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics).

1. Διερευνητική Μάθηση

Η διερευνητική μάθηση τοποθετεί τον μαθητή στο κέντρο της εκπαιδευτικής διαδικασίας και τον καθιστά ενεργό υποκείμενο οικοδόμησης της γνώσης. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό,

η μάθηση πραγματοποιείται μέσα από τα στάδια: διατύπωση ερωτήσεων, διατύπωση υποθέσεων, πειραματισμός, συλλογή δεδομένων, ανάλυση και εξαγωγή συμπερασμάτων. Η προσέγγιση αυτή συνάδει με τις θεωρίες του κονστρουκτιβισμού και ευνοεί την ανάπτυξη κριτικής σκέψης και δεξιοτήτων επίλυσης προβλήματος. Στο σενάριο, οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν σε ένα πραγματικό ερώτημα: «Πώς μπορεί η τεχνολογία να συμβάλει στην έγκαιρη ανίχνευση και πρόληψη δασικών πυρκαγιών;».

2. Μάθηση μέσω έργου (Project-Based Learning)

Το σενάριο ακολουθεί τα χαρακτηριστικά της μάθησης μέσω έργου, καθώς οι μαθητές και οι μαθήτριες συνεργάζονται για την επίλυση ενός αυθεντικού προβλήματος, κατασκευάζουν ένα λειτουργικό προϊόν (σύστημα ανίχνευσης φωτιάς) και παρουσιάζουν τα αποτελέσματά τους. Μέσα από αυτό, αναπτύσσονται τόσο γνωστικές όσο και κοινωνικές δεξιότητες (επικοινωνία, συνεργασία, υπευθυνότητα).

3. STEM και Εκπαιδευτική Ρομποτική

Η προσέγγιση STEM δίνει έμφαση στη διαθεματική διδασκαλία και στη σύνδεση επιστήμης, τεχνολογίας, μηχανικής και μαθηματικών σε ένα ενιαίο πλαίσιο. Η χρήση του Arduino και των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων ενισχύει την κατανόηση επιστημονικών αρχών (φυσική, ηλεκτρονική), ενώ παράλληλα προάγει τον τεχνολογικό γραμματισμό. Η εκπαιδευτική ρομποτική λειτουργεί ως γέφυρα μεταξύ θεωρίας και πράξης, παρέχοντας βιωματικές εμπειρίες που καλλιεργούν τη δημιουργικότητα και την καινοτομία.

4. Κοινωνικο-πολιτισμικές διαστάσεις

Το σενάριο δεν περιορίζεται στην τεχνική γνώση αλλά εντάσσεται σε ένα κοινωνικό πλαίσιο: την πρόληψη φυσικών καταστροφών. Μέσα από αυτό, αναδεικνύεται η αξία της τεχνολογίας για την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης ζωής. Η διάσταση αυτή συνδέει τη μάθηση με τις αρχές της εκπαίδευσης για την αειφορία, καθιστώντας τελικά τη γνώση κοινωνικά χρήσιμη.

Περιγραφή εργασίας

Πρόκειται για ένα ιδιαίτερα ευέλικτο σενάριο, όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον/την εκπαιδευτικό με πάρα πολλούς τρόπους. Έχει ληφθεί μέριμνα ώστε η κατασκευή να είναι χαμηλού κόστους και να απευθύνεται ακόμη και σε μαθητές και μαθήτριες που βρίσκονται στα πρώτα στάδια ενασχόλησης με τη ρομποτική.

Υλικά

Για το κύκλωμα:

1 arduino uno
1 breadboard
2 led
2 αντιστάσεις
1 flame sensor
1 micro servo motor
καλώδια

Για τη μακέτα:

1 κουτί παπουτσιών ή ένα καπάκι από φωτοτυπικό χαρτί

1 σκληρό χαρτόνι από το ρολό χαρτιού κουζίνας
1 άδειο μπουκάλι νερό
λίγο αλουμινόχαρτο

Προαπαιτούμενες γνώσεις

Οι μαθητές και οι μαθήτριες θα πρέπει:

- να έχουν ασχοληθεί με υλικά ρομποτικής
- να γνωρίζουν το pinout του Arduino Uno
- να έχουν εξοικειωθεί με το Arduino IDE

Διαδικασία

Η όλη διαδικασία αναμένεται να καλυφθεί σε 4 ώρες, εφόσον οι ομάδες δουλεύουν παράλληλα. Συγκεκριμένα:

- Η 1^η διδακτική ώρα θα χρησιμοποιηθεί για την συζήτηση και την αναζήτηση -επιλογή κατάλληλων υλικών για τα κυκλώματα.
- Οι επόμενες 2 διδακτικές ώρες για την υλοποίηση των κυκλωμάτων, τον προγραμματισμό τους και την κατασκευή της μακέτας. Παράλληλα θα συλλέγονται στοιχεία για την παρουσίαση.
- Η 4^η διδακτική ώρα για την αποτίμηση της λειτουργίας του μηχανισμού και τις διορθώσεις που πιθανά χρειαστούν καθώς και η δημιουργία της τελικής παρουσίασης.

Αρχικά οι μαθητές και μαθήτριες χωρίζονται σε 6 ομάδες που αποτελούνται από 3 ή 4 άτομα η κάθε μια. Οι ρόλοι που μπορούν να υπάρχουν σε κάθε ομάδα είναι: builder (κατασκευαστής του κυκλώματος), programmer (προγραμματιστής), cooperator (συνεργάτης που δίνει στοιχεία στις ομάδες 5 και 6) και ακολουθούν την παρακάτω διαδικασία:

- Η Ομάδα 1 υλοποιεί το φύλλο εργασίας 1 – υλοποιεί το κύκλωμα για τα LED και προγραμματίζει ανάλογα. Η σύνδεση ενός LED είναι ένα από τα πρώτα κυκλώματα που δημιουργεί κάποιος χωρίς ιδιαίτερη εμπειρία στη ρομποτική.
- Η Ομάδα 2 υλοποιεί το φύλλο εργασίας 2 – υλοποιεί το κύκλωμα για το fire sensor και προγραμματίζει ανάλογα. Η σύνδεση και η παρακολούθηση ενός αισθητήρα απαιτεί μικρή εμπειρία με τη ρομποτική.
- Η Ομάδα 3 υλοποιεί το φύλλο εργασίας 3 – υλοποιεί το κύκλωμα για το servo motor και προγραμματίζει ανάλογα. Η σύνδεση και ο έλεγχος ενός servo απαιτεί μικρή εμπειρία με τη ρομποτική.
- Η Ομάδα 4 δημιουργεί τη μακέτα και ενημερώνει την ομάδα 5 για το μήκος των καλωδίων που θα χρειαστεί η κατασκευή και το που και πως θα τοποθετηθούν τα υλικά στη μακέτα. Η ομάδα αυτή δε χρειάζεται εμπειρία στη ρομποτική αλλά η επαφή της με τις ομάδες που ασχολούνται με τα κυκλώματα μπορεί να δώσει μια αρχική εικόνα και επαφή με τον κόσμο της ρομποτικής.
- Η Ομάδα 5 υλοποιεί το φύλλο εργασίας 4 – υλοποιεί το τελικό κύκλωμα έχοντας τη βοήθεια του cooperator της κάθε ομάδας, και υλοποιεί το πρόγραμμα που περιγράφεται σε βήματα στο φύλλο εργασίας και ελέγχει για τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Η ομάδα αυτή αποτελείται από άτομα που γνωρίζουν πολύ καλά τόσο τα υλικά όσο και κατασκευή κυκλωμάτων και προγραμματισμό.
- Η Ομάδα 6 συλλέγει στοιχεία, λαμβάνει φωτογραφικά στιγμιότυπα και βίντεο από όλες τις ομάδες και κάνει την τελική παρουσίαση της κατασκευής όσο και των

στοιχείων που συγκέντρωσε για την κλιματική αλλαγή, τις φυσικές καταστροφές, το αντίκτυπο στις κοινωνίες και πως μπορούμε να συμβάλουμε για να μειωθούν οι κίνδυνοι από αυτές. Στην ομάδα αυτή μπορεί να ανήκουν άτομα με καλλιτεχνικά ενδιαφέροντα, που έχουν λίγη ή καθόλου εμπειρία στη ρομποτική. Η καταγραφή των εργασιών των άλλων ομάδων αναμένεται να δώσει σε αυτούς μια καλή πρώτη εμπειρία το πως είναι ένα κύκλωμα και πως προγραμματίζεται.

Βέβαια, ο/η εκπαιδευτικός μπορεί να διαμορφώσει κατάλληλα τις ομάδες και να αφαιρέσει ή/και να προσθέσει ρόλους ανάλογα με την εμπειρία των μαθητών του και το ρυθμό που επιθυμεί να ακολουθήσει η τάξη του. Τέλος, θα μπορούσε να ακολουθήσει γραμμικά μία-μία φάση οπότε όλες οι ομάδες να υλοποιούν τα φύλλα εργασίας με τη σειρά. Αυτό εξαρτάται και από το διαθέσιμο χρόνο και τα διαθέσιμα υλικά που του/της εκπαιδευτικού.

Ο/η εκπαιδευτικός αναλαμβάνει το ρόλο του καθοδηγητή/εμπνευστή της όλης διαδικασίας. Η καθοδήγηση ιδανικά σταδιακά θα είναι μειούμενη και η αυτενέργεια των μαθητών και μαθητριών αναμένεται να ενισχύεται καθώς η εργασία προχωρά.

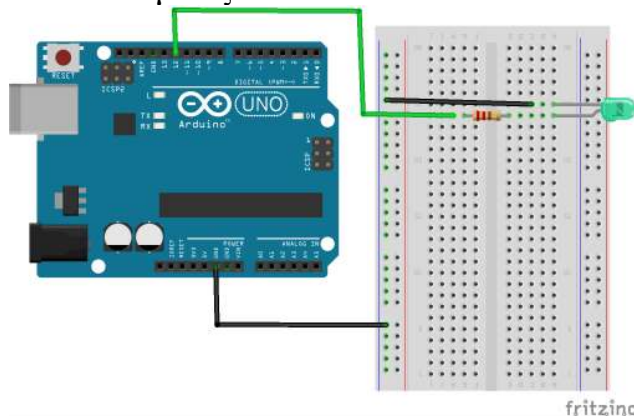
Η αξιολόγηση είναι διαμορφωτική σε όλα τα στάδια και κορυφώνεται με την παρουσίαση του ολοκληρωμένου συστήματος από κάθε ομάδα. Ο/η εκπαιδευτικός παρατηρεί τον τρόπο εργασίας των ομάδων, ώστε να εξασφαλίσει ότι η συνεργασία είναι αρμονική. Σημαντικό στοιχείο αποτελεί ο αναστοχασμός, κατά τον οποίο οι μαθητές συζητούν δυσκολίες, βελτιώσεις και πιθανές εφαρμογές του έργου σε πραγματικές συνθήκες.

Η προσομοίωση

Με την ενεργοποίηση του fire sensor θα μετακινείται ο servo motor που αναπαριστά έναν πυροσβεστικό κρουνό και θα στρέφεται από τις 180 μοίρες στις 10, ώστε υποθετικά να ανοίγει το νερό και να σβήνει τη φωτιά χωρίς να χρειαστεί ανθρώπινη παρέμβαση. Αφού περάσει κάποιος χρόνος (π.χ. 8 sec), η φωτιά θα σβήνει (στην προσομοίωσή μας θα σβήνει το κόκκινο LED, θα ανάβει το πράσινο LED και θα επιστρέφει στην αρχική του θέση ο servo motor).

Η κατασκευή

Δημιουργία του πρώτου κυκλώματος



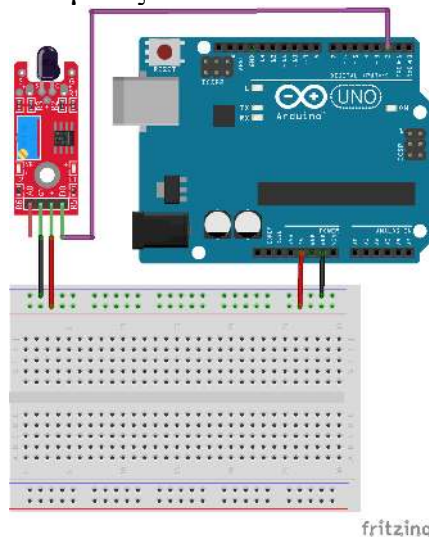
Εικόνα 3: Κύκλωμα με LED

Οι μαθητές και οι μαθήτριες καλούνται να δημιουργήσουν ένα κύκλωμα με ένα πράσινο LED (Εικόνα 1). Τους δίνεται το διάγραμμα του κυκλώματος και ο προγραμματισμός του για ένα LED. Τους ζητείται να αλλάξουν τον κώδικα ώστε να ανάβει και να σβήνει σε

διαφορετικούς χρόνους. Τέλος, τους ζητείται να προσθέσουν ένα ακόμη κόκκινο LED και να ρυθμίσουν με συγκεκριμένο τρόπο το άναμμα και το σβήσιμό τους.

Αυτό το κύκλωμα θα συνδυαστεί με τα υπόλοιπα και θα τοποθετηθεί μέσα στο μπουκάλι νερού που θα παριστάνει το δέντρο και θα πρέπει να είναι πάντα πράσινο εκτός από όταν ανάψουμε τον αναπτήρα και ενεργοποιηθεί ο fire sensor οπότε και θα σβήνει το πράσινο LED και θα ανάβει το κόκκινο.

Δημιουργία του δεύτερου κυκλώματος

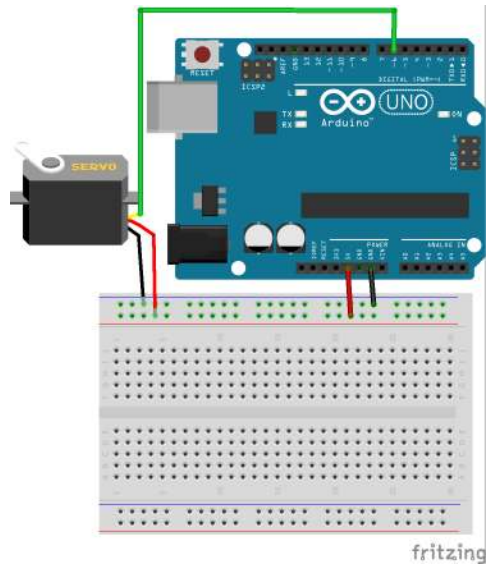


Εικόνα 4: Κύκλωμα με Flame Sensor

Οι μαθητές και οι μαθήτριες καλούνται να δημιουργήσουν ένα κύκλωμα με ένα flame sensor (Εικόνα 2) και να προσθέσουν ένα κώδικα. Ο κώδικας αυτός έχει ένα χρόνο δειγματοληψίας ο οποίος είναι ιδιαίτερα μεγάλος με αποτέλεσμα να εμφανίζονται λάθος αποτελέσματα. Στη συνέχεια, τους δίνεται οδηγία να παρακολουθήσουν τα μηνύματα στο serial monitor. Μετά από μερικές δοκιμές θα εντοπίσουν τον κατάλληλο χρόνο δειγματοληψίας ώστε να εμφανίζονται τα σωστά αποτελέσματα. Έτσι, οι μαθητές και οι μαθήτριες αναλαμβάνουν πρωτοβουλίες, πειραματίζονται με διάφορες τιμές και θέτουν τα δικά τους ερωτήματα στα οποία αναμένεται να απαντήσουν οι ίδιοι, ελέγχοντας τη διαδικασία μάθησης τους και αναλαμβάνουν ενεργό ρόλο στη μάθηση.

Δημιουργία του τρίτου κυκλώματος

Οι μαθητές και οι μαθήτριες καλούνται να δημιουργήσουν ένα κύκλωμα με ένα servo motor (Εικόνα 3) και να προσθέσουν ένα κώδικα. Καλούνται να κατανοήσουν την έννοια της βιβλιοθήκης στον κώδικα και τι σημαίνουν οι εντολές που χρησιμοποιούνται. Έτσι, αφού διαβάσουν τον κώδικα πρέπει να υποθέσουν και να περιγράψουν πριν εκτελέσουν το πρόγραμμα πως θα κινηθεί ο κινητήρας. Στη συνέχεια εκτελούν τον κώδικα και ανακαλύπτουν αν υπέθεσαν σωστά ή όχι. Η γνωστική σύγκρουση που μπορεί να προκύψει στη συγκεκριμένη περίπτωση θα τους οδηγήσει να ανακαλύψουν μόνοι τους και μόνες τους το λάθος, με αποτέλεσμα να εμπεδώσουν τον σωστό τρόπο που λειτουργεί το κύκλωμα με βάση τις εντολές του κώδικα. Τέλος, πρέπει να δώσουν κατάλληλες εντολές ώστε να κινούν το servo motor σε διάφορες γωνίες και σε διαφορετικούς χρόνους.



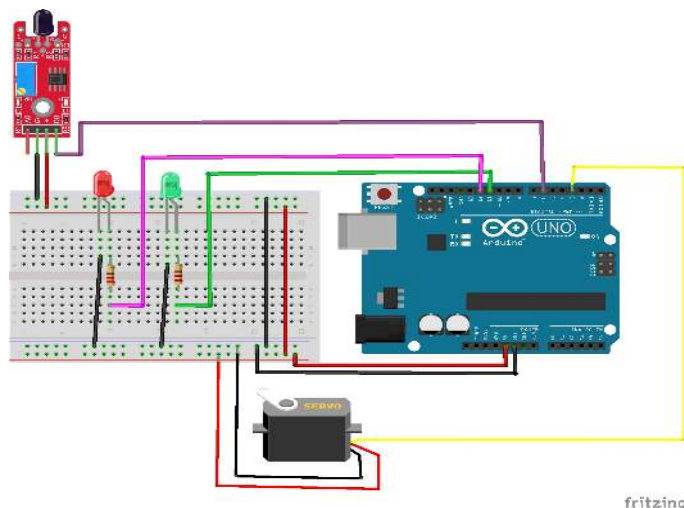
Εικόνα 5: Κύκλωμα με Servo Motor

Η Μακέτα

Οι μαθητές και οι μαθήτριες καλούνται να αναπτύξουν τις τεχνικές και καλλιτεχνικές τους δεξιότητες. Ενδεικτικά, η μακέτα της κατασκευής μπορεί να είναι ένα απλό κουτί παπουτσιών και το δέντρο κάποιο ρολό χαρτιού ή ένας μικρός πλαστικός σωλήνας που χρησιμοποιεί απλά υλικά για να αναπαραστήσει ένα δέντρο και ένα πυροσβεστικό κρουνό, ακόμη όλα τα υλικά μπορεί να εκτυπωθούν και σε 3D printer αν υπάρχει διαθέσιμος. Οι μαθητές και οι μαθήτριες επιλέγουν τα υλικά κατασκευής της μακέτας. Τους δίνονται γενικές οδηγίες ώστε να αποφασίσουν τόσο για την τοποθέτηση των κυκλωμάτων και της μπαταρίας του συστήματος όσο και να μετρήσουν σωστά τις αποστάσεις των υλικών ώστε να ενημερώσουν τους δημιουργούς της τελικής κατασκευής για το μήκος των καλωδίων κ.α.

Ενώνοντας όλα τα κυκλώματα

Οι μαθητές και οι μαθήτριες που θα κατασκευάσουν αυτό το κύκλωμα θα πρέπει να επικοινωνούν με όλες τις άλλες ομάδες για τις λεπτομέρειες της κάθε κατασκευής. Θα τους δοθεί μόνο μια γενική περιγραφή της λειτουργίας της κατασκευής και θα πρέπει να σκεφτούν πώς θα δημιουργήσουν τόσο το τελικό πρόγραμμα όσο και τον κώδικα που θα ανταποκριθεί στην περιγραφή που τους δίνεται. Στο σημείο αυτό, καλούνται να θέσουν μόνοι και μόνες τα ερωτήματα, να τα απαντήσουν, να δοκιμάσουν τον κώδικα, να κάνουν τις απαραίτητες διορθώσεις ώστε όλα να λειτουργήσουν τελικά.



Εικόνα 6: Το ολοκληρωμένο κύκλωμα

Επεκτάσεις

Η πρόταση μπορεί να επεκταθεί με:

- Περισσότερα LED για εμφανέστερα αποτελέσματα.
- Περαιτέρω αυτοματισμούς όπως ηχητική ειδοποίηση με buzzer.
- Αντί για 2 led να χρησιμοποιηθεί rgb led ή led strip (που αποτελείται από 4 – 8 προγραμματιζόμενα led και τροφοδοσία 5V) για πιο έμπειρους μαθητές και μαθήτριες ώστε να υπάρχει έντονο φως.
- Αντί για servo motor μπορεί να χρησιμοποιηθεί motor pump όπου μια δεξαμενή η οποία θα ελέγχεται με αισθητήρα ως προς την στάθμη της θα παρέχει νερό για το σβήσιμο της φωτιάς όταν ενεργοποιηθεί η ειδοποίηση για τη φωτιά. Κάτι τέτοιο βέβαια προϋποθέτει αδιαβροχοποίηση της περιοχής που θα πέφτει το νερό.
- Μπορεί να δημιουργηθεί και εφαρμογή η οποία με τη χρήση τεχνητής νοημοσύνης και τροφοδοτούμενη με κατάλληλες φωτογραφίες θα ανιχνεύει και θα επιβεβαιώνει και αυτή την ύπαρξη φωτιάς και θα στέλνει με sms κατάλληλα μηνύματα στους κατοίκους της περιοχής.
- Μπορεί αντί για ενεργοποίηση του servo motor (που παριστάνει ένα πυροσβεστικό κρουνό) να αποστέλλεται ένα μήνυμα με bluetooth σε ένα ρομποτικό όχημα που θα ξεκινά για να σβήσει τη φωτιά.
- Έτσι, οι μαθητές εισάγονται σε πιο προχωρημένες έννοιες του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) και της έξυπνης τεχνολογίας.
- Συνολικά, το σενάριο συνδυάζει βιωματική και διερευνητική μάθηση, καλλιεργεί δεξιότητες STEM και παρέχει στους μαθητές τη δυνατότητα να συνδέσουν τη σχολική γνώση με ζητήματα αιχμής και κοινωνικής σημασίας, όπως η προστασία από φυσικές καταστροφές.

Βιβλιογραφία

1. Κόκκοτας, Παναγιώτης Β.: 'Διδακτική των φυσικών επιστημών' (Ιδιωτική Έκδοση, Αθήνα, 2004)

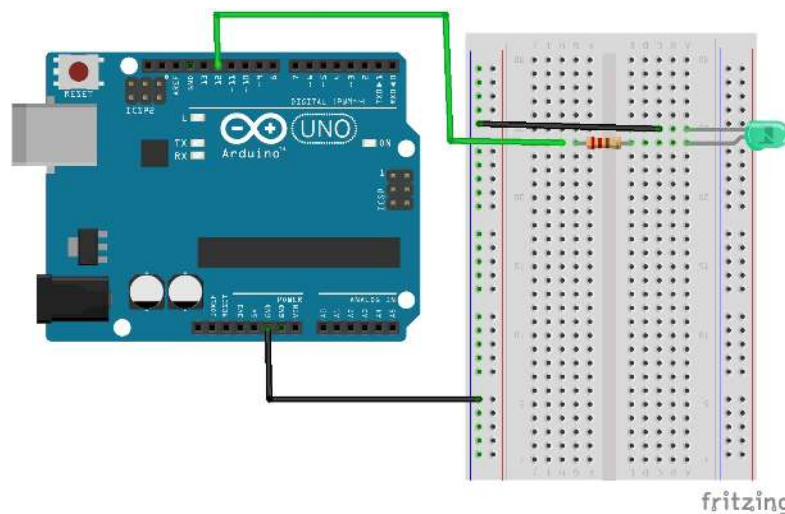
2. Ματσαγγούρας, Ηλίας Γ.: 'Θεωρία και πράξη της διδασκαλίας: I. Θεωρία της διδασκαλίας · II. Στρατηγικές διδασκαλίας' (Gutenberg – Γιώργος & Κώστας Δαρδανός, Αθήνα, 2011)
3. Arduinomodules, <https://arduinomodules.info/ky-026-flame-sensor-module/> (ημερομηνία προσπέλασης: 25/09/2025)
4. Bordbar H et al., 'Flame detection by heat from the infrared spectrum: Optimization and sensitivity analysis', https://acris.aalto.fi/ws/portalfiles/portal/93149466/1_s2.0_S0379711222001503_main.pdf (ημερομηνία προσπέλασης: 25/09/2025)
5. Bybee, Rodger W.: 'The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities' (NSTA Press, Arlington, Virginia, 2013)
6. Kellie Beall, William Grosshandler and Heinz Luck, https://tsapps.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=916901 (ημερομηνία προσπέλασης: 25/09/2025)
7. Piaget, Jean: 'The Psychology of Intelligence' (Routledge & Kegan Paul Ltd, Λονδίνο, 1950)
8. Vygotsky, L. S.: 'Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes' (Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1978)

Παράρτημα

Φύλλο Εργασίας 1 – LED

Ακολουθήστε τις παρακάτω οδηγίες:

1. Να κατασκευάσετε το παρακάτω κύκλωμα χωρίς να έχετε τον μικροελεγκτή Arduino συνδεδεμένο στον Η/Υ.



Υλικά

- 1 Arduino Uno
- 1 Breadboard
- 1 LED 5mm
- 1 Αντίσταση 220Ω (RRB)
- Καλώδια

Εικόνα 7: Σύνδεση LED

2. Να γράψετε το παρακάτω πρόγραμμα στον περιβάλλον του Arduino (IDE)
- ```
void setup()
{
```

```
pinMode(12, OUTPUT);
}
```

```
void loop()
```

```
{
 digitalWrite(12, HIGH); // Άναψε (high=on) το Led 12
 delay(1000); // Περίμενε 1000msec (1sec)
 digitalWrite(12, LOW); // Σβήσε (low=off) το Led 12
 delay(1000); // Περίμενε 1000msec (1sec)
}
```

3. Συνδέστε το Arduino κάντε επικύρωση για έλεγχο λαθών και ανεβάστε το πρόγραμμα στον μικροελεγκτή

4. Τι θα αλλάζατε έτσι ώστε το LED να αναβοσβήνει πιο γρήγορα? \_\_\_\_\_

5. Τι θα αλλάζατε έτσι ώστε το LED να ανάβει στιγμιαία κάθε 3 sec? \_\_\_\_\_

6. Κάντε τις απαραίτητες αλλαγές έτσι ώστε το LED να ανάβει από το Pin 7.

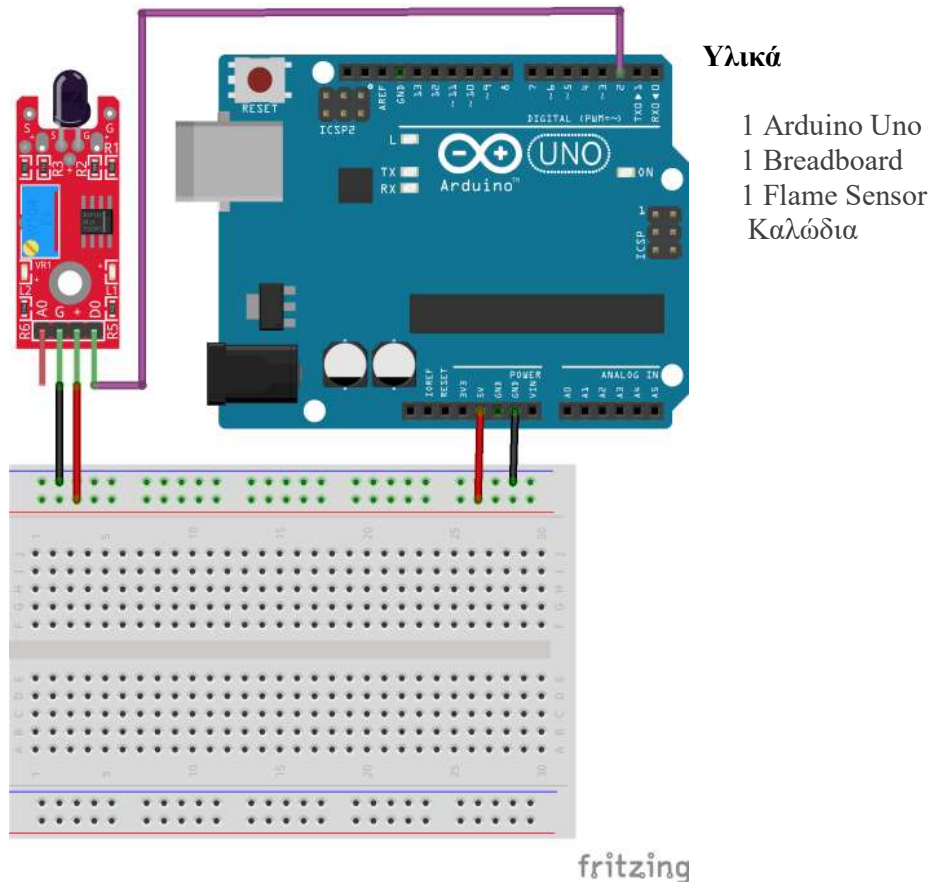
7. Συνδέστε ακόμη ένα κόκκινο LED στο pin 11 και αλλάξτε το πρόγραμμα ώστε να ανάβουν ταυτόχρονα και τα 2 LED για 1 sec και να σβήνουν για 2 sec.

8. Αλλάξτε το πρόγραμμα ώστε να ανάβει για 1 sec το ένα και για 1 sec το άλλο LED.

## Φύλλο Εργασίας 2 – Flame Sensor

**Ακολουθήστε τις παρακάτω οδηγίες:**

1. Να κατασκευάσετε το παρακάτω κύκλωμα **χωρίς** να έχετε τον μικροελεγκτή Arduino συνδεδεμένο στον H/Y.



*Εικόνα 8: ο Flame Sensor*

2. Να γράψετε το παρακάτω πρόγραμμα στον περιβάλλον του Arduino (IDE)
 

```

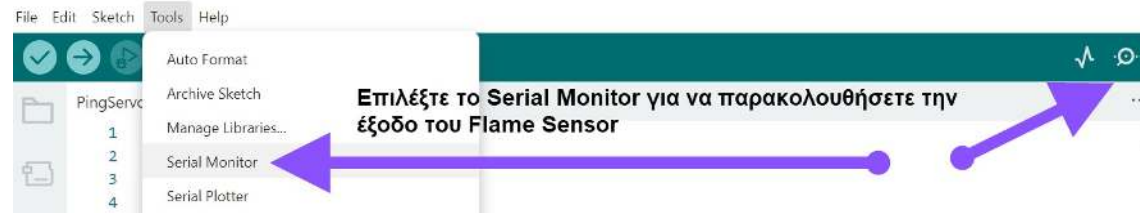
int flame = 3; // Σύνδεση του Flame sensor στο digital pin 3
int flameDetection = LOW; // Μεταβλητή που χρησιμοποιούμε για να
 αποθηκεύσουμε την κατάσταση που βρίσκεται το pin3
void setup() {
 pinMode(flame, INPUT); // Ορίζουμε το pin 3 σαν είσοδο που θα δέχεται τιμές
 Serial.begin(9600); // Ξεκινάμε την σειριακή επικοινωνία στα 9600 baud rate
}
void loop() {
 flameDetection = digitalRead(flame); // Διαβάζουμε την έξοδο του flame sensor
 if (flameDetection == HIGH) {
 Serial.println("Flame detected!"); // Αν λάβουμε τιμή HIGH, τότε σημαίνει ότι
 ανιχνεύτηκε φωτιά και εμφανίζουμε κατάλληλο μήνυμα στο serial monitor
 } else {
 Serial.println("No flame detected."); // Αν λάβουμε τιμή LOW, τότε σημαίνει ότι
 δεν ανιχνεύτηκε φωτιά και εμφανίζουμε κατάλληλο μήνυμα στο serial monitor
 }
 delay(20000); // Περιμένουμε 20 second πριν να κάνουμε την επόμενη ανάγνωση
 της κατάστασης του flame sensor

```

}

3. Συνδέστε το Arduino και ανεβάστε το πρόγραμμα στον μικροελεγκτή

4. Ανοίξτε το Serial Monitor:



Εικόνα 9: Serial Monitor

και παρακολουθήστε τα μηνύματα που εμφανίζονται όταν δεν ανάβετε φωτιά και όταν ανάψετε φωτιά με ένα αναπτήρα. Είναι πάντα σωστά τα αποτελέσματα;

5. Συζητήστε στην τάξη τα αποτελέσματά σας και πείτε τη γνώμη σας για το που οφείλονται αυτά.

6. Δοκιμάστε να αλλάξετε το χρόνο που μεσολαβεί για τις μετρήσεις. Και καταγράψτε τα αποτελέσματα. Πότε έχουμε πιο αξιόπιστες μετρήσεις σε σχέση με το χρόνο που ορίζουμε και γιατί;

---

---

---

---

---

---

---

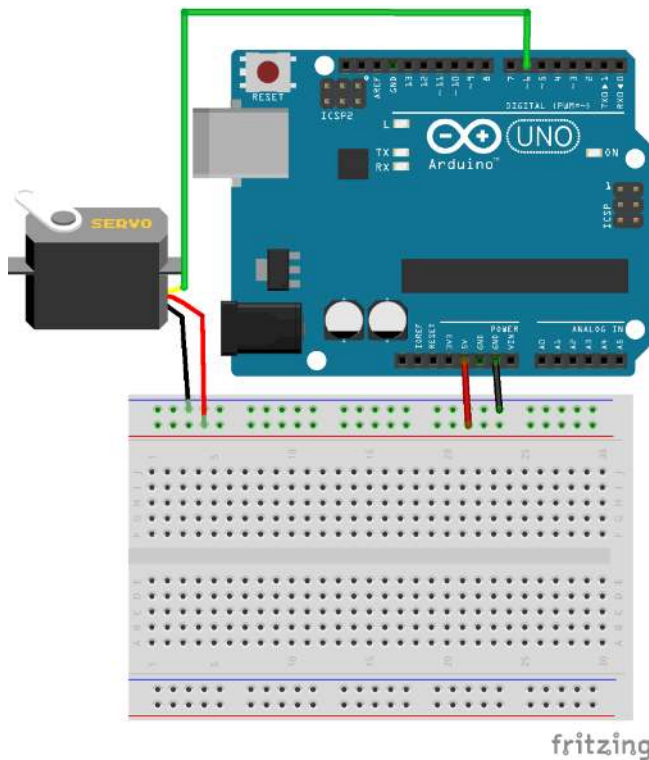
7. Συζητήστε στην τάξη τις εξηγήσεις που δίνετε στην προσπάθειά σας να πάρετε ακριβέστερες μετρήσεις.

### Φύλλο Εργασίας 3 – Servo Motor

Ακολουθήστε τις παρακάτω οδηγίες:

1. Να κατασκευάσετε το παρακάτω κύκλωμα **χωρίς** να έχετε τον μικροελεγκτή Arduino συνδεδεμένο στον Η/Υ.





### Υλικά

1 Arduino Uno  
1 Breadboard  
1 Servo Motor  
Καλώδια

Εικόνα 10: ο Servo Motor

2. Να γράψετε το παρακάτω πρόγραμμα στον περιβάλλον του Arduino (IDE)

```
#include <Servo.h> // Χρησιμοποιούμε τη βιβλιοθήκη Servo.h
Servo myservo; // Δημιουργούμε το αντικείμενο servo με όνομα myservo
int pos = 0; // Μεταβλητή που αποθηκεύουμε τη θέση του servo
void setup() {
 myservo.attach(6); // Συνδέουμε τον servo στο pin 6
}
void loop() {
 for (pos = 0; pos <= 180; pos += 1) { // Ξεκινάμε από τις 0 μοίρες αυξάνοντας κατά 1 μοίρα
 // μέχρι τις 180 μοίρες, σύνταξη: for(αρχική τιμή; τελική τιμή; βήμα)
 myservo.write(pos); // ο servo μετακινείται σύμφωνα με την τιμή που περιέχει η
 // μεταβλητή 'pos'
 delay(15); // ορίζουμε μια καθυστέρηση 15 ms για να φτάσει ο servo στην καθορισμένη
 // θέση
 }
 for (pos = 180; pos >= 0; pos -= 1) { // Ξεκινάμε από τις 180 μοίρες μειώνοντας κατά 1
 // μοίρα μέχρι τις 0 μοίρες, σύνταξη: for(αρχική τιμή; τελική τιμή; βήμα)
 myservo.write(pos); // ο servo μετακινείται σύμφωνα με την τιμή που περιέχει η
 // μεταβλητή 'pos'
 delay(15); // ορίζουμε μια καθυστέρηση 15 ms για να φτάσει ο servo στην
 // καθορισμένη θέση
 }
}
```

}

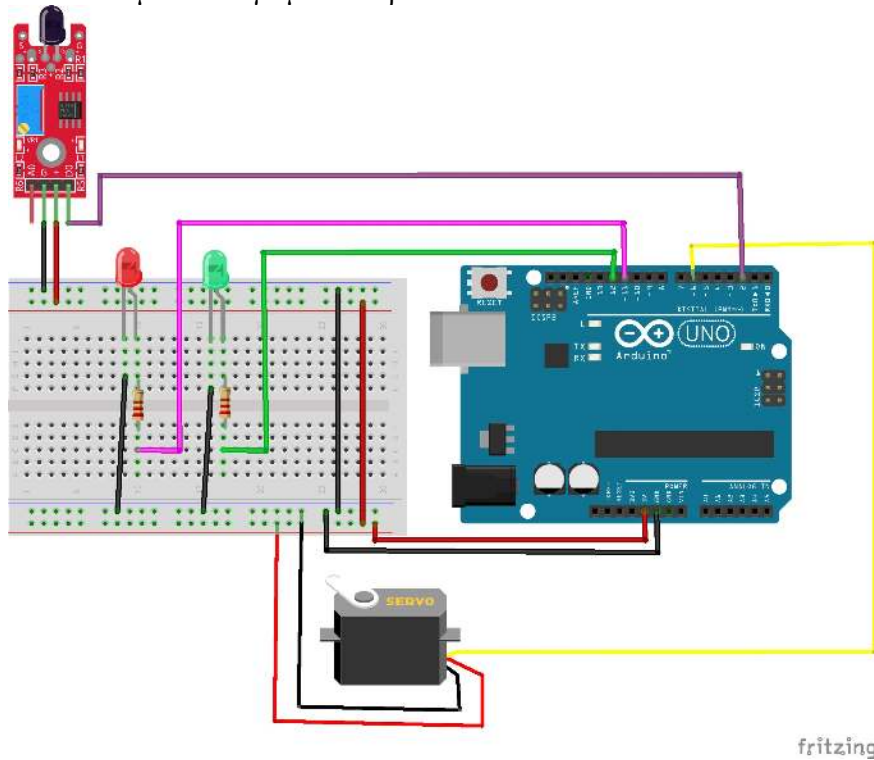
3. Πριν να εκτελέσετε το πρόγραμμα με βάση τον κώδικα που είδατε πως θεωρείτε ότι θα κινηθεί ο Servo; Εξηγήστε και συζητήστε στην τάξη την υπόθεσή σας.

---

4. Συνδέστε το Arduino και ανεβάστε το πρόγραμμα στον μικροελεγκτή  
5. Κινήθηκε ο Servo όπως αρχικά είχατε υποθέσει; Κυκλώστε την απάντησή σας: ΝΑΙ ΟΧΙ  
6. Αλλάξτε τον προγραμματισμό ώστε να αλλάζει η θέση του servo κάθε 6 μοίρες.  
7. Τι αλλαγές θα πρέπει να γίνουν στο πρόγραμμα ώστε να αλλάζει η θέση του κινητήρα από τις 0 μοίρες στις 60, να περιμένει 1 sec, να μετακινείται στις 120, να περιμένει 2 sec, να μετακινείται στις 180, να περιμένει 4 sec και να επαναλαμβάνει;

### Φύλλο Εργασίας 4 – Συνδυάζοντας

Προσπαθήστε να συνδυάσετε όλα τα παραπάνω κυκλώματα σε ένα. Θα πρέπει να προκύψει ένα κύκλωμα ανάλογο με το παρακάτω:



**Εικόνα 11: Ο συνδυασμός των κυκλωμάτων**

Σκεφτείτε τον προγραμματισμό του παραπάνω ώστε:

1. το πράσινο led μένει αναμμένο μέχρι να ενεργοποιηθεί ο fire sensor.
2. όταν ενεργοποιηθεί ο fire sensor σβήνει το πράσινο led και ανάβει το κόκκινο led.

3. γ. μετά από ένα δευτερόλεπτο ενεργοποιείται ο servo κινητήρας όπου θα πρέπει να κινηθεί προς το «δέντρο» ώστε να σβήσει τη φωτιά. Φροντίστε να έχει απόσταση από το «έδαφος» περίπου 15 μοίρες.
4. δ. μετά από 5 δευτερόλεπτα σε αυτή τη θέση σβήνει το κόκκινο led, ανάβει το πράσινο led και μετά από 1 δευτερόλεπτο ο servo κινητήρας γυρίζει στην αρχική του θέση.

\*Το copyright των φωτογραφιών και των σχημάτων ανήκει στην συγγραφέα.

## Εκπαιδευτική πρόταση διδασκαλίας του μαθηματικού εκκρεμούς και με τη βοήθεια του Α.Ι.

*Μαθητές: Θωμάς Αρχοντόπουλος, Άρης Δεμπονέρας Ιωάννης Κεστεμπέκης,  
Δέσποινα Σαββέλη, Σωτήρης Γεωργίου, Παναγιώτης Παπαγιαννόπουλος  
Ιδιωτικό Γυμνάσιο Γ. Μαλλiάρα*

Υπεύθυνος καθηγητής: Δρ. Κοντοκώστας Γεώργιος, Φυσικός, [gakon67\[a\]hotmail.com](mailto:gakon67[a]hotmail.com)

(Έπαινος 13<sup>ov</sup> Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών)

### Περίληψη

Με τη μεθοδολογία που εφαρμόσαμε τονίζονται οι διαδικασίες και όχι η σειρά που πρέπει να ακολουθηθεί. Καταβάλλαμε προσπάθεια για υπέρβαση της απλής κατανόησης της έννοιας της ταλάντωσης.

### Abstract

The methodology we applied emphasizes the processes rather than the order to be followed. We made an effort to go beyond the simple understanding of the creation oscillation.

### Εισαγωγή

Η εκπαιδευτική διαδικασία στηρίζεται στην διερευνητική και επιστημονική μέθοδο, ακολουθώντας τα εξής πέντε βήματα:

Έναυσμα, Υπόθεση, Πείραμα, Θεωρία, Γενίκευση.

Η συχνή χρήση της διερευνητικής στρατηγικής αναπτύσσει τις γνωστικές δεξιότητες, αναπτύσσει την ερευνητική στάση του ατόμου, καθώς και την ικανότητα του να λειτουργήσει μέσα σε συνθήκες αβεβαιότητας και σύγκρουσης και να αποδέχεται τη διαφοροποίηση στη σκέψη και την πράξη. Ο ρόλος του μαθητή είναι να πειραματίζεται και να διακινδυνεύει λύσεις και προτάσεις τις οποίες καλείται να επαληθεύσει και να συστηματοποιήσει, με μικρό βαθμό καθοδήγησης.

Η εκπαιδευτική ενεργητική διαδικασία έχει διερευνητικό και ανακαλυπτικό χαρακτήρα, Dermott, L.(1996). Είναι μια αλληλεπιδραστική εκπαιδευτική δραστηριότητα πέντε βημάτων, όπου επιβεβαιώνονται ή απορρίπτονται υποθέσεις, που διατυπώνονται από τους εκπαιδευομένους.

**Πρώτο βήμα:** Έναυσμα ενδιαφέροντος. Παρουσιάζεται πληροφορία που αντλείται από το φυσικό περιβάλλον ή την επικαιρότητα με σκοπό την αφόρμηση μιας συγκεκριμένης διδασκαλίας.

**Δεύτερο Βήμα:** Διατύπωση υποθέσεων. Αρχικά διατυπώνονται οι προβληματισμοί των μαθητριών/των μέσα από συζήτηση και σταδιακά εκμαιεύονται οι αρχές και η θεωρία.

**Τρίτο Βήμα:** Πειραματισμός. Μέσα από έρευνα και πειραματισμό πραγματοποιούνται υπολογισμοί και ποσοτικοί συσχετισμοί και αξιολογούνται αποτελέσματα.

**Τέταρτο Βήμα:** Διατύπωση θεωρίας και συμπέρασμα. Συγκεντρώνονται τα αποτελέσματα, διατυπώνονται συμπεράσματα και θεωρίες.

**Πέμπτο Βήμα:** Γενίκευση συμπερασμάτων. Στο τελικό στάδιο της διαδικασίας, γίνεται προσπάθεια εφαρμογής των συμπερασμάτων και σε άλλες παρόμοιες διαδικασίες και φαινόμενα του φυσικού μας κόσμου. (Καλκάνης, 2007; 2010)

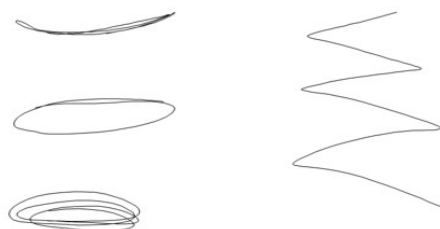
## Μεθοδολογία

Η διδακτική παρέμβαση πραγματοποιήθηκε σε 30 μαθήτριες/τες, της Γ΄ γυμνασίου το σχολικό έτος 2024-25. Στην αρχή, παρωθούσαμε το ενδιαφέρον των μαθητριών/των (ακολουθώντας το πρώτο μεθοδολογικό βήμα) με την επίδειξη των περιοδικών φαινομένων, που παρατηρούμε στη φύση.

### 1ο Βήμα –Έναυσμα ενδιαφέροντος - Πληροφορούμαι

Κατόπιν τους ζητήσαμε να φανταστούν ότι κρεμάμε ένα μπουκάλι με ένα σχοινί και το γεμίζουμε με νερό. Τρυπάμε τη βάση του, περπατάμε και το ταλαντώνουμε ώστε να αφήνει τα ίχνη του νερού στο έδαφος. Ζητάμε από τις μαθήτριες και τους μαθητές να προβλέψουν τα σχήματα που θα δημιουργηθούν στο έδαφος.

Οι περισσότερες απαντήσεις είναι παρόμοιες με τα σκίτσα στην Εικόνα 1 :



**Εικόνα 1 :** Σκίτσα μαθητριών και μαθητών που περιγράφουν τα αναμενόμενα ίχνη νερού στο έδαφος από το τρύπιο αιωρούμενο μπουκάλι.

Κατόπιν θέσαμε τους εκπαιδευτικούς στόχους:

- 1) Να κατανοήσουν την περιοδική κίνηση των σωμάτων.
- 2) Να κατανοήσουν τη σχέση της περιόδου ενός εκκρεμούς με τη μάζα του ταλαντευμένου σώματος, το μήκος του σχοινιού, τη γωνία εκτροπής και την επιτάχυνση βαρύτητας.

### 2ο Βήμα – Διατύπωση Υποθέσεων- Συζητώ- Προβληματίζομαι- Υποθέτω

Κατόπιν συζητήσαμε τις απαραίτητες γνώσεις με τον τρόπο που παρουσιάζονται από τα ευρύτερα χρησιμοποιούμενα διεθνώς βιβλία αναφοράς (Serway,1990) , (Young & Freedman, 2007) καθώς και την Φυσική Γ γυμνασίου του οργανισμού (Αντωνίου 2016), ώστε να διατυπώσουν υποθέσεις (ακολουθώντας το δεύτερο μεθοδολογικό βήμα).

#### Υπόθεση

Το μαθηματικό εκκρεμές είναι ένα ιδανικό θεωρητικό σύστημα: ένα σημειακό σώμα (βάρος) κρέμεται από ένα αβαρές νήμα ή ράβδο και εκτελεί ταλάντωση γύρω από τη θέση ισορροπίας υπό την επίδραση της βαρύτητας. Σε αυτή την ιδανική μορφή αγνοούμε την

αντίσταση του αέρα, τις τριβές, τη μάζα του νήματος και θεωρούμε ότι οι αποκλίσεις (γωνίες) είναι μικρές.

Ο Γαλιλαίος παρατήρησε ότι έναν πολυέλαιο που ταλαντευόταν σε έναν καθεδρικό ναό είχε σταθερό “ρυθμό” — δηλαδή η διάρκεια μιας ταλάντωσης ήταν σχεδόν ίδια ανεξαρτήτως του πλάτους.

Χρησιμοποιώντας τον παλμό του μέτρησε τον αριθμό των ταλαντώσεων σε δοσμένο χρόνο και παρατήρησε σταθερότητα, ανεξαρτήτου πλάτους ταλάντωσης. Από αυτή την παρατήρηση διατύπωσε την ιδέα της ισοχρονίας: ότι ο χρόνος μιας πλήρους ταλάντωσης δεν εξαρτάται από την γωνία εκτροπής της ταλάντωσης.

Η σχέση της περιόδου είναι:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

Όπου:

T = περίοδος (χρόνος για μια πλήρη ταλάντωση)

L= μήκος του νήματος

g= επιτάχυνση της βαρύτητας.

### 3ο Βήμα- Ερευνώ- Ενεργώ- Πειραματίζομαι

Στη συνέχεια (ακολουθώντας το τρίτο μεθοδολογικό βήμα), πραγματοποιούσαμε διδακτική παρέμβαση, ζητώντας από τις μαθήτριες/τες να μελετήσουν την περιοδική κίνηση.

#### Πειραματική διαδικασία

- Πλαστικό μπουκάλι με μικρή τρύπα στον πάτο.
- Νερό (προαιρετικά χρωματισμένο).
- Σπάγκο για ανάρτηση.
- Μέτροταινία.
- Χρονόμετρο.
- Χαρτί ή καθαρό στεγνό έδαφος για να πέφτουν οι σταγόνες.



*Εικόνα 2 : Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν κατά την πειραματική διαδικασία.*

Κρεμάμε ένα μπουκάλι με ένα σχοινί και το γεμίζουμε με νερό. Τρυπάμε τη βάση του, περπατάμε και το ταλαντώνουμε ώστε να αφήνει τα ίχνη του νερού στο έδαφος.





**Εικόνα 3: Η πιο όμορφη καμπύλη γεννιέται... από σταγόνες νερού!**

Οι μαθήτριες και οι μαθητές καταγράψανε το μήκος σχοινιού, τον χρόνο για 10 ταλαντώσεις, τον χρόνο για 1 ταλάντωση (Περίοδος  $T$ ), το μήκος 10 'κυμάτων' στο έδαφος. Μετά για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων οι μαθήτριες και οι μαθητές χωρίστηκαν σε 5 ομάδες. Οι

τέσσερις ομάδες (ελέγχου) προχώρησαν υπό την επίβλεψη του καθηγητή ενώ η πέμπτη ομάδα (πειραματισμού) είχε πρόσβαση μόνο σε πληροφορίες του Chat gpt \*AI. Όλες οι ομάδες συμπέραναν την μαθηματική σχέση της περιόδου με το μήκος του εκκρεμούς με επιτυχία και διαπίστωσαν τις ίδιες απαραίτητες πειραματικές βελτιώσεις, που έπρεπε να εξασφαλισθούν (όχι περιστροφή μπουκαλιού, σταθερό χέρι μαθήτριας, μήκος  $L$  από την μία άκρη του σχοινιού έως το κέντρο μάζας του υγρού κ.α.)



οι

**Εικόνα 4 : Μαθητής χρησιμοποιεί το τρύπιο γεμάτο νερό μπουκάλι ως εκκρεμές κατά την πειραματική διαδικασία. Το σκίτσο σχεδιάστηκε από την τεχνητή νοημοσύνη.**

#### 4ο Βήμα-Διατύπωση Θεωρίας-Συμπεραίνω-Καταγράφω-Ερμηνεύω

Τότε, ζητήσαμε από τις μαθήτριες/τες να συνοψίσουν τα συμπεράσματά τους (ακολουθώντας το τέταρτο μεθοδολογικό βήμα) και να γράψουν παρατηρήσεις και σχόλια, συμπληρώνοντας ένα post-test. Οι δύο ομάδες κατέληξαν στα ίδια συμπεράσματα

- Η περίοδος αυξάνει με την αύξηση του μήκους  $L$ .
- Η περίοδος μειώνεται όταν το  $g$  είναι μεγαλύτερο.
- Η περίοδος δεν εξαρτάται από τη μάζα του σώματος, υπό τις ιδανικές παραδοχές.
- Η περίοδος δεν εξαρτάται από το πλάτος της ταλάντωσης.

Επίσης οι πέντε ομάδες προτείνουν τις ίδιες αναγκαίες βελτιώσεις κατά την πειραματική διαδικασία, όπως:

- Μικρή γωνία εκτροπής
- Σταθερό το χέρι που κρατά την πάνω άκρη του σχοινιού, σε συγκεκριμένη θέση.
- Το μήκος  $L$  είναι η απόσταση από την πάνω άκρη του σχοινιού έως το κέντρο μάζας του νερού στο μπουκάλι.
- Το μπουκάλι δεν περιστρέφεται.

#### 5ο Βήμα-Συνεχής έλεγχος- Εμπεδώνω – Γενικεύω

**Γενίκευση:** Αυξάνοντας ακόμη περισσότερο τη δυσκολία και ακολουθώντας το πέμπτο και τελευταίο μεθοδολογικό βήμα ζητάμε από τις μαθήτριες/τες να γενικεύσουν τα

συμπεράσματά τους και να προτείνουν εφαρμογές του εκκρεμούς (ρολόι, κούνια, χρονομετρητής κ.α).

## **Συμπεράσματα**

Με τη μεθοδολογία που εφαρμόσαμε τονίζονται οι διαδικασίες και όχι η σειρά που πρέπει να ακολουθηθεί. Καταβάλλαμε προσπάθεια για υπέρβαση της απλής κατανόησης της λειτουργίας του μαθηματικού εκκρεμούς. Δηλαδή στοχεύσαμε στην ανακάλυψη νέας γνώσης και στη δυνατότητα πρόβλεψης φυσικών φαινομένων και επεξήγησης/αξιολόγησης των διαπιστώσεων. Οι μαθήτριες/τες μπορούν να προβλέψουν την εξέλιξη κάποιων φαινομένων και να εφαρμόσουν τη νέα γνώση σε παρόμοιες περιπτώσεις και να τη γενικεύσουν σε διαφορετικές περιπτώσεις, όπως περιγράφετε στο 5ο βήμα της μεθοδολογίας.

Στο τέλος με τη μέθοδο της συνέντευξης διεξήχθη μια μαθησιακή και μεταγνωστική αξιολόγηση, δηλαδή πραγματοποιήθηκε προφορική ανακεφαλαίωση των γενικεύσεων και των πληροφοριακών στοιχείων που εντάσσονται στους διδακτικούς σκοπούς της διδασκαλίας. Ήταν μια χρήσιμη και επιτυχής διαδικασία διάρκειας δύο διδακτικών ωρών, που εμβαθύνει τη μάθηση με έντονο το στοιχείο του διαλόγου και της αντιπαράθεσης. Η έρευνα έχει δείξει ότι οι μαθήτριες/τες εμφανίζουν δυσκολίες να παράγουν ουσιαστική ανακεφαλαίωση (Ματσαγγούρας, 1996, σ. 411) έτσι ο σκοπός της διαδικασίας ήταν και η ανακεφαλαίωση της γνώσης με τη μορφή γενικεύσεων και συμπερασμάτων.

Η ομάδα πειραματισμού και η ομάδα ελέγχου σε αυτήν την εργασία είχαν τα ίδια θετικά αποτελέσματα στα post test . Στο δεύτερο βήμα της διδασκαλίας, αφού συζητήσαμε τις απαραίτητες γνώσεις όπως παρουσιάζονται από τα διεθνή βιβλία αναφοράς, διενεργήθηκε pre-test, καταγράφηκαν τα αποτελέσματα, κατόπιν είχαμε την διδακτική παρέμβαση και η επιτυχία της επιβεβαιώθηκε με το post-test. Η μέθοδος που εφαρμόσαμε πλεονεκτεί καθώς ο μικρός αριθμός μαθητών και μαθητριών σε κάθε ομάδα συμβάλλει στην αποτελεσματική διδασκαλία.

## **Βιβλιογραφία**

- Brown, J. (1991) The Laboratory of the Mind. Thought Experiments in the Natural Sciences Routledge, London.
- Bruner, J. (1996). The Culture of Education. New York: Harvard University Press.
- Dermott, L.(1996). Physics by Inquiry. Washington: Physics Education Group University of Washington.
- Gilbert, J. & Reiner, M. (2000). Thought experiments in science education: potential and current realization, International Journal of Science Education, 22(3), 265-283
- Joyce, B. & Weil, M. (1992). Models of teaching. M.A.:
- Needham Heights. Kuhn, T. (1977). A function of thought experiments.
- In T. Kuhn: The Essential Tension Selected studies in scientific tradition and change, Chicago University Press, 240-265.
- Serway, R.A. (1990). Physics. Saunders Golden Sunburst Series.
- Velentzas A., Halkia K., Skordoulis C. (2005b), Thought experiments in physics theories of the 20th century: A tool for popularization and teaching in secondary education. Proceedings of the ESERA 2005 conference, Barcelona.

- Καλκάνης, Γ.Θ. (2007).Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες Ι. οι θεωρίες, Αθήνα 2007.
- Καλκάνης, Γ.Θ. (2008).Οι Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση του 21ου Αιώνα, Ένωση Ελλήνων Φυσικών, Ερέτρια, 23-25 Νοεμβρίου 2008.
- Καλκάνης, Γ.Θ. (2010).Εκπαιδευτικό εργαστήριο φυσικών επιστημών Ι. Το εργαστήριο, Αθήνα 2010.
- Κασσέτας Ι. (2004). Το μήλο και το Κούαρκ, Αθήνα, Σαββάλας.
- Ματσαγγούρας, Η. (1994).Στρατηγικές Διδασκαλίας, Θεωρία και Πράξη της Διδασκαλίας. Αθήνα: Αθανασόπουλος.
- Ματσαγγούρας, Η. (1999). Η σχολική τάξη-Θεωρία και Πράξη της Διδασκαλίας, Αθήνα, Γρηγόρης.
- Θεόδωρος Α ,Ιστορία των Επιστημών και της Τεχνολογίας Γ λυκείου, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο 2016.
- Αντωνίου, Ν. ( 2016). Φυσική Γ Γυμνασίου , Παιδαγωγικό Ινστιτούτο 2016
- Roberto Hessel, More on Faraday's and Lenz's laws Qualitative demonstrations, Phys. Teach. 49, 184 (2011)

\*Το copyright των φωτογραφιών και των σχημάτων ανήκει στον συγγραφέα.

# Υδραυλικό σύστημα μεταφοράς νερού, Εφαρμόζοντας την Ιστορική Τεχνολογία σε σύγχρονες βιώσιμες εφαρμογές

Μαθήτριες: Χατζάκη Ευαγγελία, Δετοράκη Αναστασία,  
Μαραγκάκη Αφροδίτη, Φωταρά Ειρήνη  
Πρότυπο Γενικό Λύκειο Ηρακλείου Κρήτης

Υπεύθυνη καθηγήτρια: **Κορακάκη Ελένη**, χημικός και ΠΕ86, [korakaki2012\[a\]gmail.com](mailto:korakaki2012[a]gmail.com)

(Επαινος 13<sup>ον</sup> Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών)

## Περίληψη

Η παρούσα εργασία αφορά την κατασκευή ενός αυτόματου υδραυλικού μηχανισμού, ο οποίος λειτουργεί συνεχώς, χωρίς εξωτερική παροχή ενέργειας, με σκοπό τη μεταφορά νερού σε μεγάλο ύψος και απόσταση. Η σχεδιάσή του βασίζεται σε αρχές της αρχαίας ελληνικής τεχνολογίας, με σημείο αναφοράς το Σιντριβάνι του Ήρωνα και την εξέλιξή τους στον Υδραυλικό Κριό, και αποτελεί εφαρμογή βιώσιμης μηχανικής. Κομβικό στοιχείο της κατασκευής είναι η βαλβίδα μονόδρομης ροής, η οποία υλοποιείται με τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης. Στόχος της εργασίας είναι η αξιοποίηση της μεθόδου επίλυσης προβλήματος στο πλαίσιο της STEM εκπαίδευσης, προκειμένου οι μαθητές να μελετήσουν βασικές αρχές της φυσικής (ρευστά), της μηχανικής (σχεδιασμός και κατασκευή μηχανικού συστήματος) και της τεχνολογίας (τρειςδιάστατη σχεδίαση και εκτύπωση), καθώς και να ευαισθητοποιηθούν σε θέματα βιώσιμης διαχείρισης των υδάτινων πόρων.

## Abstract

This project concerns the construction of an automatic hydraulic mechanism that operates continuously, without an external power supply, for the purpose of transporting water to a great height and distance. Its design is based on principles of ancient Greek technology, with reference to Hero's Fountain and its evolution into the Hydraulic Ram, and serves as an example of sustainable engineering. A key component of the construction is the one-way flow valve, which was implemented using 3D printing technology. The objective of this work is to apply the problem-solving method within the framework of STEM education, enabling students to explore fundamental principles of physics (fluid), engineering (design and construction of a mechanical system), and technology (3D modeling and printing), while also raising awareness on issues related to sustainable water management.

## Εισαγωγή

Η Κρήνη του Ήρωνα αποτελεί ένα πρώιμο και εντυπωσιακό παράδειγμα εφαρμογής αρχών της υδραυλικής, που αποδίδεται στον Έλληνα μαθηματικό και μηχανικό Ήρωνα τον Αλεξανδρινό (1ος αι. μ.Χ.). Η συσκευή αξιοποιεί τη βαρυτική δυναμική ενέργεια του νερού για να δημιουργήσει πίεση αέρα, η οποία με τη σειρά της ανυψώνει στήλη νερού, παράγοντας

ένα σιντριβάνι. Η κατανόηση της αρχής λειτουργίας της Κρήνης προσφέρει πολύτιμη θεωρητική θεμελίωση για τη μελέτη σύγχρονων υδραυλικών συστημάτων.

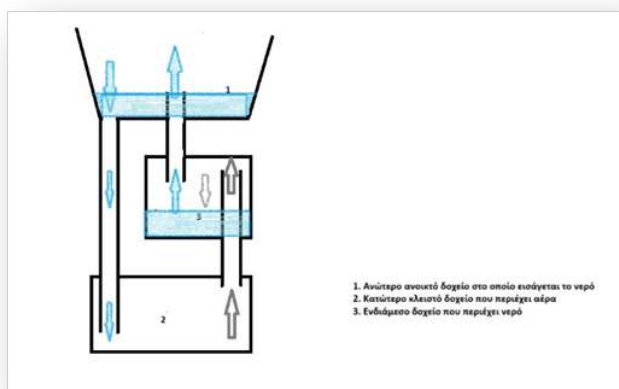
Εμπνευσμένος εν μέρει από αρχαίες τεχνολογίες όπως αυτή, ο Joseph Michel Montgolfier ανέπτυξε τον 18ο αιώνα τον υδραυλικό κριό (hydraulic ram pump). Ο υδραυλικός κριός αποτελεί ένα αυτόνομο και ενεργειακά αποδοτικό υδραυλικό σύστημα, το οποίο μπορεί να ανυψώσει νερό σε σημαντικό ύψος χωρίς την ανάγκη εξωτερικής παροχής ενέργειας, βασιζόμενο αποκλειστικά στην κινητική ενέργεια του νερού και στο φαινόμενο του υδραυλικού πλήγματος.

Στις μέρες μας, η ανάγκη για βιώσιμη τεχνολογία και για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ειδικά στις αναπτυσσόμενες χώρες, έχει αναζωογονήσει το ενδιαφέρον για την τεχνολογία του υδραυλικού κριού (Kherde et al., 2020). Το υδραυλικό αυτό σύστημα βρίσκει εφαρμογή σε οικολογικά συστήματα άντλησης σε απομονωμένες περιοχές, σε προγράμματα βιώσιμης ανάπτυξης σε χώρες της Αφρικής (Osime et al., 2022; Otieno et al., 2023) και Ασίας (Renewable World, 2025), αλλά και σε εκπαιδευτικά έργα βιώσιμης μηχανικής (U.S. Environmental Protection Agency & Johns Hopkins University, 2009).

### Θεωρητική θεμελίωση

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην ανάπτυξη ενός υδραυλικού συστήματος ανύψωσης και μεταφοράς νερού σε μεγάλες αποστάσεις από δεξαμενή αποθήκευσης, με στόχο την αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την προώθηση της βιώσιμης διαχείρισης των υδατικών πόρων. Η μελέτη αυτή, πέρα από τον σχεδιασμό σύγχρονου συστήματος, βασίζεται και σε αρχές που συναντώνται ήδη από την αρχαία ελληνική τεχνολογία.

Στην αρχαία ελληνική τεχνολογία καταγράφονται ποικίλες κατασκευές που εφαρμόζουν τις αρχές της υδραυλικής, δηλαδή τη χρήση της πίεσης του νερού για την παραγωγή έργου. Ενδεικτικά παραδείγματα αποτελούν το υδραυλικό ρολόι (κλεψύδρα), οι αντλίες του Κτησιβίου και του Ήρωνα, καθώς και διάφοροι αυτόματοι μηχανισμοί.



**Εικόνα 1: Κατασκευή της Κρήνης του Ήρωνα**

Χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής αποτελεί η Αυτόματη Κρήνη του Ήρωνα, η οποία αποτελούνταν από τρία δοχεία – δύο κλειστά και ένα ανοικτό – τοποθετημένα σε

διαφορετικά επίπεδα. Η κρήνη εκτόξευε νερό σε ύψος μεγαλύτερο από τη στάθμη του ανώτερου ανοικτού δοχείου, χωρίς εξωτερική παροχή ενέργειας. Το νερό εισαγόταν στο ανώτερο ανοικτό δοχείο, κατευθυνόταν μέσω σωληνίσκου στο κατώτερο κλειστό δοχείο, συμπιέζοντας τον εγκλωβισμένο αέρα. Η αυξημένη πίεση μεταδιδόταν στο ενδιάμεσο δοχείο, το οποίο περιείχε νερό, εξαναγκάζοντάς το να ανέλθει και να εκτοξευθεί μέσω του ακροφυσίου (Ηρων ο Αλεξανδρεύς, Πνευματικά). Σχηματική απεικόνιση του μηχανισμού παρουσιάζεται στην Εικόνα 1.

Η λειτουργία της κρήνης ερμηνεύεται με βάση την υδροστατική πίεση και την αρχή του Pascal, σύμφωνα με την εξίσωση:

$$P = P_0 + \rho \cdot g \cdot h \quad (1)$$

όπου  $P$  είναι η πίεση στο δοχείο,  $P_0$  η ατμοσφαιρική πίεση,  $\rho$  η πυκνότητα του νερού,  $g$  η επιτάχυνση της βαρύτητας και  $h$  το ύψος της στήλης του υγρού.

Η θεωρητική σχέση που συνδέει την πίεση στο ενδιάμεσο δοχείο με το ύψος του εκτοξευόμενου πίδακα προκύπτει από την εξίσωση Bernoulli:

$$h = \frac{P - P_0}{\rho \cdot g} \quad (2)$$

Η εξίσωση αυτή εκτιμά το μέγιστο ύψος εκτόξευσης, θεωρώντας ιδανικές συνθήκες, χωρίς απώλειες ενέργειας.

Με τον τρόπο αυτό αποδεικνύεται μαθηματικά η αρχή λειτουργίας της Αυτόματης Κρήνης, η οποία αξιοποιεί τη μετάδοση της πίεσης σε κλειστά δοχεία για την παραγωγή υδραυλικού έργου.

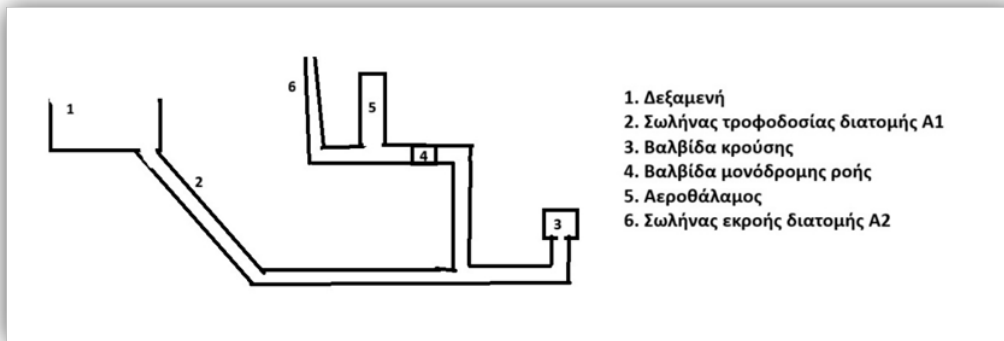
Η αρχή λειτουργίας της Αυτόματης Κρήνης αναδεικνύει τη δυνατότητα αξιοποίησης της υδραυλικής πίεσης χωρίς εξωτερική παροχή ενέργειας, γεγονός που συνδέεται με τη σύγχρονη αναζήτηση βιώσιμων τεχνολογιών μεταφοράς νερού. Στη σημερινή εποχή, η ανάγκη μεταφοράς νερού σε αγροτικές, ορεινές ή αναπτυσσόμενες περιοχές καλύπτεται με τη χρήση τεχνολογιών φιλικών προς το περιβάλλον, όπως ο Υδραυλικός Κρίος, που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στον περιορισμό του περιβαλλοντικού αποτυπώματος.

Τα κύρια μέρη του υδραυλικού κριού είναι τα εξής:

- Σωλήνας τροφοδοσίας, ο οποίος οδηγεί το νερό από την πηγή στο σύστημα.
- Βαλβίδα παλμού ή εκτόνωσης, που ανοίγει και κλείνει περιοδικά, προκαλώντας το υδραυλικό πλήγμα.
- Θάλαμος αέρα, ο οποίος εξισορροπεί τις πιέσεις και επιτρέπει τη συνεχή ώθηση του νερού.
- Βαλβίδα μονόδρομης ροής, που επιτρέπει τη ροή μόνο προς την έξοδο, αποτρέποντας την παλινδρόμηση.
- Σωλήνας εκροής, μέσω του οποίου το νερό αντλείται στο τελικό σημείο.

Κατά τη λειτουργία του συστήματος, το νερό εισέρχεται μέσω του σωλήνα τροφοδοσίας. Στη συνέχεια, η βαλβίδα μονόδρομης ροής αποτρέπει την αντίστροφη ροή, ενώ ο αεροθάλαμος δημιουργεί πρόσθετη πίεση, οδηγώντας το νερό στον σωλήνα εκροής και σε υψηλότερο σημείο. Καθοριστικής σημασίας είναι η βαλβίδα κρούσης, η οποία ανοίγει και κλείνει περιοδικά, δημιουργώντας υδραυλικό πλήγμα εξασφαλίζοντας την ανύψωση του νερού. Σχηματική απεικόνιση του Υδραυλικού Κριού παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.





Εικόνα 2: Σχηματική απεικόνιση του Υδραυλικού Κριού

Όπως και στο Σιντριβάνι του Ήρωνα η λειτουργία του Υδραυλικού Κριού βασίζεται στην αρχή του Pascal, με βάση την οποία υπολογίζεται η πίεση στο υδραυλικό σύστημα (σχέση 1).

Οι επιπλέον νόμοι/αρχές στις οποίες βασίζεται η λειτουργία του Υδραυλικού Κριού είναι:

- Η Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας, που ερμηνεύει το πώς η δυναμική ενέργεια που έχει ένα νερό που βρίσκεται σε ένα υψόμετρο μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια.

Η βαρυτική (υδραυλική) δυναμική ενέργεια ορίζεται ως η ενέργεια ενός υγρού λόγω του ύψους του από ένα προκαθορισμένο σημείο:

$$U = m \cdot g \cdot h \quad (3)$$

Όπου U η δυναμική ενέργεια, g η επιτάχυνση της βαρύτητας και h το ύψος στο οποίο βρίσκεται η δεξαμενή.

Η Κινητική (υδραυλική) ενέργεια που αποκτά το νερό λόγω της κίνησής του:

$$K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot u^2 \quad (4)$$

Όπου K η κινητική ενέργεια, m η μάζα και u η ταχύτητα του νερού.

- Η Εξίσωση της Συνέχειας που δίνει την σχέση μεταξύ της ταχύτητας του νερού στο σημείο εισόδου και στο σημείο εξόδου σε σχέση με το εμβαδόν διατομής των αντίστοιχων σωλήνων:

$$A_1 \cdot u_1 = A_2 \cdot u_2 \quad (5)$$

Όπου A<sub>1</sub> και A<sub>2</sub> είναι οι διατομές του σωλήνα σε δύο διαφορετικά σημεία και u<sub>1</sub> και u<sub>2</sub> είναι οι ταχύτητες του ρευστού στα αντίστοιχα σημεία.

- Στην εξίσωση του Bernoulli για ιδανικά ρευστά:

$$P + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u^2 + \rho \cdot g \cdot h = \text{σταθερό} \quad (5)$$

όπου P είναι η πίεση, ρ η πυκνότητα, u η ταχύτητα, g η επιτάχυνση της βαρύτητας και h το ύψος.

Από την εξίσωση του Bernoulli προκύπτει ότι το άθροισμα της πίεσης (P), της κινητικής ενέργειας ανά μονάδα όγκου ( $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u^2$ ) και της δυναμικής ενέργειας ανά μονάδα όγκου ( $\rho \cdot g \cdot h$ ) έχει την ίδια σταθερή τιμή σε οποιοδήποτε σημείο της ρευματικής γραμμής.

Όταν ο σωλήνας είναι οριζόντιος η εξίσωση του Bernoulli παίρνει τη μορφή:

$$P + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u^2 = \text{σταθερό} \quad (6)$$

από όπου γίνεται φανερό ότι σε περιοχές όπου πυκνώνουν οι ρευματικές γραμμές (μικρή διατομή του σωλήνα) και η ταχύτητα ροής αυξάνεται, η πίεση ελαττώνεται.

- Στο φαινόμενο του Υδραυλικού πλήγματος που είναι το φαινόμενο μετάδοσης υπερτάσεων πίεσης και ταχύτητας κατά μήκος ενός σωλήνα ή αγωγού, όταν επιβάλλεται απότομη αλλαγή είτε στην ταχύτητα, είτε στην πίεση σε κάποιο τμήμα ή άκρο του αγωγού. Το φαινόμενο αυτό αποτελεί συνέπεια της αρχής διατήρησης της ορμής και προκαλείται από την βαλβίδα κρούσης η οποία δημιουργεί κρουστική πίεση. Η μάζα του υγρού πριν το κλείσιμο κινείται με μία ορισμένη ταχύτητα, η οποία μεταβάλλεται απότομα. Για την ικανοποίηση των νέων συνθηκών που θέτει το κλείσιμο της βαλβίδας στη ροή του υγρού, δημιουργούνται διαδοχικά κύματα διαταραχής, τα οποία μετακινούνται κατά μήκος του αγωγού και προκαλούν τις διάφορες μεταβολές της ταχύτητας και πίεσης μέσα στον αγωγό.

Να σημειωθεί ότι η κατασκευή και λειτουργία του υδραυλικού κριού παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα, όπως η μηδενική απαίτηση εξωτερικής ενέργειας, το χαμηλό κόστος λειτουργίας, η συνεχής και αυτόνομη λειτουργία, καθώς και η ανθεκτικότητα και η ευκολία συντήρησης (Osome, Rotich, & Kipkorir, 2023).

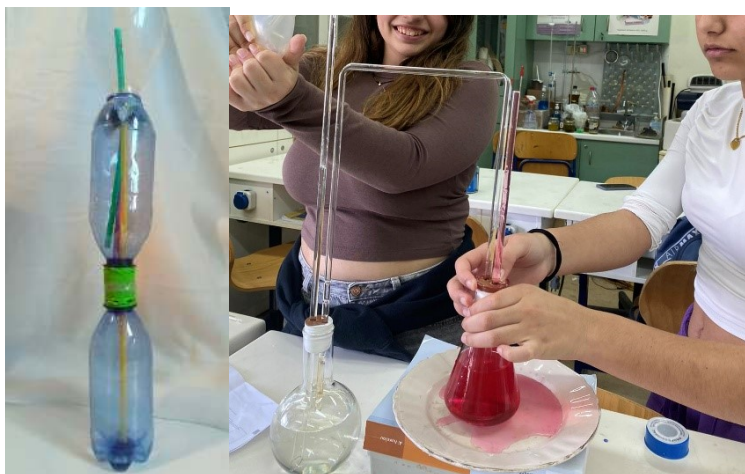
Ωστόσο, η τεχνολογία συνοδεύεται και από περιορισμούς. Απαιτείται συνεχής ροή νερού με πτώση από ύψος μεγαλύτερο του 1 m και εμφανίζει χαμηλή απόδοση καθώς ανυψώνει μόνο μέρος του εισερχόμενου νερού. Η απόδοση του εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις συνθήκες λειτουργίας, τον σχεδιασμό και τις διαστάσεις του συστήματος. Σύμφωνα με πειραματικές μελέτες, η ενεργειακή απόδοση κυμαίνεται σε ευρύ φάσμα: από 17 % έως 57,3 %, ανάλογα με το μήκος του σωλήνα εισόδου και τη διάμετρο της βαλβίδας εκτόνωσης (Sutanto & Sujita, 2022), έως 44 % υπό βέλτιστες συνθήκες με κατάλληλη διαμόρφωση θαλάμου πίεσης (International Water Association, 2023), ενώ σε άλλες περιπτώσεις αναφέρεται εύρος 55 % – 68,6 % όταν βελτιστοποιείται το ύψος της βαλβίδας εκτόνωσης (Handa et al., 2025). Σε σύγχρονες ερευνητικές προσπάθειες έχουν καταγραφεί ακόμη και χαμηλότερες τιμές, της τάξης του 9,81 %, όταν οι συνθήκες ανύψωσης και οι υδραυλικές απώλειες είναι δυσμενείς (Lungudi & Tchinda, 2024).

## Περιγραφή εργασίας

### Μεθοδολογία

Για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας εφαρμόστηκε η διδακτική μέθοδος της επίλυσης προβλήματος (Problem Solving Method). Σύμφωνα με αυτήν, οι μαθητές κλήθηκαν να προτείνουν λύση στο ζήτημα της «μεταφοράς νερού σε μεγάλες αποστάσεις και ύψος, με την αποκλειστική χρήση πράσινης ενέργειας». Παροτρύνθηκαν να αναζητήσουν παραδείγματα από την αρχαία ελληνική τεχνολογία, όπου το νερό ανακυκλώνεται συνεχώς, χωρίς σπατάλη και χωρίς τη χρήση συμβατικών πηγών ενέργειας.

Στο πρώτο στάδιο, μέσω βιβλιογραφικής έρευνας, οι μαθητές κατέληξαν στην Κρήνη του Ήρωνα. Μελέτησαν την αρχή λειτουργίας της και προχώρησαν στην κατασκευή λειτουργικού μοντέλου με απλά υλικά, όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 3. Η διαδικασία περιλάμβανε διαδοχικές δοκιμές και βελτιώσεις, ώστε να επιτευχθεί η ορθή λειτουργία της κατασκευής.



**Εικόνα 3: Κατασκευή της Κρήνης του Ήρωνα**

Στο δεύτερο στάδιο, η βιβλιογραφική έρευνα επικεντρώθηκε σε σύγχρονες κατασκευές για τη μεταφορά νερού με χρήση φιλικών προς το περιβάλλον τεχνολογιών. Οι μαθητές επέλεξαν τον Υδραυλικό Κριό (Hydraulic Ram Pump), μελέτησαν την αρχή λειτουργίας του και προχώρησαν στην κατασκευή του. Μέσα από πειραματισμούς, βελτιώσεις και ανακατασκευές, δημιούργησαν συνολικά πέντε μοντέλα, καταγράφοντας τα πειραματικά αποτελέσματα για το καθένα και αξιολογώντας τα συστηματικά.

Η έρευνά τους επικεντρώθηκε:

- α) την ταχύτητα του νερού στο σωλήνα εκροής
- β) στη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ του ύψους στο οποίο βρίσκεται η πηγή και της ανύψωσης του νερού κατά την εκροή, και
- γ) στον προσδιορισμό του ποσοστού του εισερχόμενου νερού που τελικά αντλείται.

Οι μαθητές ξεκίνησαν με τον σχεδιασμό και την κατασκευή ενός λειτουργικού μοντέλου σε πραγματική κλίμακα, όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 4. Μέσω αυτού μελέτησαν τους φυσικούς νόμους που διέπουν τη λειτουργία ενός αυτόματου υδραυλικού μηχανισμού, αποκτώντας ουσιαστική κατανόηση σε νόμους και αρχές, όπως της μετάδοσης της πίεσης και της παραγωγής υδραυλικού έργου.

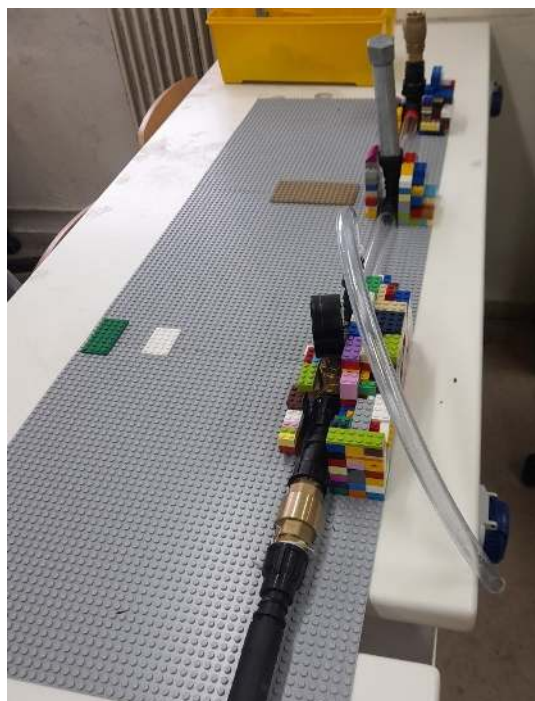


**Εικόνα 4: Λειτουργικό μοντέλο υδραυλικού κριού**

Στη συνέχεια κατασκεύασαν ένα δεύτερο μοντέλο χρησιμοποιώντας απλά υλικά, τοποθετώντας τα μέρη του συστήματος σε γραμμική διάταξη (Εικόνα 5). Πραγματοποίησαν πειράματα για την επιβεβαίωση της ορθής λειτουργίας του και αξιολόγησαν τα αποτελέσματα. Διαπίστωσαν ότι η απόδοση ήταν ικανοποιητική αλλά όχι άριστη, καθώς οι διαρροές που παρατηρήθηκαν δεν επέτρεψαν στο νερό να φτάσει στο μέγιστο ύψος, με αποτέλεσμα να παραβιάζεται η αρχή του Bernoulli. Επίσης, εφαρμόζοντας την εξίσωση της συνέχειας υπολόγισαν την ταχύτητα του νερού στο σωλήνα εκροής και διαπίστωσαν ότι ήταν πολλαπλάσια της ταχύτητας του σωλήνα εισροής ( $u_2=2.77u_1$ ). Στη συνέχεια, προχώρησαν στην κατασκευή βελτιωμένου μοντέλου, με στόχο τη μείωση των διαρροών και τη βελτίωση της συνολικής απόδοσης.



**Εικόνα 5: Μοντέλο υδραυλικού Κριού κατασκευασμένο με απλά υλικά**



**Εικόνα 6: Μοντέλο υδραυλικού κριού κατασκευασμένο με υλικά ακριβείας**



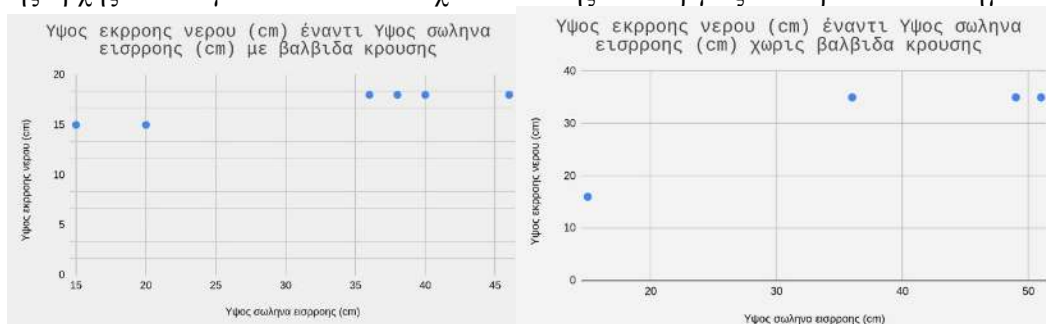
Το τρίτο μοντέλο κατασκευάστηκε με υλικά μεγαλύτερης ακρίβειας, ακολουθώντας τον ίδιο γραμμικό σχεδιασμό (Εικόνα 6). Τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της λειτουργίας και απόδοσης του συστήματος έδειξαν ότι σε μέσο ύψος του σωλήνα τροφοδοσίας η απόδοση ήταν ικανοποιητική (30-50 cm). Ωστόσο, με την αύξηση του ύψους του σωλήνα τροφοδοσίας παρατηρήθηκε σημαντική διαρροή νερού από τη βαλβίδα κρούσης. Στην Εικόνα 7 παρουσιάζονται οι πειραματικές διατάξεις που κατασκεύασαν οι μαθητές, για τη μελέτη της απόδοσης του συστήματος σε σχέση με τη διαφοροποίηση του ύψους του σωλήνα εισροής.



**Εικόνα 7: Πειραματικές μετρήσεις**

Σε αυτό το στάδιο οι εκπαιδευόμενοι αποφάσισαν να αφαιρέσουν την βαλβίδα κρούσης και να πραγματοποιήσουν πειραματικές δοκιμές με τη νέα διάταξη, προκειμένου να διαπιστώσουν εάν το υδραυλικό σύστημα θα μπορούσε να λειτουργήσει πιο αποδοτικά χωρίς αυτήν. Πραγματοποίησαν σε σειρά πειραμάτων και αξιολόγησαν τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

Διαπίστωσαν ότι το ύψος στο οποίο έφτανε το νερό στον σωλήνα εκροής ήταν ακριβώς ίσο με το ύψος του σωλήνα εισροής. Τα αποτελέσματα των πειραματικών μετρήσεων παρουσιάζονται στην Εικόνα 8. Το συμπέρασμα αυτό οδήγησε τους μαθητές στην κατανόηση της αρχής των συγκοινωνούντων δοχείων και της λειτουργίας των αρτεσιανών πηγαδιών.

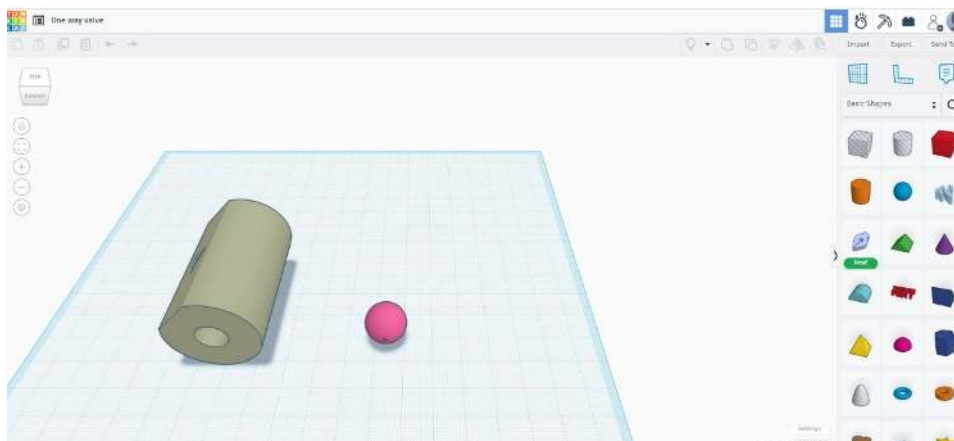


**Εικόνα 8: Αποτελέσματα πειραματικών μετρήσεων σχέσης ύψους σωλήνα εισροής και σωλήνα εκροής νερού με και χωρίς την χρήση της βαλβίδα κρούσης**

Το τελικό στάδιο αφορούσε τη σχεδίαση και κατασκευή της βαλβίδας μονόδρομης ροής. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε αναζήτηση σε διαθέσιμα ελεύθερα λογισμικά στο διαδίκτυο για

την εύρεση αντίστοιχων μοντέλων (thingiverse.com). Το μοντέλο που ικανοποιούσε περισσότερο τις απαιτήσεις τροποποιήθηκε στο Tinkercad, όπως φαίνεται στην Εικόνα 9. Ακολούθησε η τρισδιάστατη εκτύπωση του μοντέλου, Εικόνα 10 και η εφαρμογή του στην κατασκευή, για τη διεξαγωγή σειράς πειραμάτων Εικόνα 11. Με όμοιο τρόπο δημιουργήθηκαν με τρισδιάστατη εκτύπωση και οι σύνδεσμοι της κατασκευής.

Σε αυτό το στάδιο, οι μαθητές κατέγραψαν τα πειραματικά δεδομένα και τα αξιολόγησαν, αποκτώντας πλήρη κατανόηση των αρχών λειτουργίας ενός αυτόματου υδραυλικού μηχανισμού, από τη θεωρία έως την πρακτική εφαρμογή. Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν τα βιβλιογραφικά δεδομένα σχετικά με την απόδοση και τη λειτουργία του συστήματος.

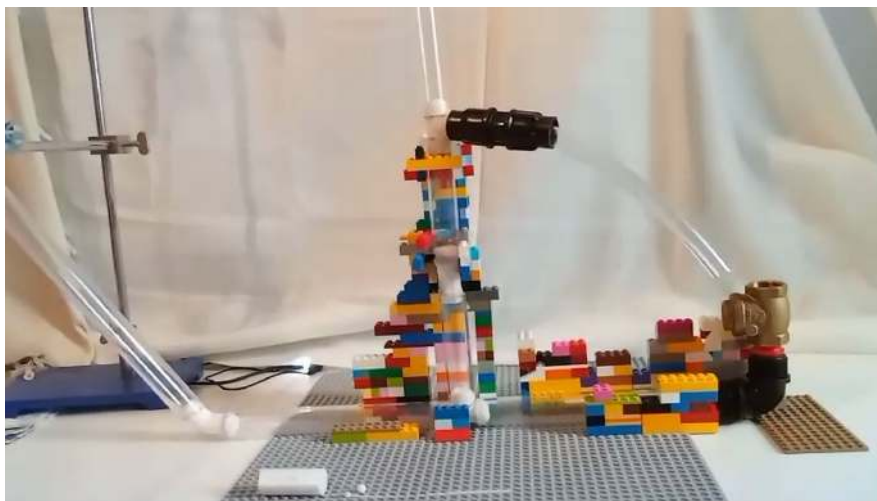


***Εικόνα 9: Κατασκευή βαλβίδας μονόδρομης ροής στο tinkercad***



***Εικόνα 10: Τρισδιάστατη εκτύπωση βαλβίδας μονόδρομης ροής στο tinkercad***





*Εικόνα 11: Τελικό μοντέλο*

## Συμπεράσματα

Η παρούσα ερευνητική εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια ομίλου Φυσικών Επιστημών STEM, με τη συμμετοχή τεσσάρων μαθητριών της Α΄ Λυκείου. Οι συμμετέχουσες κατάφεραν, μέσω πειραματισμού και διερεύνησης, να αποκτήσουν δεξιότητες στον σχεδιασμό και την εκτέλεση πειραμάτων, στην καταγραφή και αξιολόγηση δεδομένων, καθώς και στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Επιπλέον, ανέπτυξαν ικανότητες βιβλιογραφικής έρευνας και κατανόησαν πλήρως βασικούς νόμους και αρχές της Φυσικής, ενώ παράλληλα ενίσχυσαν κοινωνικές δεξιότητες, όπως η ομαδοσυνεργατικότητα.

Με την εργασία αυτή οι μαθητές μπορούν να μελετήσουν:

- ο Ιστορική τεχνολογία σε σύγχρονες εφαρμογές
- ο Βιώσιμες τεχνολογίες (**Υδραυλικός Κρίος, Αντλίες με χρήση ηλιακής ενέργειας, Συστήματα Σιφώνων κ.ά.**)
- ο Κινητική και βαρυτική ενέργεια, Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας
- ο Ατμοσφαιρική πίεση-Υδροστατική πίεση
- ο Φαινόμενο του πλήγματος
- ο Αρχή του Pascal
- ο Νόμος του Bernoulli
- ο Εξίσωση της Συνέχειας
- ο Σχεδίαση- εκτύπωση τρισδιάστατων μοντέλων

Συνολικά, η πρόταση αυτή συνδυάζει καινοτόμες παιδαγωγικές μεθόδους με την STEM εκπαίδευση, παρέχοντας στους μαθητές εμπειρία τόσο στην επιστημονική πρακτική όσο και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων συνεργασίας και επίλυσης προβλημάτων.

## Βιβλιογραφία

- Ήρων ο Αλεξανδρεύς. (n.d.). Πνευματικά. Κέντρο Ελληνικής Γλώσσας. από [https://www.greek-language.gr/digitalResources/ancient\\_greek/anthology/literature/browse.html?text\\_id=518](https://www.greek-language.gr/digitalResources/ancient_greek/anthology/literature/browse.html?text_id=518) (ημερομηνία προσπέλασης 02/09/2025).

- 3D model, On Way Valve <https://www.thingiverse.com/thing:2397085> (ημερομηνία προσπέλασης 02/09/2025).
- 3D model, Water pipe connectors <https://www.thingiverse.com/thing:4204467> (ημερομηνία προσπέλασης 02/09/2025).
- Handa, P., Singh, R., & Kumar, S. (2025). *Development of hydraulic ram pump for agriculture uses*. Indian Journal of Science and Technology, 18(12), 1377–1396. <https://www.ijraset.com/research-paper/development-of-hydraulic-ram-pump-for-agriculture>
- International Water Association. (2023). *Performance evaluation of hydraulic ram pumping systems for small-scale farmers: A case study*. Water Practice & Technology, 18(1), 274–284.
- <https://iwaponline.com/wpt/article/18/1/274/92571/Performance-evaluation-of-hydraulic-ram-pumping>
- Kherde, A., Kadaskar, A., Dhoble, E., Gawal, M., Bawankar, T., Chavan, T., & Singh, N. (2020). *Research paper on hydraulic ram pump*. Iconic Research and Engineering Journals, 3(10), 282–284.
- Lungudi, G. O., & Tchinda, R. (2024). *Numerical and experimental analyses of hydraulic rams*. Journal of Hydraulic Engineering, 150(6), 04024012. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00221686.2024.2401899>
- Osome, J. K., Kosgei, J. R., Kipkorir, E. C., Nyandwaro, G. N., & Sempewo, J. I. (2022). *Performance evaluation of hydraulic ram pumping systems for small scale farmers: A case study of West Pokot County, Kenya*. Water Practice & Technology, 18(1), 274–286. <https://doi.org/10.2166/wpt.2022.161>
- Osome, J. K., Rotich, J., & Kipkorir, E. C. (2023). *Performance evaluation of hydraulic ram pumping systems for small-scale farmers: A case study of West Pokot County, Kenya*. Water Practice & Technology, 18(1), 274–284. <https://doi.org/10.2166/wpt.2023.002>
- Otieno, C. O., Kipkorir, E. C., & Wakhungu, J. W. (2023). *Performance evaluation of hydraulic ram pumping for smallholder farmers in West Pokot County, Kenya*. Water Practice & Technology, 18(1), 274–286. <https://doi.org/10.2166/wpt.2023.019>
- Renewable World. *Improving livelihoods with a hydraulic ram pump in Muralibhanjyang, Nepal*. Renewable World. <https://www.renewable-world.org/news/improving-livelihoods-hydraulic-ram-pump-muralibhanjyang-nepal> . (ημερομηνία προσπέλασης 02/09/2025).
- Sutanto, R., & Sujita. (2022). *Analysis of hydraulic ram pump performance against variation of the inlet elevation above pump*. International Journal of Advances in Engineering and Management (IJAEM), 4(8), 682–685. [https://ijaem.net/issue\\_dcp/Analysis%20of%20Hydraulic%20Ram%20Pump%20Performance%20against%20Variation%20of%20the%20Inlet%20Elevation%20above%20Pump.pdf](https://ijaem.net/issue_dcp/Analysis%20of%20Hydraulic%20Ram%20Pump%20Performance%20against%20Variation%20of%20the%20Inlet%20Elevation%20above%20Pump.pdf)
- U.S. Environmental Protection Agency & Johns Hopkins University (2009). *Development of an Economical and Sustainable Irrigation Ram Pump for Community Gardening in South Africa* (EPA Grant No. SU833905). Project report. [https://cfpub.epa.gov/ncer\\_abstracts/index.cfm/fuseaction/display.abstractDetail/abstract\\_id/8812/report/F](https://cfpub.epa.gov/ncer_abstracts/index.cfm/fuseaction/display.abstractDetail/abstract_id/8812/report/F)

\*Το copyright των φωτογραφιών και των σχημάτων ανήκει στην συγγραφέα.

## Κατασκευή σειсмоγράφου με πηνίο και επεξεργασία δεδομένων με arduino

*Μαθητές: Απόστολος Παππάς, Αθανάσιος Μπεθάνης, Σπυρίδων Παπαδόπουλος,  
Γεώργιος Τουμπανιάρης  
Πρότυπο Γυμνάσιο Ευαγγελικής Σχολής Σμύρνης*

*Υπεύθυνοι καθηγητές: Τριπολιτσιώτου Ολυμπία, Γεωλόγος, [ol.tripolitsiotou\[a\]gmail.com](mailto:ol.tripolitsiotou[a]gmail.com)  
Διαμαντής Παντελής, τεχνολόγος, [pantdiamantis\[a\]yahoo.gr](mailto:pantdiamantis[a]yahoo.gr)*

(Έπαινος 13<sup>ον</sup> Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών)

### Περίληψη

Η παρούσα εργασία αφορά την κατασκευή ενός σειсмоγράφου με πηνίο, ο οποίος ταλαντώνεται, παράγει εναλλασσόμενο ρεύμα, στη συνέχεια μετατρέπεται σε συνεχές και με πλακέτα Arduino στέλνει το σήμα στον υπολογιστή. Η καταγραφή γίνεται με το ελεύθερο λογισμικό Amaseis IRIS. Η κατασκευή υλοποιήθηκε από ομάδα μαθητών του Προτύπου Γυμνασίου Ευαγγελικής Σχολής Σμύρνης υπό την καθοδήγηση των καθηγητών Γεωλογίας-Γεωγραφίας και Τεχνολογίας.

### Abstract

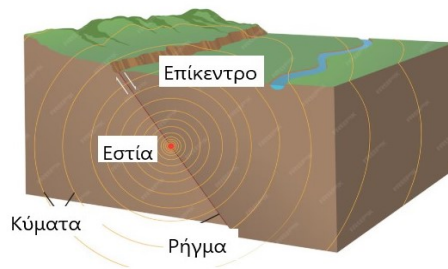
This paper concerns the construction of a seismograph with a coil that oscillates, producing an alternating current, which is then converted to direct current and sent to the computer via an Arduino board. The recording is done with the free software Amaseis IRIS. The construction was implemented by a group of students of the Standard High School of Evangelical School of Smyrna under the guidance of the teachers of Geology-Geography and Technology.

### Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

#### 1.1 Σεισμοί

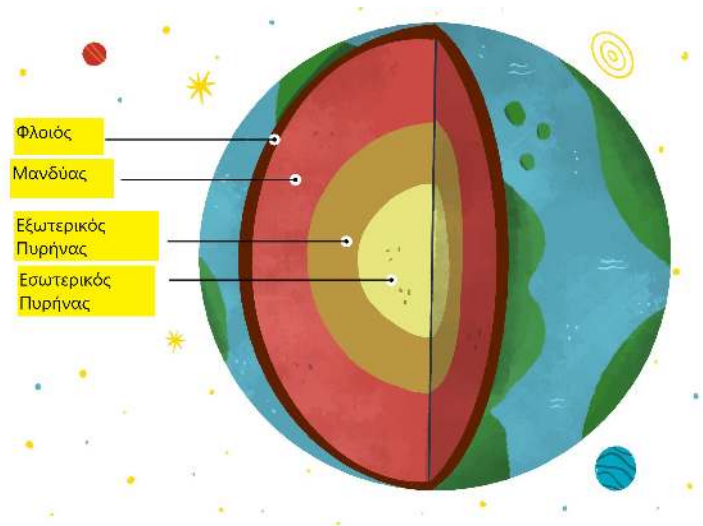
Ο σεισμός είναι ένα από τα πιο σημαντικά φυσικά φαινόμενα που επηρεάζουν τη ζωή μας. Τι είναι ο σεισμός όμως; Σύμφωνα με τον ΟΑΣΠ Σεισμός είναι η εδαφική δόνηση που γεννιέται κατά τη διατάραξη της μηχανικής ισορροπίας των πετρωμάτων από φυσικές αιτίες που σχετίζονται με το εσωτερικό της Γης. Το τράνταγμα, η κίνηση του εδάφους που οφείλεται στη θραύση πετρωμάτων, το στιγμιαίο αποτέλεσμα μιας μακροχρόνιας διαδικασίας συσσώρευσης δυναμικής ενέργειας σε καταπονούμενες περιοχές της λιθόσφαιρας. Ένα φυσικό φαινόμενο που μπορεί να προκαλέσει πολλές απώλειες τόσο σε ανθρώπινο δυναμικό όσο και σε υλικά αγαθά. (ΟΑΣΠ, Περί σεισμών)

## 1.2 Χαρακτηριστικά ενός σεισμού



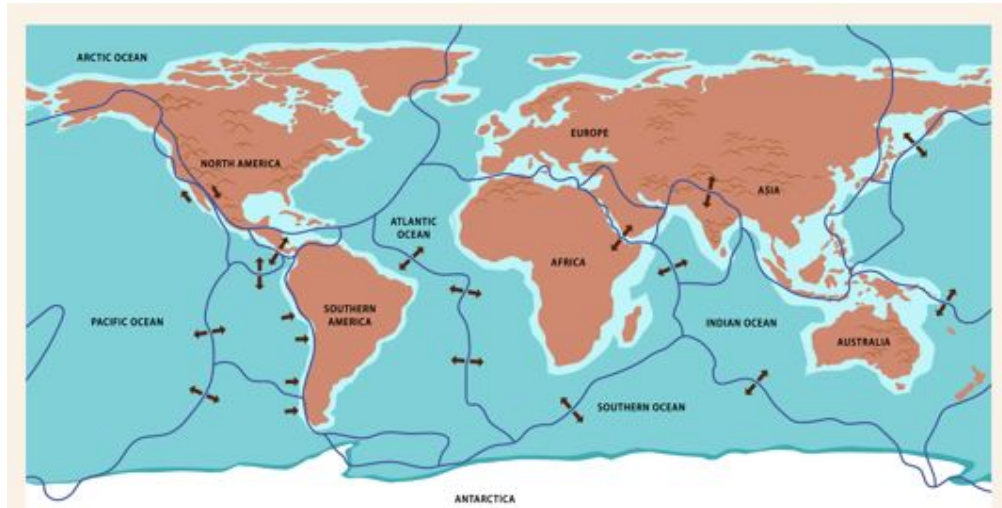
**Εικόνα 17 Στοιχεία του σεισμού**

Στην εικ. 2 παρατηρούμε το εσωτερικό της Γης. Οι περισσότεροι σεισμοί λαμβάνουν χώρα στη Λιθόσφαιρα, η οποία περιλαμβάνει τον Φλοιό και τον Ανώτερο Μανδύα.



**Εικόνα 18 Το Εσωτερικό της Γης**

Είναι επίσης γνωστό πως η Λιθόσφαιρα είναι τεμαχισμένη σε τεκτονικές πλάκες, οι οποίες συγκλίνουν, απομακρύνονται ή κινούνται παράλληλα. Στα όρια των πλακών αυτών καταγράφονται οι σεισμικές εστίες. (Εικ.3)



*Εικόνα 19 Οι τεκτονικές πλάκες της Γης*

### 1.3. Πρώτες ερμηνείες - Αναφορά στη Μυθολογία

Όλα τα ανεξήγητα φαινόμενα οι αρχαίοι λαοί προσπάθησαν να τα εξηγήσουν προσδίδοντάς τους υπερφυσικές διαστάσεις. Ο Εγκέλαδος στην Ελληνική Μυθολογία φέρεται ως αρχηγός των Γιγάντων, γιος του Τάρταρου και της Γαίας που έπαιξε όμως πρωτεύοντα ρόλο στη Γιγαντομαχία στην οποία και φονεύθηκε. Οι Αρχαίοι Έλληνες πίστευαν πως, όταν γινόταν σεισμός, ο Εγκέλαδος είχε θυμώσει και επειδή ήταν πολύ μεγάλος τράνταζε όλη τη γη.

Για τους Ινδούς, υπήρχε ένας τεράστιος ελέφαντας που στη ράχη του στηριζόταν η Γη. Όταν περπατούσε γινόταν σεισμός. Οι Ιάπωνες από την άλλη, θεωρούσαν υπεύθυνο για τους σεισμούς ένα τεράστιο γατόψαρο.

### 1.4 Σύντομη αναφορά στην ιστορία της Σεισμολογίας.

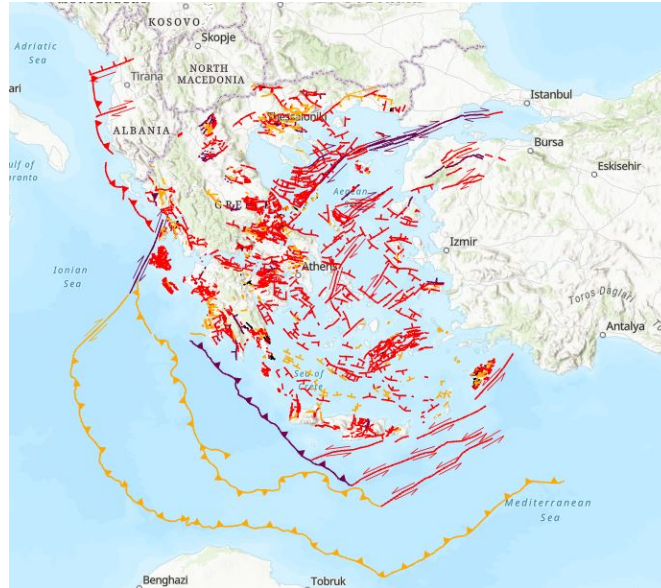
Σεισμολογία είναι η επιστήμη η οποία ασχολείται με το φαινόμενο του Σεισμού. Πρόκειται για μια πολυπαραμετρική, διεθνή Επιστήμη η οποία συνδυάζει Φυσική, Μαθηματικά και Γεωλογία. Αποτελεί κλάδο της Γεωφυσικής (Κουσκουνά, Β)

Η σεισμολογία έχει μακρά ιστορία καθώς το ενδιαφέρον για τη μελέτη των σεισμών και τις επιπτώσεις τους ξεκίνησε τον 6<sup>ο</sup> π.Χ. αιώνα στην Ελλάδα. Ωστόσο σε όλες τις σειсмоγενείς χώρες φιλόσοφοι (Έλληνες, Λατίνοι, Βυζαντινοί, Κινέζοι) έχουν διατυπώσει υποθέσεις για τα αίτια γένεσης των σεισμών. Ενδεικτικά, έχουν θεωρηθεί υπεύθυνα για τους σεισμούς το νερό, οι ατμοί, αναθυμιάσεις, συμπίεση ατμών (Παπαζάχος κ.ά, 2005)

Ωστόσο ως Επιστήμη η Σεισμολογία με τη σύγχρονη έννοια, είναι μάλλον μια νέα Επιστήμη η οποία έχει αρχίσει να αναπτύσσεται γύρω στα μέσα του 19<sup>ου</sup> αι. Αφορμή στάθηκε ο σεισμός της Νάπολης το 1857. Ο Robert Mallet, πολιτικός μηχανικός, μελέτησε τα ερείπια και έβγαλε συμπεράσματα για τη διεύθυνση διάδοσης του σεισμού, το επίκεντρο και τη γενεσιουργό δύναμη. Ο Mallet θεωρείται πατέρας της σύγχρονης σεισμολογίας (Κατσαλούλης, Η. 2020) Λίγα χρόνια αργότερα, ο Άγγλος John Mine ανύψωσε τη σεισμολογία σε ενόργανη επιστήμη (ό.π, σ.81)

## 1.5 Σεισμοί στην Ελλάδα

Προαναφέρθηκε πως οι σεισμικοί καταγράφονται στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών. Η Ελλάδα βρίσκεται κοντά στα όρια της Αφρικανικής πλάκας και της Ευρασιατικής, με την Αφρικανική να βυθίζεται κάτω από την Ευρασιατική. Επιπλέον, οι πλάκες αυτές λόγω των μεγάλων τάσεων είναι σπασμένες σε άλλες μικρότερες, όπως η μικροπλάκα του Αιγαίου και η Αραβική. Στην εικόνα 4 μπορούμε να δούμε ένα χάρτη των ενεργών ρηγμάτων του ελλαδικού χώρου. Στην εικόνα 5 έχουν καταγραφεί εστίες των σεισμών από το 2020 ως το 2025. Οι εικόνες αυτές μας προϋδεάζουν για τη σημασία του φαινομένου αυτού στον Ελλαδικό χώρο.



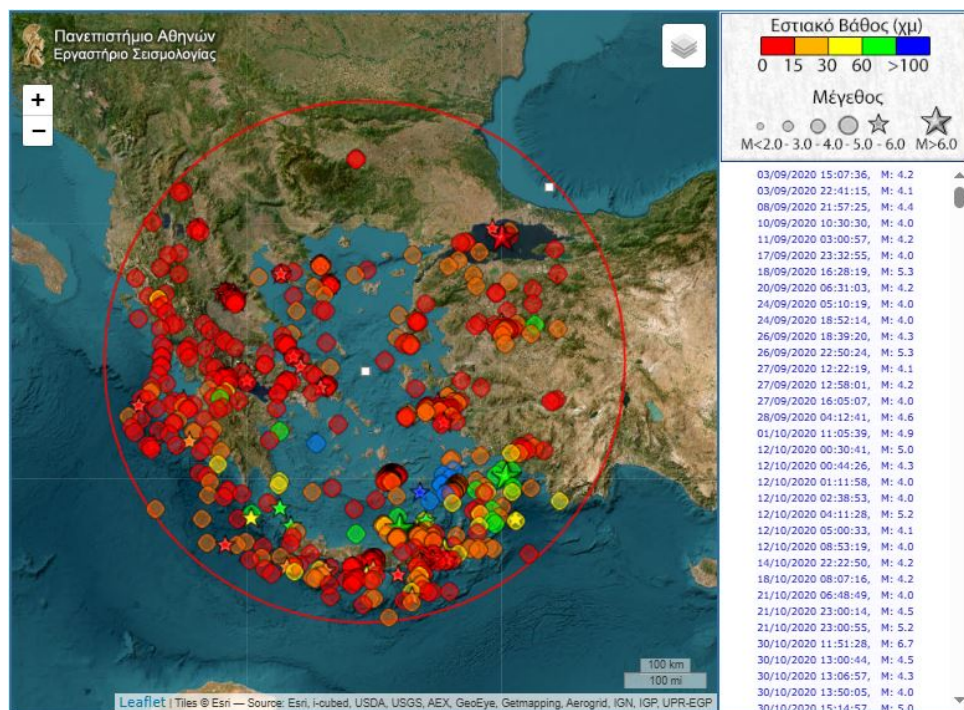
*Εικόνα 20 Χάρτης ενεργών ρηγμάτων (πηγή ΕΑΓΜΕ)*

## 1.6 Εκπαίδευση για τους σεισμούς

Όπως αντιλαμβάνεται κανείς, η αναγκαιότητα της εκπαίδευσης πάνω στο φαινόμενο των σεισμών ειδικά για τους μαθητές των ελληνικών σχολείων είναι περισσότερο από απαραίτητη. Το φαινόμενο διδάσκεται αρχικά στο μάθημα Γεωλογία Γεωγραφία της Α΄ Γυμνασίου, αλλά και στο βιβλίο της Β΄ Γυμνασίου εξειδικεύοντας το περιεχόμενο στην περιοχή της Ευρώπης και φυσικά της Ελλάδας.

Στο πλαίσιο αυτής της εκπαίδευσης, στο Πρότυπο Γυμνάσιο Ευαγγελικής Σχολής Σμύρνης προτάθηκαν διαθεματικές εργασίες στους μαθητές για τα μαθήματα Γεωλογία Γεωγραφία και Τεχνολογία. Μία από αυτές είναι και η εργασία που παρουσιάζεται στο παρόν πόνημα





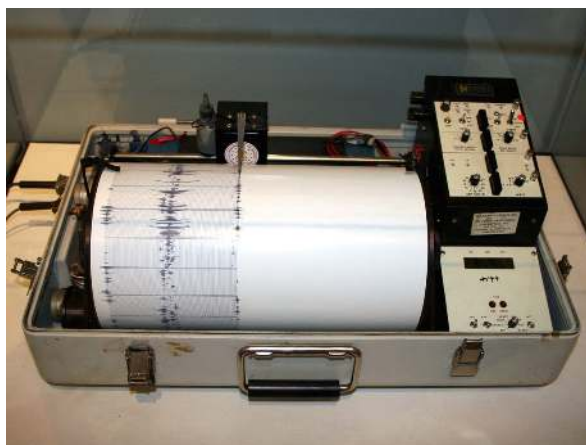
Εικόνα 21 Σεισμοί στην Ελλάδα από 2020 -2025 (πηγή Εργαστήριο σεισμολογίας, ΕΚΠΑ)

## 1.7 Σεισμογράφοι

Κατά τη γένεση των σεισμών εκλύεται ενέργεια η οποία μεταδίδεται με σεισμικά κύματα. Τα σεισμικά όργανα διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με το φυσικό μέγεθος που καταγράφουν (μετάθεση, περιστροφή, παραμόρφωση): σεισμοσκόπια, σεισμογράφοι, σεισμόμετρα και επιταχυνσιογράφοι. Τα **Σεισμοσκόπια** είναι όργανα που απλώς σημειώνουν την γένεση των σεισμών ή αναγράφουν αυτούς πάνω σε ακίνητη αιθαλωμένη πλάκα δίνοντας έτσι πληροφορίες για την ένταση της σεισμικής κίνησης. **Σεισμογράφοι** είναι όργανα με τα οποία επιτυγχάνεται αυτόματη αλλά όχι πιστή αναγραφή της σεισμικής κίνησης. Η αναγραφή αυτή, που λέγεται σεισμογράφημα, γίνεται με γραφίδα πάνω σε αιθαλωμένη ταινία ή με φωτεινή κηλίδα πάνω σε φωτογραφική ταινία. Ο σεισμογράφος αποτελείται από το εκκρεμές, το σύστημα ενίσχυσης (ή μεγέθυνσης) και το σύστημα αναγραφής. Η μάζα του εκκρεμούς πρέπει να είναι σημαντική ώστε η δύναμη της αδράνειας να υπερνικήσει τις τριβές της γραφίδας και των αρθρώσεων των μοχλών. Ωστόσο επειδή οι σεισμογράφοι δεν διέθεταν σύστημα απόσβεσης της κίνησης, το οποίο θα επανέφερε γρήγορα το εκκρεμές στη θέση ηρεμίας ώστε να ανταποκριθεί σε νέα δόνηση, οι καταγραφές τους ήταν αποτέλεσμα όχι μόνο της σεισμικής κίνησης αλλά και της αιώρησης του εκκρεμούς. Για τον πλήρη καθορισμό της μετάθεσης σε ένα σταθμό πρέπει να υπάρχουν τρεις σεισμογράφοι, ένας για την κατακόρυφη συνιστώσα και δυο για τις οριζόντιες συνιστώσες της εδαφικής κίνησης. Τα **σεισμόμετρα** είναι όργανα που γράφουν με σημαντική ακρίβεια τις σεισμικές κινήσεις. Η βασική διαφορά μεταξύ σεισμομέτρου και σεισμογράφου είναι ότι το σεισμόμετρο διαθέτει συσκευή με την οποία πετυχαίνεται απόσβεση της αιώρησης του εκκρεμούς και έτσι είναι δυνατή η πιστότερη αναγραφή της σεισμικής κίνησης. Οι αναγραφές των σεισμομέτρων λέγονται σεισμογράμματα. Η αναγραφή των σεισμικών κυμάτων στα σεισμόμετρα γίνεται με τρεις κυρίως τρόπους.

1. με μηχανική αναγραφή (σεισμόμετρα Mainka, Wiechert).
2. με οπτική αναγραφή (σεισμόμετρα Milne - Show, Wood - Anderson).
3. με ηλεκτρομαγνητική αναγραφή (σεισμόμετρο κινούμενου πηνίου Galitzin και το σεισμόμετρο μεταβαλλόμενης μαγνητικής αντίστασης Benioff).

Οι **επιταχυνσιογράφοι** αποτελούν ειδική κατηγορία σεισμομέτρων. Τα σειсмоγράμματα των οργάνων αυτών δίνουν τη σεισμική επιτάχυνση σε συνάρτηση με τον χρόνο. Χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά από την Τεχνική Σεισμολογία. Τοποθετούνται συνήθως μέσα στα κτίρια για την μέτρηση της επιτάχυνσης κατά την γένεση των σεισμών. (πηγή Γεωδυναμικό Ινστιτούτο)



*Εικόνα 22 Σεισμογράφος*

## Περιγραφή εργασίας

### 2.1 Διδακτική προσέγγιση

Η διδακτική προσέγγιση της παρούσας κατασκευής ακολουθεί την ολιστική διδασκαλία STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics), ενισχύοντας την Υπολογιστική Σκέψη. Το ενδιαφέρον των μαθητών ξεκινά από το κεφάλαιο διδασκαλίας των σεισμών (Γεωλογία -Γεωγραφία Β΄ Γυμνασίου). Ακολούθησε συζήτηση για το κεφαλαιώδες ζήτημα των σεισμών με τη μέθοδο των καπέλων σκέψης. Σημαντική στιγμή έμπνευσης αποτέλεσε η επίσκεψη στο Γεωδυναμικό Ινστιτούτο και η ξενάγηση από το επιστημονικό προσωπικό.

Οι θεματικές περιοχές που αναδεικνύονται είναι η Γεωλογία, η Γεωγραφία, η Τεχνολογία. Τα επιμέρους κεφάλαια είναι η γένεση των σεισμών, η κατανομή των σεισμών στην Ελλάδα, οι οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις μετά από ένα μεγάλο σεισμό. Επίσης, τεχνικά ζητήματα ως προς την κατασκευή. Έτσι η όλη σύλληψη της ιδέας και η κατασκευή εντάσσονται στη θεματική ενότητα STEM για τη Βιώσιμη ανάπτυξη, επικεντρώνοντας στους στόχους: 8: Αξιοπρεπής εργασία και οικονομική ανάπτυξη, 9:Βιομηχανία, καινοτομία και υποδομές και 11: Βιώσιμες πόλεις και κοινότητες.

### 2.2 Εισαγωγή και βασική ιδέα

Ο σεισμογράφος είναι ένα όργανο που καταγράφει τις δονήσεις του εδάφους, επιτρέποντας την παρατήρηση σεισμικών φαινομένων. Αν και τα επαγγελματικά όργανα είναι εξαιρετικά ακριβή και δαπανηρά, μπορεί να κατασκευαστεί ένας απλός, ερασιτεχνικός σεισμογράφος με

τη βοήθεια μικροελεγκτών, όπως το Arduino, και αισθητήρων όπως το γυροσκόπιο. Η εργασία μας έχει κυρίως εκπαιδευτικό χαρακτήρα, καθώς δίνει τη δυνατότητα κατανόησης των βασικών αρχών καταγραφής της κίνησης, αλλά και εισαγωγής στην ηλεκτρονική, τον προγραμματισμό και την ανάλυση δεδομένων.

Η κεντρική ιδέα βασίζεται στο ότι οι δονήσεις του εδάφους μπορούν να μετρηθούν ως αλλαγές στη γωνιακή ταχύτητα και κλίση. Το γυροσκόπιο (MPU6050) μπορεί να ανιχνεύσει μικρές αλλαγές στη θέση και στην κίνηση. Το Arduino λειτουργεί ως «εγκέφαλος» της συσκευής: διαβάζει τις τιμές από τον αισθητήρα, τις επεξεργάζεται και τις αποθηκεύει ή τις εμφανίζει σε πραγματικό χρόνο.

Ο ερασιτεχνικός σειсмоγράφος αποτελείται από τρία βασικά μέρη:

- 1) Τον μικροελεγκτή (Arduino Uno).
- 2) Τον αισθητήρα, γυροσκόπιο
- 3) Το σύστημα απεικόνισης μέσω της μικρής οθόνης

### **Κατασκευή και λειτουργία**

Η κατασκευή ενός τέτοιου σειсмоγράφου ξεκινά από τη συναρμολόγηση των ηλεκτρονικών στοιχείων. Το Arduino τροφοδοτείται με ρεύμα μέσω καλωδίων και συνδέεται με τον αισθητήρα μέσω I2C. Ο αισθητήρας τοποθετείται σε σταθερή βάση, κατά προτίμηση βιδωμένος σε έδαφος ή βαριά επιφάνεια, ώστε να καταγράφει τις πραγματικές κινήσεις του δαπέδου και όχι τυχαίους κραδασμούς.

Ο κώδικας στο Arduino έχει ως στόχο:

1. Να διαβάζει συνεχώς τις τιμές του αισθητήρα (επιτάχυνση σε τρεις άξονες x, y, z).
2. Να αποθηκεύει τα δεδομένα ή να τα στέλνει στο κινητό μέσω Bluetooth

Οι δονήσεις αποτυπώνονται ως κυματομορφές, παρόμοιες με τα πραγματικά σειсмоγραφήματα.

Η ευαισθησία του οργάνου εξαρτάται από την ποιότητα του αισθητήρα και από τον τρόπο στήριξης.

### **Εφαρμογές, πλεονεκτήματα και περιορισμοί**

Ένας ερασιτεχνικός σειсмоγράφος με Arduino και γυροσκόπιο δεν μπορεί να αντικαταστήσει τον επαγγελματικό εξοπλισμό, όμως έχει αρκετές ενδιαφέρουσες χρήσεις:

- **Εκπαιδευτικός σκοπός:** Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε σχολεία ή πανεπιστήμια για την επίδειξη της σεισμικής καταγραφής.
- **Ερασιτεχνική παρακολούθηση:** Οι χρήστες μπορούν να συγκεντρώνουν δεδομένα από τοπικούς σεισμούς και να τα μοιράζονται με κοινότητες.
- **Πειραματισμός με δεδομένα:** Η επεξεργασία των σειсмоγραφημάτων δίνει την ευκαιρία σε μαθητές (όπως εμείς) και ερασιτέχνες να μάθουν βασικές μεθόδους ανάλυσης σήματος.

Τα πλεονεκτήματα είναι ότι το κόστος είναι χαμηλό, η κατασκευή είναι πολύ απλή και παρέχει δυνατότητα παραμετροποίησης και ευελιξίας (π.χ. καταγραφή σε κινητό ή υπολογιστή, απομακρυσμένη μετάδοση δεδομένων).

Οι περιορισμοί είναι ότι ακρίβεια είναι σχετικά υψηλή μόνο για μικρούς σεισμούς και υπάρχει ευαισθησία σε τάξεις του περιβάλλοντος και χρειάζεται η σωστή εγκατάσταση (πχ σε σταθερό υπόγειο χώρο, μακριά από δονήσεις καθημερινής δραστηριότητας).

Συνολικά, ο Arduino-σεισμογράφος με γυροσκόπιο αποτελεί μια προσιτή και δημιουργική εφαρμογή τεχνολογίας, που συνδυάζει ηλεκτρονικά, πληροφορική και γεωφυσική. Αν και δεν παρέχει επαγγελματικά δεδομένα, μας βοηθά να κατανοήσουμε καλύτερα την θεωρία πίσω από τους σεισμούς και να εξασκηθούμε στους ηλεκτρονικούς μικροελεγκτές.

### 2.3 Τελικός σχεδιασμός

Τα εξαρτήματα του σεισμογράφου είναι:

- Πηνίο αντίστασης (περίπου 1 kΩ).
- Μαγνήτης νεοδυμίου.
- Έλασμα ευαίσθητο στις δονήσεις.
- Πλακέτα Arduino UNO.
- Δίοδοι 1N4148.
- Διάτρητη πλακέτα με LM358.

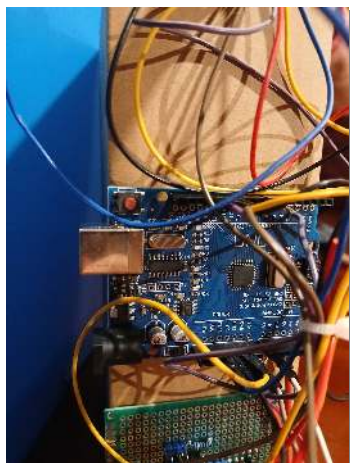
Για αρχή χρησιμοποιούμε μια "βάση" η οποία συλλέγει τα δεδομένα από τους σεισμογράφους-πομπούς. Προσθέσαμε έγχρωμη οθόνη tft στη βάση-δέκτης για τα διαγράμματα του κάθε σεισμογράφου. Συνδέουμε αυτή την κατασκευή με τη βιώσιμη ανάπτυξη, καθώς ο κάθε άνθρωπος μπορεί να προμηθευτεί έναν πομπό-σεισμογράφο. (Το κόστος του κάθε πομπού υπολογίζεται περίπου στα 5€).



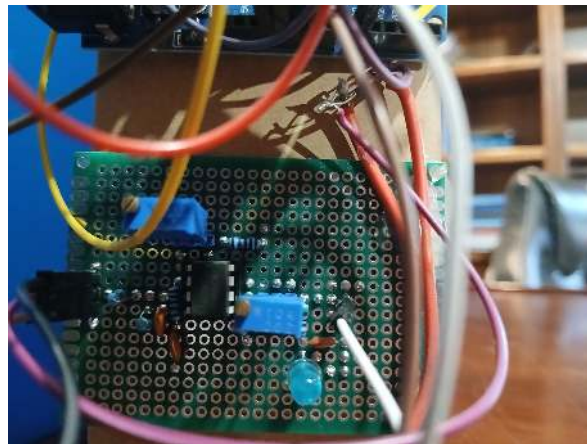
*Εικόνα 23 Ο σεισμογράφος μας*

#### Αρχή της λειτουργίας:

1. Δημιουργία σήματος: Ο μαγνήτης ταλαντώνεται πάνω στο πηνίο. Παράγεται εναλλασσόμενο ρεύμα.
2. Μετατροπή σήματος: Το ρεύμα περνάει από τις διόδους → μετατρέπεται σε συνεχές.
3. Ενίσχυση: Το LM358 ενισχύει το σήμα (μέχρι και 1000 φορές, με επίδραση θορύβου). Τα ποτενσιόμετρα ρυθμίζουν τα στάδια ενίσχυσης.
4. Ψηφιοποίηση & καταγραφή: Το Arduino μετατρέπει το σήμα από αναλογικό σε ψηφιακό. Αποστολή στον υπολογιστή.



*Εικόνα 25: Η πλακέτα Arduino*



*Εικόνα 24: Ο ενισχυτής -ιδιοκατασκευή*



## 2.4 Λογισμικό καταγραφής

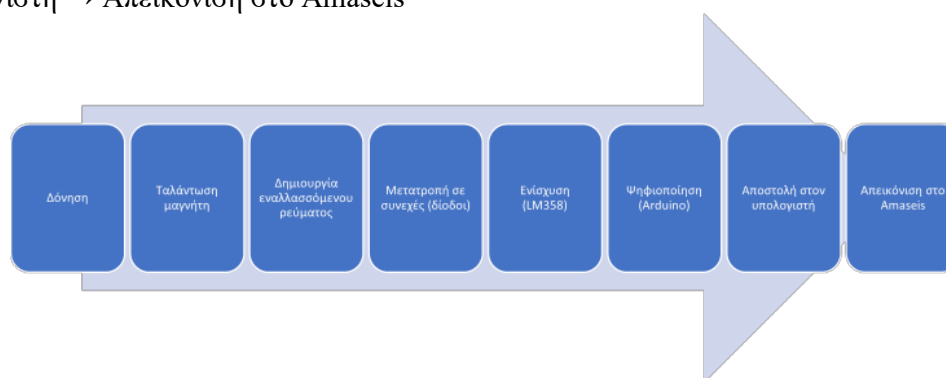
Για την καταγραφή χρησιμοποιούμε το ελεύθερο λογισμικό [Amaseis \(IRIS\)](#).

**Δυνατότητες:** εμφάνιση σειсмоγραφήματος, καταγραφή για έναν χρόνο με <1GB αποθήκευσης.

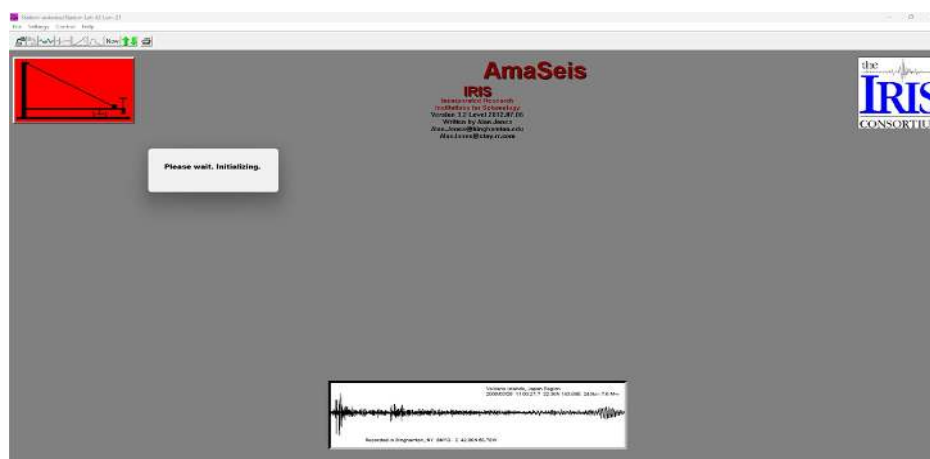
Ο σειсмоγράφος αυτός είναι πολύ ευαίσθητος στις δονήσεις. Με την ταλάντωση του μαγνήτη πάνω στο πηνίο δημιουργείται εναλλασσόμενο ρεύμα το οποίο αφού περάσει από τις διόδους, μετατρέπεται σε συνεχές. Αυτό το σήμα είναι πολύ ασθενές και για αυτό χρειάζεται ενίσχυση. Αυτή τη λειτουργία έχει το ολοκληρωμένο κύκλωμα LM358. Τα δύο ποτενσιόμετρα ρυθμίζουν τα στάδια της ενίσχυσης και μπορούν να ενισχύσουν το σήμα μέχρι και 1000 φορές (εδώ λαμβάνουμε υπόψιν τον ηλεκτρονικό θόρυβο). Ύστερα το Arduino μετατρέπει το σήμα από αναλογικό σε ψηφιακό και το στέλνει στον υπολογιστή. Το δωρεάν πρόγραμμα Amaseis του IRIS εμφανίζει το σειсмоγράφημα και έχει την ικανότητα να καταγράφει τους σεισμούς ενός χρόνου σε λιγότερο από 1GB!

## 2.5.Διάγραμμα Ροής Σεισμογράφου

Δόνηση → Ταλάντωση μαγνήτη → Δημιουργία εναλλασσόμενου ρεύματος → Μετατροπή σε συνεχές (δίοδοι) → Ενίσχυση (LM358) → Ψηφιοποίηση (Arduino) → Αποστολή στον υπολογιστή → Απεικόνιση στο Amaseis



Εικόνα 26 Το διάγραμμα ροής



Εικόνα 27 Το λογισμικό Amaseis

## Συμπεράσματα

Ένας ερασιτεχνικός σειсмоγράφος με Arduino και γυροσκόπιο δεν μπορεί να αντικαταστήσει τον επαγγελματικό εξοπλισμό, όμως έχει αρκετές ενδιαφέρουσες χρήσεις.

- Ο σειсмоγράφος είναι φθηνός, κατασκευασμένος με υλικά προσιτά σε άτομα με βασικές γνώσεις ρομποτικής, ευαίσθητος και λειτουργικός.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εκπαιδευτικούς σκοπούς αλλά και για πραγματικές καταγραφές.

Η κατασκευή είναι πολύ απλή και παρέχει δυνατότητα παραμετροποίησης και ευελιξίας (π.χ. καταγραφή σε κινητό ή υπολογιστή, απομακρυσμένη μετάδοση δεδομένων).

## Βιβλιογραφία

- Καλοβρέκτης Κωνσταντίνος, Ξενάκης Απόστολος, Ψυχάρης Σαράντος, Γεώργιος Σταμούλης, Εκπαιδευτική Τεχνολογία, Αναπτυξιακές πλατφόρμες Ρομποτικής και IoT, ISBN 978-960-418-828-4, Εκδ. Τζιόλα και υιοί ΑΕ
- Καλοβρέκτης Κ, Ψυχάρης Σ. Το έξυπνο θερμοκήπιο στο Εργαστήριο Δεξιοτήτων, Εκδ. Ελληνοεκδοτική 2021 ISBN 978-960-563-449-0
- Καρύμπαλης, Ε. (2009). **Σεισμολογία και Σεισμοτεκτονική**. Εκδόσεις ΕΜΠ
- Κατσαλούλης, Η.Η Πρόβλεψη των σεισμών στην Ελλάδα, εκδ. ΡΟΠΗ, 2020 ISBN 978-618-82782-4-0
- Κουσκουνά, Β. Σημειώσεις μαθήματος Μακροσεισμική
- ΟΑΣΠ <https://oasp.gr/peri-seismon>, τελευταία προσπέλαση 20/9/2025
- Παπαζάχος, Β. & Παπαζάχος, Κ. (2003). **Οι σεισμοί της Ελλάδας**. Θεσσαλονίκη: Ζήτη.
- Παπαζάχος, Β., Καρακάϊσης, Γ, Χατζηδημητρίου, Π. (2005) Εισαγωγή στη Σεισμολογία, Εκδ. Ζήτη ISBN 960-431-979-5
- Παπαϊωάννου, Δ. (2012). **Σεισμολογία: Θεωρία και Εφαρμογές**. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών.
- <https://www.gein.noa.gr/HTML/WEB-EDU/instruments.htm#seismometra> ( ημερομηνία προσπέλασης 29/9/2025)
- <https://geoportal.eagme.gr/portal/apps/webappviewer/index.html?id=3cd03b8942cf4f0baddb01139dd92a57>
- [http://www.geophysics.geol.uoa.gr/stations/gmapv3\\_db/index.php](http://www.geophysics.geol.uoa.gr/stations/gmapv3_db/index.php) ( ημερομηνία προσπέλασης 29/9/2025)
- [https://www.freepik.com/free-vector/flat-design-layers-planet-earth-infographic\\_18895337.htm#fromView=search&page=1&position=26&uuid=6f48445a-22c8-4333-9683-13d3a67d76c6&query=eartquakes+epicenter?log-in=google](https://www.freepik.com/free-vector/flat-design-layers-planet-earth-infographic_18895337.htm#fromView=search&page=1&position=26&uuid=6f48445a-22c8-4333-9683-13d3a67d76c6&query=eartquakes+epicenter?log-in=google)( ημερομηνία προσπέλασης 20/9/2025)
- [https://www.freepik.com/free-vector/plate-tectonics-landforms\\_37409194.htm#fromView=search&page=1&position=0&uuid=c4fe7157-a50c-40ce-99ea-cd24c7721f9e&query=tectonic+plates](https://www.freepik.com/free-vector/plate-tectonics-landforms_37409194.htm#fromView=search&page=1&position=0&uuid=c4fe7157-a50c-40ce-99ea-cd24c7721f9e&query=tectonic+plates)( ημερομηνία προσπέλασης 20/9/2025)
- Bolt, B. A. (1999). **Earthquakes**. W. H. Freeman and Company.



- Stein, S., & Wysession, M. (2003). **An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure**. Blackwell Publishing.
- Lay, T., & Wallace, T. C. (1995). **Modern Global Seismology**. Academic Press.
- IRIS Consortium. (n.d.). **Amaseis Seismograph Software**. Διαθέσιμο στο: [https://www.iris.edu/hq/programs/education\\_and\\_outreach/software/amaseis](https://www.iris.edu/hq/programs/education_and_outreach/software/amaseis)
- Lawrence W. Braile, Michelle Hall-Wallace, John Taber, Rick Aster; The IRIS Education and Outreach Program. *Seismological Research Letters* 2003;; 74 (5): 503–510. doi: <https://doi.org/10.1785/gssrl.74.5.503>
- Tripolitsiotou O., Kaviris G., Teaching Earthquakes through Six Thinking Hats, Poster, 39<sup>th</sup> General Assembly of the European Seismological Commission, Corfu 2024

\*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στους συγγραφείς.

## Πείραμα ή Θεωρία;

*Μαθητές: Θώδα Κωνσταντίνα, Χρηστίδης Αντώνιος, Χρυσοστομίδου Ειρήνη,  
Χρυσοστομίδου Νεστορία  
2ο Γενικό Λύκειο Φλώρινας*

Υπεύθυνος καθηγητής: *Χαιριστανίδης Στυλιανός, Βιολόγος, [schairis\[a\]sch.gr](mailto:schairis[a]sch.gr)*

### Περίληψη

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήσαμε την αυτο-κατευθυνόμενη μάθηση για να προσεγγίσουμε την επιστημονική μέθοδο και την εξέλιξη των επιστημών. Συγκεκριμένα, ξεκινήσαμε από το ερώτημα “Τι είναι πιο σημαντικό, ένα πείραμα ή μία θεωρία;” και μετά η ομάδα μαθητών/μαθητριών αναζήτησε στο ψηφιακό περιβάλλον πληροφορίες σχετικά με πειράματα που οδήγησαν στην αλλαγή ή την απόρριψη μιας θεωρίας για να απαντήσει το ερώτημα. Τέλος, αφού κάθε μέλος της ομάδας παρουσίασε τα αποτελέσματα της δουλειάς του, επιλέχθηκαν τρία πειράματα από τις φυσικές επιστήμες (φυσική, χημεία, βιολογία) για την παραγωγή video που απευθύνεται σε μαθητές/μαθήτριες λυκείου και δείχνει τη σημασία των πειραμάτων αυτών στην εξέλιξη των επιστημών.

### Abstract

In this project we used self-directed learning in order to investigate scientific method and evolution of science. We started with the question “What is more important, a theory or an experiment?” and then the students searched for information in the digital environment about experiments that change or canceled a theory. In the end, each student presented his/her results and a video was created containing three experiments that contributed to the evolution of science.

### Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

Τα τελευταία χρόνια η μάθηση των φυσικών επιστημών ακολουθεί κυρίως τις μεθόδους της διερευνητικής μάθησης (inquiry-based learning) επειδή με αυτόν τον τρόπο οι μαθητές/μαθήτριες μαθαίνουν όχι μόνο το αντικείμενο των φυσικών επιστημών αλλά και την επιστημονική μέθοδο και τον τρόπο σκέψης των επιστημόνων.

Στα σχολικά βιβλία που αφορούν μαθήματα φυσικών επιστημών περιέχονται τόσο πληροφορίες σχετικά με την επιστημονική μέθοδο όσο και πειράματα που έγιναν στο κοντινό ή μακρινό παρελθόν [1 σελ 11-12]. Καθώς όμως τα πειράματα αυτά είναι κυρίως πειράματα που επαληθεύουν μία θεωρία ή έναν νόμο, π.χ. το πείραμα που επαληθεύει το νόμο του Hook για τα ελατήρια, δεν είναι εύκολο για τους μαθητές και τις μαθήτριες να αντιληφθούν τη σημασία των πειραμάτων που αποδεικνύουν μια θεωρία ως λανθασμένη [1 σελ 11 ένθετο R. Feynman].

Για να βοηθηθούν οι μαθητές/μαθήτριες να κατανοήσουν σε βάθος την επιστημονική μέθοδο και την εξέλιξη των φυσικών επιστημών θεωρήθηκε χρήσιμο να ασχοληθούν με μια

δραστηριότητα που θα τους/τις βοηθήσει να προσεγγίσουν πειράματα που είχαν ιδιαίτερη σημασία στην εξέλιξη των επιστημών όχι επιβεβαιώνοντας αλλά απορρίπτοντας μια θεωρία.

## Περιγραφή εργασίας

Στο πρώτο στάδιο της εργασίας έγινε η πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών/μαθητριών με το βασικό ερώτημα 'Τι είναι πιο σημαντικό, ένα πείραμα ή μια θεωρία;'. Στη συνέχεια έγινε συζήτηση όπου κάθε μαθητής/μαθήτρια παρουσίασε την άποψή του/της και μετέπειτα έγινε καταιγισμός ιδεών σχετικά με πειράματα που γνωρίζουν και την πειραματική μεθοδολογία. Τέλος, οι μαθητές/μαθήτριες ανέλαβαν να αναζητήσουν στο ψηφιακό περιβάλλον πληροφορίες για πειράματα από το χώρο των φυσικών επιστημών.

Στο δεύτερο στάδιο έγινε το μεγαλύτερο μέρος της αναζήτησης πληροφοριών με την καθοδήγηση του καθηγητή-συντονιστή όποτε ζητούνταν από τους μαθητές/τις μαθήτριες. Η καθοδήγηση αφορούσε κυρίως τις χρονικές εποχές των πειραμάτων, το επιστημονικό αντικείμενο και την επεξήγηση τεχνικών λεπτομερειών.

Στο τρίτο στάδιο έγινε παρουσίαση των αποτελεσμάτων της αναζήτησης κάθε μαθητή/μαθήτριας και συζήτηση σχετικά με τη μέθοδο κάθε πειράματος και το αποτέλεσμα του, αν επαλήθευε ή όχι κάποια θεωρία. Από τη συζήτηση αυτή επιλέχθηκαν πειράματα που θεωρήθηκαν περισσότερο σημαντικά στην εξέλιξη μιας επιστήμης και κατανοητά ως προς τη μεθοδολογία τους.

Στο τέλος, αποφασίσαμε να δημιουργήσουμε ένα video στο οποίο θα παρουσιάζουμε συνοπτικά τα αποτελέσματα της αναζήτησής μας προς τους υπόλοιπους μαθητές/τις υπόλοιπες μαθήτριες του Λυκείου για να κεντρίσουμε το ενδιαφέρον τους προς τις φυσικές επιστήμες αλλά και για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από κάθε εκπαιδευτικό στη διδασκαλία μέσα στην τάξη, και για αυτόν τον λόγο το αναρτήσαμε στο διαδίκτυο.

## Βιβλιογραφία

- Ι. Α. Βλάχος, Ι. Γ. Γραμματικάκης, Β. Α. Καραπαναγιώτης, Π. Β. Κόκκοτας, Π. Ε. Περιστερόπουλος, Γ. Β. Τιμοθέου: 'Φυσική Γενικής Παιδείας Α' Τάξης Γενικού Λυκείου' (Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων "ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ", 2025)
- BackstageScience, [Rutherford Gold Foil Experiment - Backstage Science](#) (ημερομηνία προσπέλασης: 30/09/2025)
- danfalkscience, [Galileo's "falling bodies" experiment re-created at Pisa](#) (ημερομηνία προσπέλασης: 30/09/2025)
- Learn America, [Hershey and Chase Experiment](#) (ημερομηνία προσπέλασης: 30/09/2025)

**Σημείωση Επιμελήτριας έκδοσης:** το βίντεο της εργασίας είναι ανηρτημένο στην διεύθυνση:

<https://www.youtube.com/watch?v=vGnUPcGLS-0&list=PLKZNPtLXe9e3ehZAvYbIVWNW1kMvJHGR8k&index=17>

# **Παρθένοι Ωκεανοί: Σήμα κινδύνου από το Τελευταίο Αγριο Καταφύγιο της Θάλασσας (Ένα εκπαιδευτικό παιχνίδι απόδρασης για την προστασία των θαλάσσιων οικοσυστημάτων)**

*Βίλλιας Γεώργιος, Βιολόγος, Αναζαγόρειο Γενικό Λύκειο Νέας Ερυθραίας*  
[gvillias\[a\]hotmail.com](mailto:gvillias[a]hotmail.com)

## **Περίληψη**

Η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση αποτελεί διαχρονικά ένα ιδιαίτερα σημαντικό και ελκυστικό αντικείμενο διδασκαλίας, καθώς οι μαθητές προσεγγίζουν τα περιβαλλοντικά ζητήματα με ενδιαφέρον, προσωπικές εμπειρίες και αυξημένη ενσυναίσθηση απέναντι στη φύση. Η εκπαιδευτική της αξία υπερβαίνει την απλή μετάδοση γνώσεων, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη κριτικής σκέψης, υπεύθυνης στάσης και ενεργού πολιτειότητας.

Τα τελευταία χρόνια, η προστασία των θαλάσσιων οικοσυστημάτων και η ενίσχυση του ωκεάνιου εγγραμματος έχουν αναδειχθεί σε κεντρικούς άξονες του επιστημονικού και κοινωνικού διαλόγου. Φαινόμενα όπως η οξίνιση των ωκεανών, η κλιματική αλλαγή, η λεύκανση των κοραλλιών και η απώλεια της θαλάσσιας βιοποικιλότητας συνιστούν σύνθετες περιβαλλοντικές προκλήσεις, οι οποίες απαιτούν διεπιστημονική προσέγγιση και καλλιέργεια δεξιοτήτων επιστημονικής διερεύνησης. Παρότι ορισμένες από τις σχετικές έννοιες διδάσκονται στα γνωστικά αντικείμενα της Βιολογίας και της Γεωγραφίας, η πολυπλοκότητα των αλληλεπιδράσεων μεταξύ φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων, καθώς και η δυσκολία σύνδεσης της θεωρίας με αυθεντικά περιβαλλοντικά προβλήματα, συχνά περιορίζουν την ουσιαστική κατανόησή τους από τους μαθητές. Ως εκ τούτου, η συστηματική ένταξη θεμάτων περιβαλλοντικής εκπαίδευσης και ωκεάνιου εγγραμματος στη διδακτική πράξη κρίνεται αναγκαία, ώστε οι μαθητές να αναπτύξουν επιστημονικά τεκμηριωμένη γνώση, κριτική επίγνωση και ικανότητα συμμετοχής στη λήψη αποφάσεων για τη βιώσιμη διαχείριση του περιβάλλοντος.

Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα εργασία προτείνει μια καινοτόμο διδακτική προσέγγιση, κατά την οποία οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά σε ένα εκπαιδευτικό παιχνίδι απόδρασης (educational escape room) με θεματικό άξονα τα θαλάσσια οικοσυστήματα και τη βιοποικιλότητα. Η δραστηριότητα, εμπνευσμένη από τη λογική των escape rooms, τοποθετεί τους μαθητές στον ρόλο ομάδων θαλάσσιων ερευνητών που καλούνται να διερευνήσουν τα αίτια της υποβάθμισης ενός κοραλλιογενούς οικοσυστήματος, να αναλύσουν και να αποκωδικοποιήσουν επιστημονικά δεδομένα και να διαμορφώσουν τεκμηριωμένες προτάσεις αντιμετώπισης. Η μαθησιακή διαδικασία οργανώνεται γύρω από διαδοχικούς γρίφους και προβλήματα που ενισχύουν τη συνεργασία, την κριτική και συστηματική σκέψη, την επίλυση προβλημάτων και την αξιοποίηση εργαλείων τεχνητής νοημοσύνης για την αναζήτηση, αξιολόγηση και σύνθεση επιστημονικών πληροφοριών.

## **Abstract**

Environmental Education has consistently been regarded as a highly important and engaging teaching subject, as students approach environmental issues with interest, personal experiences, and a heightened sense of empathy toward nature. Its educational value goes

beyond the mere transmission of knowledge, contributing to the development of critical thinking, responsible attitudes, and active citizenship.

In recent years, the protection of marine ecosystems and the enhancement of ocean literacy have emerged as central themes in scientific and public discourse. Phenomena such as ocean acidification, climate change, coral bleaching, and the loss of marine biodiversity represent complex environmental challenges that require an interdisciplinary approach and the cultivation of scientific inquiry skills. Although some of these concepts are taught within Biology and Geography curricula, the complexity of interactions between natural and human-induced factors, as well as the difficulty of linking theory to authentic environmental problems, often limits students' meaningful understanding. Therefore, the systematic integration of environmental education and ocean literacy topics into teaching practice is considered essential, in order for students to develop evidence-based knowledge, critical awareness, and the ability to participate in decision-making processes regarding sustainable environmental management.

Within this context, the present study proposes an innovative instructional approach in which students actively participate in an educational escape room focused on marine ecosystems and biodiversity. Inspired by the structure of escape rooms, the activity places students in the role of teams of marine researchers who are tasked with investigating the causes of degradation in a coral reef ecosystem, analysing and decoding scientific data, and formulating well-supported intervention strategies. The learning process is organised around a sequence of puzzles and problem-solving tasks that foster collaboration, critical and systems thinking, problem-solving skills, and the use of artificial intelligence tools for the search, evaluation, and synthesis of scientific information.

## **Εισαγωγή / Θεωρητική θεμελίωση**

### **Οξίνιση των ωκεανών**

Η οξίνιση των ωκεανών αποτελεί συνέπεια της αυξημένης απορρόφησης διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) από τη θάλασσα, κυρίως λόγω ανθρωπογενών εκπομπών από καύση ορυκτών καυσίμων και αποψίλωση δασών. Από τη Βιομηχανική Επανάσταση και έπειτα, οι ωκεανοί έχουν απορροφήσει σημαντικό ποσοστό του  $\text{CO}_2$  της ατμόσφαιρας, οδηγώντας σε σχηματισμό ανθρακικού οξέος και μείωση του pH. Αυτό επηρεάζει οργανισμούς που σχηματίζουν ασβεστολιθικούς σκελετούς, όπως κοράλλια και μαλάκια. Η μετρίαση του φαινομένου βασίζεται κυρίως στη μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, στην προστασία θαλάσσιων οικοσυστημάτων που λειτουργούν ως «δεξαμενές άνθρακα» και στη βελτίωση της παρακολούθησης της χημείας των ωκεανών.

### **Κλιματική αλλαγή**

Η κλιματική αλλαγή συνδέεται με τη συσσώρευση αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, όπως  $\text{CO}_2$ , μεθάνιο και υποξείδιο του αζώτου, τα οποία ενισχύουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η εξέλιξή της από τον 20ό αιώνα και μετά χαρακτηρίζεται από άνοδο της μέσης θερμοκρασίας, ακραία καιρικά φαινόμενα και τήξη των πάγων. Τα αίτια σχετίζονται κυρίως με την εντατική βιομηχανική δραστηριότητα, τις μεταφορές και την ενεργειακή παραγωγή από ορυκτά καύσιμα. Η αντιμετώπιση περιλαμβάνει τη μετάβαση σε ανανεώσιμες

πηγές ενέργειας, τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, την αναδάσωση και την εφαρμογή διεθνών συμφωνιών για τη μείωση εκπομπών.

### **Λεύκανση των κοραλλιών**

Η λεύκανση των κοραλλιών είναι ένα φαινόμενο κατά το οποίο τα κοράλλια αποβάλλουν τα συμβιωτικά φύκη (ζωοξανθέλλες) που τους προσφέρουν θρεπτικά συστατικά και χρώμα. Προκαλείται κυρίως από την αύξηση της θερμοκρασίας των θαλάσσιων υδάτων, η οποία σχετίζεται με την κλιματική αλλαγή, αλλά και από ρύπανση ή αλατότητα. Αν η θερμική καταπόνηση παραταθεί, τα κοράλλια οδηγούνται σε θάνατο, με σοβαρές συνέπειες για τα οικοσυστήματα υφάλων. Η μετρίαση περιλαμβάνει τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, την προστασία θαλάσσιων προστατευόμενων περιοχών και τη μείωση τοπικών πιέσεων όπως η υπεραλίευση και η ρύπανση.

### **Απώλεια θαλάσσιας βιοποικιλότητας**

Η απώλεια της θαλάσσιας βιοποικιλότητας οφείλεται σε ένα σύνολο αλληλένδετων παραγόντων, όπως η υπεραλίευση, η καταστροφή ενδιαιτημάτων, η ρύπανση (πλαστικά, χημικά) και η κλιματική αλλαγή. Η εξέλιξη της είναι ιδιαίτερα έντονη τις τελευταίες δεκαετίες, με σημαντική μείωση πληθυσμών ψαριών και υποβάθμιση οικοσυστημάτων. Οι μηχανισμοί περιλαμβάνουν τη διαταραχή των τροφικών πλεγμάτων και την απώλεια κρίσιμων ειδών-κλειδιών. Οι παρεμβάσεις εστιάζουν στη βιώσιμη αλιεία, τη δημιουργία θαλάσσιων προστατευόμενων περιοχών, τη μείωση της ρύπανσης και την αποκατάσταση υποβαθμισμένων οικοσυστημάτων.

## **Εκπαιδευτικοί στόχοι**

Να μπορούν οι μαθητές:

- ☐ να κατανοούν τις αλληλεξαρτήσεις μεταξύ της οξίνισης των ωκεανών, της κλιματικής αλλαγής, της λεύκανσης των κοραλλιών και της απώλειας της θαλάσσιας βιοποικιλότητας.
- ☐ να εξηγούν πώς οι ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η καύση ορυκτών καυσίμων και η βιομηχανική γεωργία, συμβάλλουν στη δημιουργία θετικών ανατροφοδοτικών μηχανισμών της κλιματικής αλλαγής.
- ☐ να περιγράφουν τη δομή και τη λειτουργία των οικοσυστημάτων των κοραλλιογενών υφάλων, συμπεριλαμβανομένων των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των ειδών και της οικολογικής ισορροπίας.
- ☐ να εντοπίζουν γεωγραφικές περιοχές με υψηλή θαλάσσια βιοποικιλότητα και ευάλωτα κοραλλιογενή οικοσυστήματα.
- ☐ να κατανοούν την επίδραση των εισβαλόντων ή χωροκατακτητικών ειδών στους γηγενείς θαλάσσιους οργανισμούς και στη σταθερότητα των οικοσυστημάτων.
- ☐ να εφαρμόζουν γεωγραφική σκέψη για τον εντοπισμό και την ανάλυση περιβαλλοντικών δεδομένων που αφορούν θαλάσσιες περιοχές.
- ☐ να αξιοποιούν εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης και ψηφιακές πηγές για την εξαγωγή επιστημονικών πληροφοριών και την αποκωδικοποίηση σύνθετων δεδομένων ή μηνυμάτων.



- ☐ να καλλιεργούν το ενδιαφέρον, την περιέργεια και τη συμμετοχή τους σε πεδία STEM, με έμφαση στις θαλάσσιες επιστήμες και την κλιματική έρευνα.

## **Υλικά προετοιμασίας παιχνιδιού**

### **Τι θα χρειαστείτε:**

- ☐ Παγκόσμιος χάρτης
- ☐ Σημαίες κρατών
- ☐ Εφαρμογή «Teachable Machine» με πληροφορίες χωρών
- ☐ Μοντέλα τρισδιάστατης εκτύπωσης κοραλλιών
- ☐ Κάρτες οργανισμών τροφικού πλέγματος κοραλλιογενή υφάλου
- ☐ Ταμπλό τοποθέτησης καρτών τροφικού πλέγματος
- ☐ Ταμπλό αλληλεπίδρασης φυσικών και ανθρώπινων συστημάτων
- ☐ Κάρτες δεδομένων οικοσυστήματος (θερμοκρασία, pH, πληθυσμοί ειδών, θαλάσσια ρεύματα, αλιεία, βιομηχανική και τουριστική δραστηριότητα)
- ☐ Ηλεκτρικό κύκλωμα
- ☐ Tablet ή κινητά με το εργαλείο AI Teachable machines

## **Η ιστορία που περιβάλλει την εκπαιδευτική δραστηριότητα**

Αναφορικά με την αφήγηση της εκπαιδευτικής δραστηριότητας, η ιστορία τοποθετεί τους μαθητές σε ένα ρεαλιστικό και υψηλής εμπύθισης σενάριο, στο οποίο αναλαμβάνουν τον ρόλο ωκεανολόγων - ερευνητών που επιχειρούν σε έναν προηγμένο υποθαλάσσιο σταθμό παρακολούθησης παρθένων θαλάσσιων οικοσυστημάτων. Κατά τη διάρκεια της παραμονής τους στο σταθμό, λαμβάνουν ένα επείγον σήμα κινδύνου που εκπέμπεται από ένα αυτόνομο υποθαλάσσιο σύστημα επιτήρησης. Η λήψη του σήματος θέτει το σταθμό σε κατάσταση επιφυλακής, οπότε οι ομάδες των μαθητών ακολουθούν συγκεκριμένο πρωτόκολλο ασφαλείας σύμφωνα με το οποίο θα πρέπει: (α) να αποκωδικοποιήσουν το μήνυμα, (β) να εντοπίσουν την πηγή της οικολογικής διαταραχής, (γ) να διερευνήσουν τις αλληλεπιδράσεις που συνδέουν τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες με την επιτάχυνση της κλιματικής αλλαγής και την υποβάθμιση των κοραλλιογενών υφάλων. Στη συνέχεια, θα πρέπει (δ) να προτείνουν λύσεις που θα βοηθήσουν στο μετριασμό του φαινομένου, με στόχο την αποτροπή περαιτέρω οικολογικής κατάρρευσης και την αποκατάσταση της ισορροπίας του οικοσυστήματος. Όλα αυτά, θα πρέπει να γίνουν προτού εγκαταλήψουν το σταθμό και χαθούν τα πολύτιμα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί.

## **Δραστηριότητες για τη διεξαγωγή του παιχνιδιού**

### **ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ 1η – Χαρτογράφησης Παρθένων Ωκεανών:**

Οι μαθητές ξεκινούν την αποστολή τους αναλύοντας σημαίες χωρών και χρησιμοποιώντας το εργαλείο τεχνητής νοημοσύνης Teachable Machine για να αποκτήσουν στοιχεία σχετικά με την ταυτότητα της περιοχής όπου εκπέμφθηκε το σήμα κινδύνου. Αφού αναγνωρίσουν τις χώρες, τις εντοπίζουν στον παγκόσμιο χάρτη και αναζητούν τις περιοχές με τη μεγαλύτερη θαλάσσια βιοποικιλότητα, προκειμένου να προσδιορίσουν το θαλάσσιο οικοσύστημα που πρόκειται να διερευνήσουν.



*Εικόνα 1: Χάρτης περιοχής παρθένων θαλάσσιων οικοσυστημάτων*

### **ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ 2η – Τροφικό Πλέγμα Κοραλλιογενών Υφάλων:**

Με τη βοήθεια εικόνων, διαγραμμάτων, τρισδιάστατων μοντέλων θαλάσσιων οργανισμών και δεδομένων που παρέχονται μέσω του εργαλείου τεχνητής νοημοσύνης Teachable Machine, οι μαθητές ταξινομούν τους οργανισμούς που απαντώνται σε έναν κοραλλιογενή ύφαλο. Αντιστοιχίζουν είδη με βάση τον οικολογικό τους ρόλο, όπως τροφικά επίπεδα, συμβιωτικές σχέσεις (π.χ. κοράλλια και ζωοξανθέλλες) και ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις, με στόχο την ανασύνθεση ενός ολοκληρωμένου τροφικού πλέγματος.

### **ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ 3η – Φυσικά Συστήματα και Ανθρωπογενείς Παρεμβάσεις:**

Οι μαθητές διερευνούν και χαρτογραφούν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ ανθρώπινων δραστηριοτήτων και φυσικών συστημάτων, εστιάζοντας στην οξίνιση των ωκεανών, τον κύκλο του άνθρακα, τη λεύκανση των κοραλλιών και την κλιματική αλλαγή. Μέσα από κριτική ανάλυση εντοπίζουν σχέσεις αίτιου–αποτελέσματος και κατανοούν πώς οι θετικοί μηχανισμοί ανατροφοδότησης επιταχύνουν την περιβαλλοντική υποβάθμιση.

### **ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ 4η – Προγνωστική Μοντελοποίηση και Λήψη Αποφάσεων:**

Αναλύοντας επιστημονικά δεδομένα και αποτελέσματα προσομοιώσεων, οι μαθητές προβλέπουν μελλοντικά σενάρια για την υγεία των κοραλλιογενών υφάλων. Καλούνται να εντοπίσουν πιθανές παρεμβάσεις, να αξιολογήσουν τη βιωσιμότητά τους και να λάβουν τεκμηριωμένες αποφάσεις για την επιβράδυνση ή αποτροπή της κατάρρευσης του οικοσυστήματος.

### **ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ 5η – Αντιμετώπιση Έκτακτης Ανάγκης και Απόδραση:**

Για την ολοκλήρωση της αποστολής, οι μαθητές συνδυάζουν τη γνώση και τα ευρήματα από όλους τους προηγούμενους γρίφους ώστε να ενεργοποιήσουν τη διαδικασία απόδρασης από

τον υποθαλάσσιο σταθμό. Μέσα στο λιγιστό χρόνο που απομένει, όλες οι ομάδες θα πρέπει με συνεργατικό τρόπο να λύσουν το τεχνικό πρόβλημα που έχει προκύψει, με στόχο την αποκατάσταση της λειτουργίας των ηλεκτρονικών συστημάτων και την ασφαλή εκκένωση του υποθαλάσσιου σταθμού πριν προκύψει δομική αστοχία και πλημμυρίσει.

## Βιβλιογραφία

- <https://education.nationalgeographic.org/resource/mapmaker/>
- <https://www.livingoceansfoundation.org>
- <https://www.nationalgeographic.org/society/our-programs/pristine-seas/>

\*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στον συγγραφέα.

# Διαστημική Βιολογία: Πειράματα μικροβαρύτητας στο σχολείο

*Βίλλιας Γεώργιος, Βιολόγος, Αναξαγόρειο Γενικό Λύκειο Νέας Ερυθραίας*  
[gvillias\[a\]hotmail.com](mailto:gvillias[a]hotmail.com)

## Περίληψη

Η Διαστημική Βιολογία (Space Biology) αποτελεί έναν σύγχρονο και ταχέως αναπτυσσόμενο κλάδο των βιοεπιστημών, ο οποίος μελετά την επίδραση του διαστημικού περιβάλλοντος, όπως η μικροβαρύτητα και η κοσμική ακτινοβολία, στους ζωντανούς οργανισμούς. Εξετάζει τις κυτταρικές, φυσιολογικές και γενετικές αποκρίσεις φυτών, μικροοργανισμών, ζώων και ανθρώπου, με στόχο τόσο την προστασία της ανθρώπινης υγείας κατά τις διαστημικές αποστολές όσο και την ανάπτυξη βιώσιμων συστημάτων υποστήριξης ζωής για μακροχρόνια παραμονή στο διάστημα (διαστημικούς σταθμούς, επανδρωμένα διαστημόπλοια και μελλοντικές βάσεις στη Σελήνη ή στον Άρη).

Στο πλαίσιο γνωριμίας των μαθητών με τον διεπιστημονικό αυτό κλάδο, η παρούσα εργασία παρουσιάζει τον σχεδιασμό, την κατασκευή και την εκπαιδευτική αξιοποίηση μιας Συσκευής Τυχαίου Προσανατολισμού, γνωστότερης και ως Random Positioning Machine (RPM), η οποία προσομοιώνει στο σχολικό εργαστήριο συνθήκες λειτουργικής μικροβαρύτητας μέσω συνεχών και τυχαίων μεταβολών του προσανατολισμού ενός βιολογικού δείγματος ως προς το διάνυσμα της βαρύτητας. Η διάταξη χρησιμοποιείται για τη μελέτη της βλάστησης και της ανάπτυξης φυτικών οργανισμών, με πειραματικό μοντέλο τους σπόρους κάρδαμου (*Lepidium sativum*), επιτρέποντας στους μαθητές να διερευνήσουν τον ρόλο της βαρύτητας στις βιολογικές διεργασίες. Η επιλογή της τεχνολογίας RPM βασίζεται στο χαμηλό κόστος κατασκευής, την ευκολία υλοποίησης και την ασφαλή χρήση της σε σχολικό περιβάλλον, παρέχοντας τη δυνατότητα πραγματοποίησης αυθεντικών πειραμάτων που προσεγγίζουν ερευνητικές πρακτικές της Διαστημικής Βιολογίας. Παρότι οι διατάξεις αυτές δεν αναπαράγουν πλήρως τις πραγματικές συνθήκες μικροβαρύτητας που επικρατούν στο διάστημα και παρουσιάζουν περιορισμούς ως προς την ακρίβεια της προσομοίωσης, αποτελούν ένα ιδιαίτερα αποτελεσματικό και προσιτό εκπαιδευτικό εργαλείο για την εισαγωγή των μαθητών στις βιοεπιστήμες του διαστήματος και στη διερευνητική μάθηση.

## Abstract

Space Biology is a modern and rapidly evolving branch of the life sciences that investigates the effects of the space environment, such as microgravity and cosmic radiation, on living organisms. It examines the cellular, physiological, and genetic responses of plants, microorganisms, animals, and humans, with the dual aim of protecting human health during space missions and developing sustainable life-support systems for long-term space habitation, including space stations, crewed spacecraft, and future lunar or Martian bases.

Within the context of introducing students to this interdisciplinary field, the present study presents the design, construction, and educational implementation of a Random Positioning Machine (RPM), a device that simulates functional microgravity in the school laboratory through continuous and random changes in the orientation of a biological sample relative to the gravity vector. The device is used to investigate the germination and growth of plants,

using garden cress seeds (*Lepidium sativum*) as the experimental model, enabling students to explore the role of gravity in biological processes. The RPM was selected because of its low construction cost, ease of implementation, and safe operation in a school environment, providing students with the opportunity to conduct authentic experiments that closely resemble research practices in Space Biology. Although such devices cannot fully replicate the true microgravity conditions experienced in space and have inherent limitations in simulation accuracy, they represent an effective, accessible, and affordable educational tool for introducing students to space life sciences and inquiry-based learning.

## Εισαγωγή / Θεωρητική θεμελίωση

### Πειράματα μικροβαρύτητας στη γη – Βιολογία της βαρύτητας

Η μελέτη των βιολογικών διεργασιών σε συνθήκες μικροβαρύτητας αποτελεί θεμελιώδες αντικείμενο της Διαστημικής Βιολογίας, καθώς συμβάλλει στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η βαρύτητα επηρεάζει την κυτταρική οργάνωση, την ανάπτυξη και τη φυσιολογική λειτουργία των ζωντανών οργανισμών. Παρότι ο Διεθνής Διαστημικός Σταθμός (ISS) αποτελεί τη μοναδική πλατφόρμα όπου μπορούν να πραγματοποιηθούν πειράματα σε πραγματικές συνθήκες μικροβαρύτητας μεγάλης διάρκειας, το υψηλό κόστος και η περιορισμένη πρόσβαση έχουν οδηγήσει στην ανάπτυξη επίγειων τεχνολογιών προσομοίωσης μικροβαρύτητας. Οι τεχνολογίες αυτές επιτρέπουν τη μελέτη βιολογικών φαινομένων που εξαρτώνται από τη βαρύτητα σε ελεγχόμενο εργαστηριακό περιβάλλον. Οι σημαντικότερες μέθοδοι είναι οι παραβολικές πτήσεις (parabolic flights), οι πύργοι ελεύθερης πτώσης (drop towers) και οι Συσκευές Τυχαίου Προσανατολισμού (Random Positioning Machines – RPM). Στις παραβολικές πτήσεις, ειδικά διαμορφωμένα αεροσκάφη εκτελούν διαδοχικές παραβολικές τροχιές, δημιουργώντας συνθήκες σχεδόν μηδενικής βαρύτητας για περίπου 20–25 δευτερόλεπτα ανά παραβολή. Οι πύργοι ελεύθερης πτώσης παρέχουν ακόμη υψηλότερης ποιότητας συνθήκες μικροβαρύτητας, επιτρέποντας στα πειραματικά δείγματα να βρίσκονται σε ελεύθερη πτώση για λίγα δευτερόλεπτα. Αντίθετα, οι Συσκευές Τυχαίου Προσανατολισμού (RPM) περιστρέφουν συνεχώς τα βιολογικά δείγματα γύρω από δύο ανεξάρτητους άξονες, μεταβάλλοντας διαρκώς τον προσανατολισμό τους ως προς το διάνυσμα της γήινης βαρύτητας. Παρόλο που η βαρύτητα δεν καταργείται, η συνεχής αλλαγή της κατεύθυνσής της εμποδίζει τους οργανισμούς να αντιλαμβάνονται ένα σταθερό βαρυτικό ερέθισμα, προσομοιώνοντας έτσι συνθήκες λειτουργικής μικροβαρύτητας κατάλληλες για πειράματα μεγάλης διάρκειας.

Οι επίγειες αυτές διατάξεις έχουν συμβάλει σημαντικά στην ανάπτυξη της Βιολογίας της Βαρύτητας (Gravitational Biology), του κλάδου της Βιολογίας που μελετά τις επιδράσεις της βαρύτητας στους ζωντανούς οργανισμούς. Σύμφωνα με τον εκπαιδευτικό οδηγό του UNOOSA, η Βιολογία της Βαρύτητας εστιάζει σε διεργασίες όπως η βαρυαντίληψη (gravipercption), δηλαδή η ικανότητα των οργανισμών να αντιλαμβάνονται τη διεύθυνση της βαρύτητας, και ο βαρυτροπισμός (gravitropism), δηλαδή η κατευθυνόμενη ανάπτυξη ή κίνηση των οργανισμών ως απόκριση στο βαρυτικό πεδίο. Στα φυτά, η αντίληψη της βαρύτητας πραγματοποιείται από εξειδικευμένα κύτταρα, τα στατοκύτταρα, τα οποία με τη σειρά τους περιέχουν ειδικά οργανίδια, τους στατόλιθους. Οι στατόλιθοι είναι εξειδικευμένοι αμυλοπλάστες (πλαστίδια γεμάτα με κόκκους αμύλου) που λειτουργούν ως αισθητήρες βαρύτητας στα φυτά, επιτρέποντας στη ρίζα να αναπτύσσεται προς το έδαφος (θετικός γεωτροπισμός ή βαρυτροπισμός). Βρίσκονται κυρίως στην καλύπτρα της ρίζας και

μετακινούνται ανάλογα με την κλίση της, καθοδηγώντας την κατεύθυνση της ανάπτυξης. Για τη μελέτη αυτών των μηχανισμών χρησιμοποιούνται ευρέως οι κλινοστάτες (clinostats), οι οποίοι περιστρέφουν το βιολογικό δείγμα ώστε να ελαχιστοποιείται η επίδραση ενός σταθερού βαρυτικού ερεθίσματος. Ο μονοαξονικός κλινοστάτης (1-axis clinostat) περιστρέφει το δείγμα γύρω από έναν οριζόντιο άξονα, μεταβάλλοντας συνεχώς τον προσανατολισμό του ως προς τη βαρύτητα. Όταν η ταχύτητα περιστροφής είναι κατάλληλη, η καθίζηση των στατολίθων περιορίζεται σημαντικά, με αποτέλεσμα οι υποδοχείς βαρύτητας να μην μπορούν να προσδιορίσουν σταθερά το «πάνω» και το «κάτω». Ο διαξονικός κλινοστάτης (2-axis clinostat) ή Random Positioning Machine (RPM) εφαρμόζει την ίδια αρχή, αλλά περιστρέφει το δείγμα ταυτόχρονα γύρω από δύο κάθετους άξονες, επιτυγχάνοντας μια περισσότερο τυχαία κατανομή του διανύσματος της βαρύτητας και, συνεπώς, μια πιο ρεαλιστική προσομοίωση μικροβαρύτητας. Παρότι οι κλινοστάτες δεν μπορούν να αναπαράγουν πλήρως τις πραγματικές συνθήκες έλλειψης βαρύτητας που επικρατούν στο διάστημα, αποτελούν αξιόπιστες, οικονομικές και εύχρηστες ερευνητικές διατάξεις για τη μελέτη του βαρυτροπισμού, της βλάστησης των σπόρων, της ανάπτυξης ριζών και βλαστών και άλλων αναπτυξιακών διεργασιών. Η απλότητα κατασκευής και το χαμηλό κόστος τους τους καθιστούν ιδιαίτερα κατάλληλους για εκπαιδευτικές εφαρμογές, προσφέροντας στους μαθητές τη δυνατότητα να πραγματοποιήσουν αυθεντικές διερευνητικές δραστηριότητες στη Διαστημική Βιολογία πριν προχωρήσουν σε πιο εξειδικευμένες κυτταρικές, μικροσκοπικές ή μοριακές αναλύσεις.

### **Εκπαιδευτικοί στόχοι**

Να μπορούν οι μαθητές:

- ☐ να περιγράφουν τον ρόλο της βαρύτητας στη βλάστηση των σπόρων και στην ανάπτυξη των φυτών, εξηγώντας το φαινόμενο του βαρυτροπισμού.
- ☐ να κατανοούν τις βασικές αρχές της Διαστημικής Βιολογίας και τον τρόπο με τον οποίο η μικροβαρύτητα επηρεάζει τους ζωντανούς οργανισμούς.
- ☐ να σχεδιάζουν, να κατασκευάζουν και να αξιολογούν μια Συσκευή Τυχαίου Προσανατολισμού (Random Positioning Machine – RPM), εφαρμόζοντας αρχές μηχανικής, αυτοματισμού και σχεδιασμού στο πλαίσιο της STEM εκπαίδευσης.
- ☐ να σχεδιάζουν και να εκτελούν πειράματα διερεύνησης, να συλλέγουν και να αναλύουν πειραματικά δεδομένα και να διατυπώνουν τεκμηριωμένα συμπεράσματα σχετικά με την επίδραση της μικροβαρύτητας στη βλάστηση και ανάπτυξη των φυτών.

### **Υλικά ανάπτυξης καλλιέργειών**

**Τι θα χρειαστείτε:**

- ☐ Τρυβλία Petri
- ☐ Σπόροι κάρδαμου (*Lepidium sativum*)

### **Συμβουλές για τη διεξαγωγή των πειραμάτων**



**Επιλογή νεαρών φυταρίων.** Για τη μελέτη του βαρυτροπισμού προτείνονται φυτά με ρίζες μήκους περίπου 5–10 mm, καθώς οι νεαρές ρίζες εμφανίζουν ταχύτερη και πιο έντονη απόκριση στα βαρυτικά ερεθίσματα σε σχέση με τις μεγαλύτερες.

**Επαρκής παροχή οξυγόνου.** Κατά τη βλάστηση, οι σπόροι χρειάζονται οξυγόνο. Για τον λόγο αυτό, το καπάκι του τρυβλίου δεν πρέπει να εφαρμόζει αεροστεγώς, αλλά να αφήνεται περίπου το ένα τρίτο του ανοίγματος ελεύθερο, ώστε να εξασφαλίζεται ο απαραίτητος αερισμός.

**Διατήρηση υψηλής υγρασίας.** Όταν χρησιμοποιούνται ανοικτά τρυβλία ή πραγματοποιούνται πειράματα σε κλινοστάτη/RPM, συνιστάται η χρήση ενός θαλάμου υγρασίας, όπως ενός διαφανούς πλαστικού δοχείου με υγρά απορροφητικά χαρτιά ή μικρό δοχείο νερού, ώστε να αποφεύγεται η αφυδάτωση των φυταρίων.

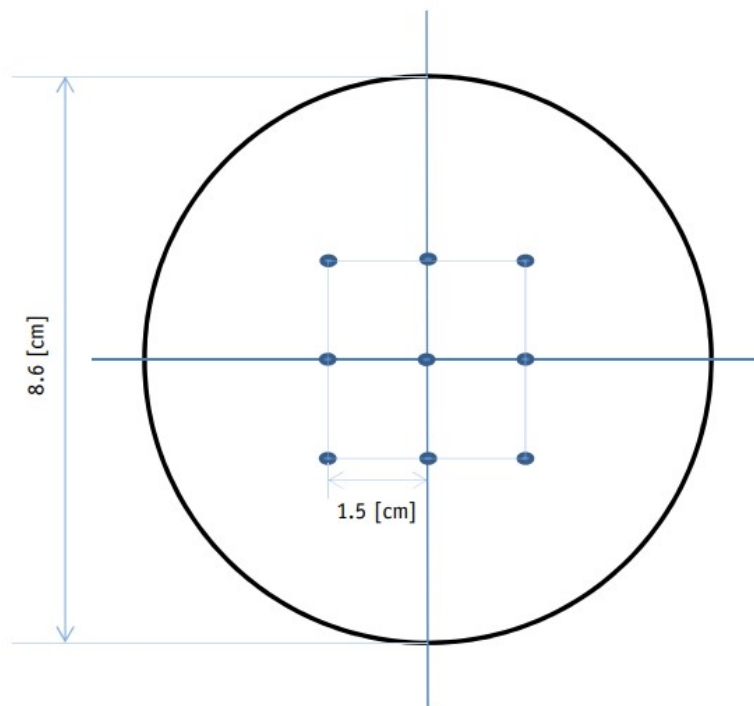
**Κατάλληλο υπόστρωμα ανάπτυξης.** Ως υπόστρωμα προτείνεται κυρίως άγαρ, καθώς παρέχει σταθερή μηχανική υποστήριξη και διατηρεί την υγρασία.

**Φωτισμός.** Οι περισσότεροι σπόροι δεν απαιτούν έντονο φωτισμό κατά τα πρώτα στάδια της βλάστησης. Επειδή το φως προκαλεί φωτοτροπισμό, συνιστάται ο φωτισμός να προέρχεται ομοιόμορφα από πάνω και να μην είναι ιδιαίτερα έντονος, ώστε να μην επηρεάζει τα αποτελέσματα του πειράματος βαρυτροπισμού.

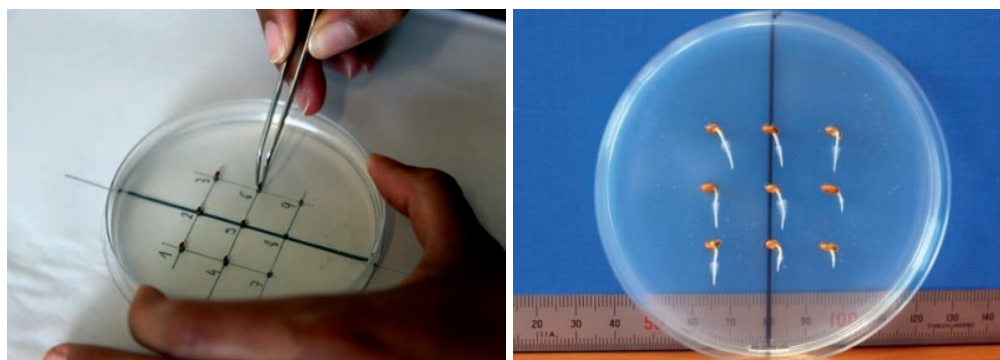
**Νερό.** Για τη διαβροχή του υποστρώματος προτείνεται η χρήση νερού βρύσης, καθώς τα διαλυμένα ανόργανα άλατα που περιέχει ευνοούν τα πρώτα στάδια της βλάστησης.

**Χρόνος παρατήρησης.** Οι μεταβολές στην κατεύθυνση ανάπτυξης των ριζών δεν είναι άμεσες. Για παράδειγμα, μια νεαρή ρίζα μπορεί να χρειαστεί περίπου δύο ώρες για να εμφανίσει καμπύλωση περίπου 90°, επομένως ο σχεδιασμός του πειράματος πρέπει να προβλέπει επαρκή χρόνο παρατήρησης και καταγραφής.

**Συστηματική καταγραφή δεδομένων.** Μετά την ολοκλήρωση του πειράματος συνιστάται η φωτογράφιση των δειγμάτων και η καταγραφή μετρήσεων (μήκος ρίζας, γωνία καμπύλωσης, ρυθμός ανάπτυξης), ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση μεταξύ των πειραματικών και των ομάδων ελέγχου. Το εγχειρίδιο επισημαίνει ότι ακόμη και απλές μορφολογικές παρατηρήσεις αποτελούν ένα εξαιρετικό πρώτο βήμα για την εισαγωγή των μαθητών στη Βιολογία της Βαρύτητας.



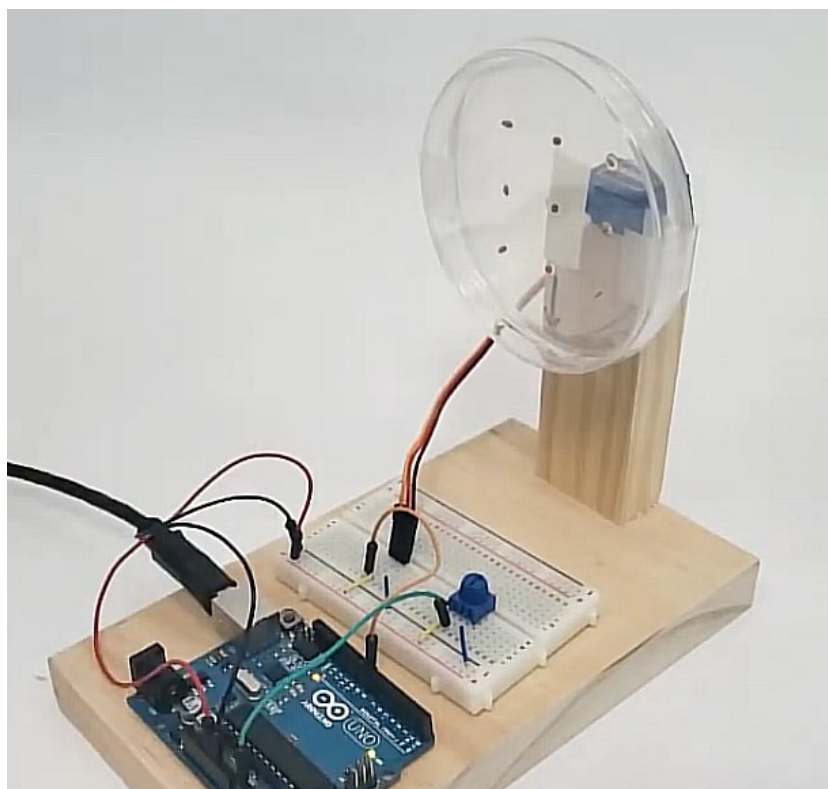
*Εικόνα 1: Διάταξη σπόρων σε τρυβλίο Petri*



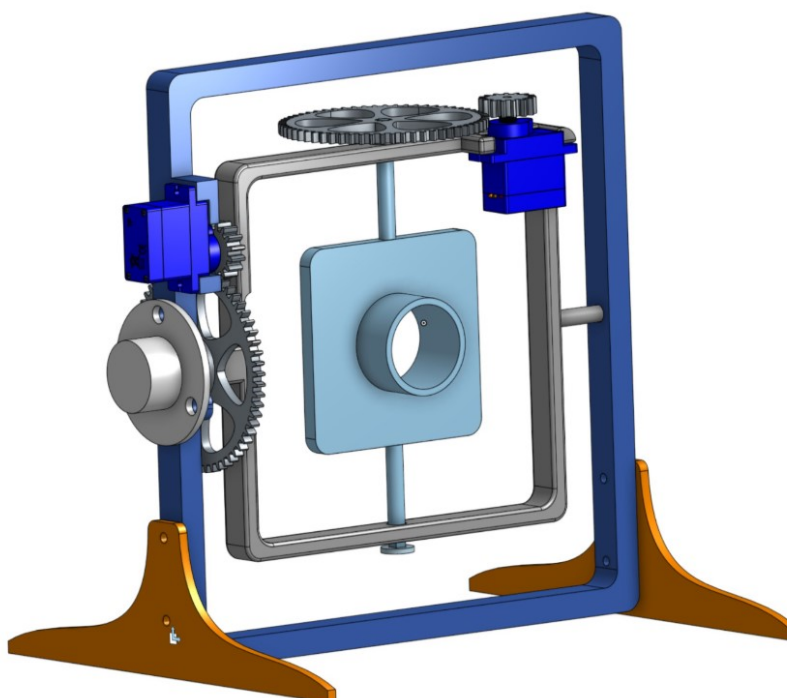
*Εικόνα 1: Τοποθέτηση σπόρων στο τρυβλίο και ανάπτυξη ριζών*

### **Προτάσεις για την κατασκευή των κλινοστατών / RPMs**

Η κατασκευή των κλινοστατών, ανάλογα με τον αριθμό των αξόνων και επιπέδων στα οποία θέλουμε να κινείται το βιολογικό μας δείγμα, μπορεί να βασιστεί σε ιδέες που υπάρχουν στο διαδίκτυο (βλέπε βιβλιογραφία), στις οποίες ως βασικά και απαραίτητα υλικά κατασκευής συμπεριλαμβάνονται ξύλινα ή πλαστικά μέρη για την κατασκευή του στηρίγματος και των πλαισίων κίνησης, συνδυασμένων με γρανάζια και μικρούς κινητήρες για την περιστροφή. Η χρήση διακοπών, ροοστατών, και μικροκυκλωμάτων Arduino ή RaspberryPi θα χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της κίνησης.



*Εικόνα 3: Κλινοστάτης μονοαξονικός (Βλέπε βιβλιογραφική πηγή 3)*



*Εικόνα 4: Κλινοστάτης Διαξονικός (Βλέπε βιβλιογραφική πηγή 1)*

## Βιβλιογραφία

- <https://github.com/CoreElectronics/CE-Random-Positioning-Machine>
- <https://www.youtube.com/watch?v=Wz8sjB6MxHA&t=240s>
- <https://www.youtube.com/watch?v=MIMBqH2o8vw>
- United Nations Office for Outer Space Affairs (UNOOSA). (2013). *Teacher's Guide to Plant Experiments in Microgravity*. United Nations, New York. (ST/SPACE/63).
- [https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2013/stspace/stspace63\\_0\\_html/st\\_space\\_63E.pdf](https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2013/stspace/stspace63_0_html/st_space_63E.pdf)

\*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στον συγγραφέα.

# Βοηθώντας στην παραγωγή και στη διαχείριση φρούτων: Ξεχωρίζοντας τα άγουρα από τα ώριμα φρούτα

Μαρία Ελευθερίου, φυσικός, Πρότυπο Γυμνάσιο Ηρακλείου Κρήτης,  
[maria.d.eleftheriou\[a\]gmail.com](mailto:maria.d.eleftheriou[a]gmail.com)

## Περίληψη

Με την παρούσα εργασία εισαγάγουμε τους μαθητές και τις μαθήτριές μας στις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης μέσα από μια STEM κατασκευή. Επίσης χρησιμοποιούμε την ΑΙ (Τεχνητή νοημοσύνη) στην εκπαίδευση STEM. Ο βασικός σκοπός της κατασκευής είναι να ξεχωρίζει στην παραγωγή του αγρότη ή στο κατάστημα πώλησης τα ώριμα φρούτα από τα άγουρα ώστε αυτά να κατευθύνονται σε διαφορετικές γραμμές αποθήκευσης και πώλησης. Η κατασκευή είναι απλή, οικονομική και μπορεί να πραγματοποιηθεί από μαθητές και μαθήτριες Γυμνασίου και Λυκείου. Επιπρόσθετα δείχνουμε πως μπορούν οι μαθητές/τριες μας να δουλέψουν με το ChatGPT ώστε με κατάλληλες ερωτήσεις να δημιουργήσουν πρόγραμμα σε Python το οποίο χρησιμοποιεί μόνο την κάμερα του υπολογιστή και ανιχνεύει με έναν άλλον τρόπο τα ώριμα από τα άγουρα φρούτα.

## Abstract

Our students are introduced to the principles of sustainable development through a STEM construction. Additionally we use AI (artificial intelligence) in the STEM education. The main purpose of this construction is to differentiate ripe and unripe fruits at the farmer's or at store so they can be directed to different storage and sales lines. The construction is simple, cost-effective as well as it can be performed by High school students. Also we show how our students can work with ChatGPT using appropriate questions where they create a Python program that uses only the computer camera and detects ripe from unripe fruits.

## Εισαγωγή

Πώς θα μπορούσαμε να βοηθήσουμε στην βιώσιμη ανάπτυξη της περιοχής μας και γενικότερα της χώρας μας; Η βιώσιμη ανάπτυξη είναι βασικός στόχος του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ) και της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) οπότε αυτό το θέμα αφορά κράτη, επιχειρήσεις καθώς και τους πολίτες των κρατών [1]. Άρα το να γνωρίζουμε τι σημαίνει βιώσιμη ανάπτυξη, ποια είναι τα πλεονεκτήματα αλλά και οι ανάγκες της κοινωνίας και του περιβάλλοντος είναι πολύ σημαντικό για όλους μας. Επίσης οι εκπαιδευτικοί στα σχολεία θα πρέπει να έχουν τα κατάλληλα εργαλεία ώστε να εμφυσήσουν τις βασικές αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης στους μαθητές και στις μαθήτριές τους. Με την παρούσα διδακτική προσέγγιση-κατασκευή οι μαθητές και οι μαθήτριες εισάγονται στις έννοιες της βιώσιμης ανάπτυξης και κατ'επέκταση στις έννοιες της υπεύθυνης κατανάλωσης και παραγωγής μέσω μιας κατασκευής STEM.

Ειδικότερα γνωρίζουμε ότι :

- Από στοιχεία του ΟΗΕ ότι το 1/3 της τροφής σαπίζει στους κάδους απορριμμάτων ή καταστρέφεται λόγω κακών πρακτικών μεταφοράς και συγκομιδής. Έχει τεθεί στόχος

να μειωθούν τα απόβλητα τροφίμων παγκοσμίως και να μειωθούν οι απώλειες έπειτα από τη συγκομιδή φρούτων/λαχανικών κτλ.

- Επίσης έχει τεθεί στόχος της βιώσιμης ανάπτυξης η μείωση της πείνας, προωθώντας τη βιωσιμότητα στην αγροτική παραγωγή (vo 2).
- Επιπρόσθετα επιδιώκεται βιώσιμη κατανάλωση και βιώσιμοι μεθόδοι παραγωγής (vo 12).

Με την παρούσα κατασκευή πιστεύουμε ότι αν τεθεί σε εφαρμογή θα μπορούσαν να μειωθούν οι απώλειες των τροφίμων στη συγκομιδή ή/και να υπάρξει εξορθολογισμός στη μεταφορά των προϊόντων από τους χώρους παραγωγής προς καταστήματα πώλησης τους. Πιο ειδικά θα μπορούσαν τα φρούτα και λαχανικά να φωτοβολούνται με την κατασκευή αυτή και αυτά που είναι άγουρα να κατευθύνονται σε μακρινές γραμμές μεταφοράς ενώ τα ώριμα να μεταφέρονται σε κοντινότερες τοποθεσίες πώλησης μαζικά και χωρίς κόστος. Η διαδικασία αυτή θα μπορούσε να γίνεται και στα καταστήματα πώλησης όπου θα πουλιούνται άμεσα τα ώριμα φρούτα/λαχανικά ενώ τα άγουρα θα πουλιούνται αργότερα χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση.

Εναλλακτικά οι μαθητές/τριες χρησιμοποιώντας ένα πρόγραμμα AI (Τεχνητής Νοημοσύνης) όπως το ChatGPT μπορούν με κατάλληλα prompts να δημιουργήσουν ένα πρόγραμμα σε python και μέσω της κάμερας του υπολογιστή να κατανέμονται τα φρούτα σε άγουρα και ώριμα.

Οι μαθητές και οι μαθήτριες θα γνωρίσουν τους στόχους της βιώσιμης ανάπτυξης με τη STEM κατασκευή που προτείνουμε όπως επίσης θα χρησιμοποιήσουν την AI (τεχνητή νοημοσύνη) για τον ίδιο σκοπό. Η διδακτική προσέγγιση που προτείνουμε μπορεί να υλοποιηθεί από μαθητές/τριες Γυμνασίου και Λυκείου, δηλαδή μαθητές/τριες με ηλικίες 12-18.

## Περιγραφή εργασίας

Η κατασκευή αποτελείται από 3 κυκλώματα και έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής χρειάζεται για τη βαθμονόμηση όπως εξηγούμε παρακάτω.

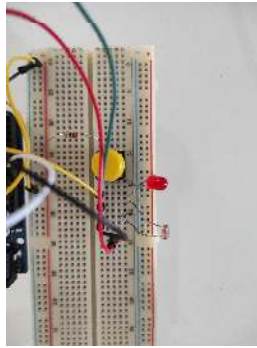
Το πρώτο κύκλωμα αποτελείται από ένα λαμπάκι led, μια αντίσταση 220 Ω, έναν διακόπτη και μια πηγή. Στο συγκεκριμένο κύκλωμα η πηγή είναι το ίδιο το arduino. Το δεύτερο κύκλωμα αποτελείται από μία φωτοαντίσταση, μια αντίσταση 220 Ω και το arduino. (Αυτό το κύκλωμα θα μπορούσε να υλοποιηθεί χωρίς arduino και αντίσταση χρησιμοποιώντας απλώς ένα πολύμετρο). Το τρίτο κύκλωμα υλοποιείται ώστε να παίρνουμε την τιμή “1” στην οθόνη αν το φρούτο/λαχανικό είναι ώριμο και “0” στην περίπτωση που είναι άγουρο. Αποτελείται δηλαδή από μία οθόνη τύπου one-digital tube και μία αντίσταση 1 KΩ.

Τα υλικά της κατασκευής είναι αναλυτικά τα παρακάτω:

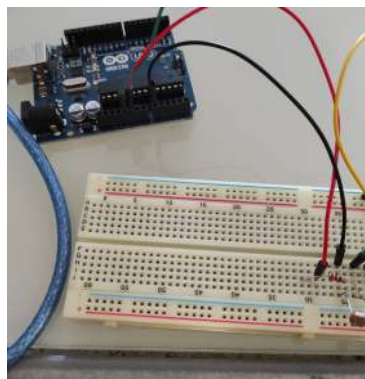
- arduino uno
- λαμπάκι Led (κόκκινο ή άλλου χρώματος)
- δύο αντιστάσεις 220 Ω
- μία αντίσταση 1KΩ
- μερικοί ακροδέκτες
- φωτοαντίσταση
- δύο breadboard (mini) ή ένα μεγαλύτερο
- διακόπτης
- one-digital tube



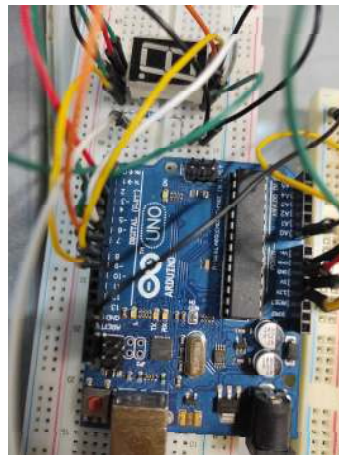
Στις παρακάτω φωτογραφίες διακρίνουμε τα τρία διαφορετικά κυκλώματα.



*Εικόνα 1: Το πρώτο κύκλωμα*



*Εικόνα 2: Το 2ο κύκλωμα*



*Εικόνα 3: Το 3ο κύκλωμα*

Για λόγους ευκολίας τοποθετούμε όλα τα ηλεκτρονικά στοιχεία όπως είναι το λαμπάκι, οι αντιστάσεις, η φωτοαντίσταση, ο διακόπτης και το one digital tube στα breadboards.

Το πρώτο κύκλωμα αποτελείται από την πηγή, το λαμπάκι, την απλή αντίσταση και ως πηγή χρησιμοποιεί τα 5V του arduino. Αυτό το κύκλωμα χρειάζεται ώστε να φωτίζουμε το φρούτο

που θέλουμε να ελέγξουμε για το χρώμα του. (Εικόνα 1) Το δεύτερο κύκλωμα αποτελείται από τη φωτοαντίσταση, την αντίσταση και το arduino. Αυτό το κύκλωμα χρειάζεται ώστε να μετρηθεί το φως που ανακλάει το φρούτο μετά τη φωτοβόλησή του από το λαμπάκι led. (Εικόνα 2) Το τρίτο κύκλωμα αποτελείται από το one digital tube και την κατάλληλη αντίσταση ώστε να διακρίνουμε εύκολα αν το φρούτο είναι ώριμο ή άγουρο δίνοντας αντίστοιχα τιμή “1” ή “0” στην οθόνη. (Εικόνα 3)

**Παρατήρηση:** Η φωτοαντίσταση και το λαμπάκι led θα πρέπει να είναι πολύ κοντά ώστε το λαμπάκι να φωτοβολεί πάνω στο φρούτο και η φωτοαντίσταση να συλλαμβάνει το φως που ανακλάται από το φρούτο.

## Η Φυσική της κατασκευής

### Φωτοαντίσταση:

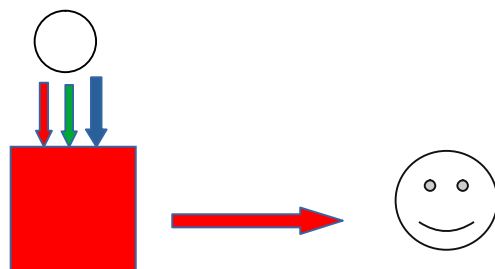
Ας δούμε πρώτα από όλα τι είναι η φωτοαντίσταση (ή φωτοαντιστάτης). Η φωτοαντίσταση είναι ένας μεταβλητός αντιστάτης του οποίου, η τιμή της αντίστασής του, μεταβάλλεται ανάλογα με το φως που συλλαμβάνει. Η φωτοαντίσταση είναι φτιαγμένη από αγωγίμο υλικό. Όταν πέφτει φως πάνω στη φωτοαντίσταση αυξάνεται η αγωγιμότητά της και δίνει ηλεκτρικό σήμα. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η τιμή σημαίνει ότι συλλαμβάνει περισσότερο φως. (Η φωτοαντίσταση διακρίνεται δεξιά κάτω στην Εικόνα 2)

Το πρώτο κύκλωμα είναι απαραίτητο ώστε να φωτοβολήσουμε το φρούτο το οποίο θέλουμε να ελέγξουμε το χρώμα του.

### Φως και αντικείμενο:

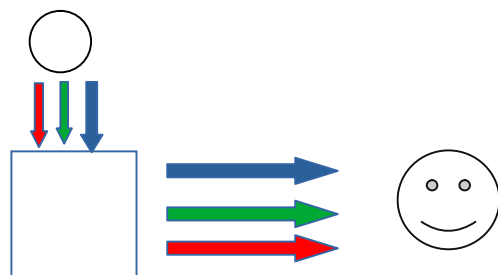
Διακρίνουμε πέντε περιπτώσεις:

1. Αν στείλουμε ορατό φως (πχ ηλιακό) πάνω σε ένα αντικείμενο κόκκινου χρώματος θα το δούμε κόκκινο γιατί ανακλώνται οι συχνότητες του κόκκινου φωτός και απορροφάται το μεγαλύτερο μέρος του ορατού φωτός.



**Σχέδιο 1:** Το αντικείμενο είναι κόκκινου χρώματος, φωτοβολείται από λευκό φως, ανακλάται η κόκκινη συχνότητα. Το βλέπουμε κόκκινο.

2. Αν σε ένα αντικείμενο λευκού χρώματος ρίξουμε λευκό φως θα ανακλαστούν όλες οι συχνότητες του ορατού φωτός και για αυτό το λόγο θα το δούμε λευκό.



**Σχέδιο 2:** Το αντικείμενο είναι λευκού χρώματος, φωτοβολείται από λευκό φως, ανακλώνται όλες οι ορατές συχνότητες. Το βλέπουμε λευκό.

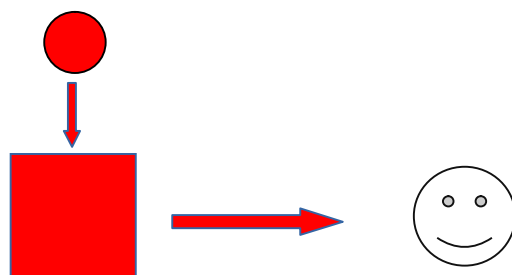
3. Αν σε ένα αντικείμενο μαύρου χρώματος ρίξουμε λευκό φως δεν θα ανακλαστεί καμία συχνότητα του ορατού φωτός και για αυτό το λόγο θα το δούμε μαύρο. Θα έχει δηλαδή απορροφήσει όλες τις συχνότητες του ορατού φωτός.



**Σχέδιο 3:** Το αντικείμενο είναι μαύρου χρώματος, φωτοβολείται από λευκό φως, απορροφώνται όλες οι ορατές συχνότητες, δεν ανακλάται τίποτα. Το βλέπουμε μαύρο.

Άρα καταλαβαίνουμε ότι παίζει ρόλο τι χρώμα φως στέλνουμε στο αντικείμενο για το χρώμα που θα ανιχνεύσει το μάτι μας [2].

4. Αν ρίξουμε κόκκινο φως σε ένα αντικείμενο που είναι κόκκινου χρώματος θα ανακλαστούν οι κόκκινες συχνότητες και θα το δούμε κόκκινο.



**Σχέδιο 4:** Το αντικείμενο είναι κόκκινου χρώματος, φωτοβολείται από κόκκινο φως, ανακλάται η κόκκινη συχνότητα. Το βλέπουμε κόκκινο.

4. Αν ρίξουμε κόκκινο φως σε ένα πράσινο αντικείμενο θα το δούμε μαύρο γιατί δεν ανακλώνται οι κόκκινες συχνότητες του φωτός.



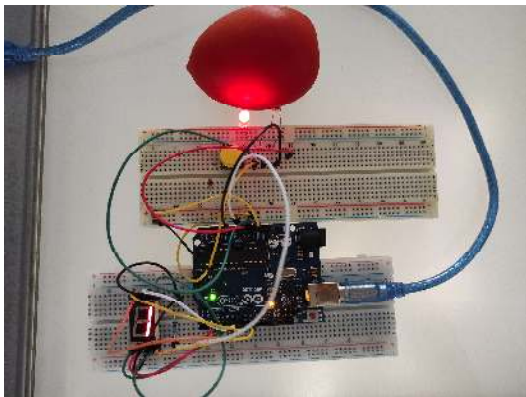
*Σχέδιο 5: Το αντικείμενο είναι πράσινου χρώματος, φωτοβολείται από κόκκινο φως, δεν ανακλάται καμία ορατή συχνότητα. Το βλέπουμε μαύρο. (Το απεικονίζουμε πράσινο στο Σχέδιο 5 αλλά δεν το βλέπουμε ως πράσινο αλλά μαύρο.)*

Η προσομοίωση [3] είναι πολύ χρήσιμη για αυτό το θέμα.

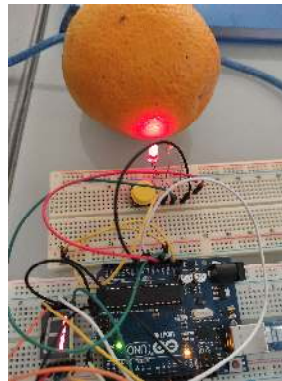
### Σκοπός της κατασκευής

Στην κατασκευή χρησιμοποιούμε ένα κόκκινο λαμπάκι ώστε όταν το φρούτο είναι ώριμο (πχ κόκκινη ντομάτα ή ένα πορτοκάλι) να ανακλάει αυτό το χρώμα και να ανιχνεύεται από τον φωτοαντιστάτη. Αν το φρούτο είναι άγουρο (πχ πράσινη ντομάτα ή πράσινο πορτοκάλι) δεν ανακλάται το κόκκινο χρώμα και ο φωτοαντιστάτης δίνει χαμηλότερη τιμή από πριν. Σε αυτήν ακριβώς τη διαφορά στηρίζεται η κατασκευή μας.

Στις Εικόνες 4 και 5 παρατηρούμε πως η κατασκευή ανιχνεύει μία ώριμη ντομάτα και ένα πορτοκάλι αντίστοιχα δίνοντας τιμή 1 στην οθόνη.

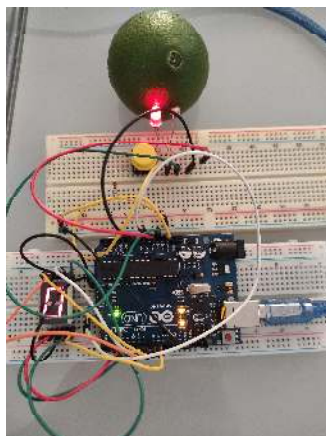


*Εικόνα 4: Ανίχνευση ώριμης ντομάτας.*



*Εικόνα 5: Ανίχνευση ώριμου πορτοκαλιού.*

Στην Εικόνα 6 παρατηρούμε πως η κατασκευή ανιχνεύει ένα άγουρο πορτοκάλι, δίνοντας τιμή "0" στην οθόνη.



*Εικόνα 6: Ανίχνευση άγουρου πορτοκαλιού*

## Βαθμονόμηση

Πολύ μεγάλο ρόλο παίζει το διάχυτο φως που υπάρχει στο μέρος στο οποίο τοποθετείται η κατασκευή λόγω της ύπαρξης της φωτοαντίστασης. Πχ παίζει ρόλο αν κάνουμε τις μετρήσεις την ημέρα ή τη νύχτα ή κοντά σε μια λάμπα. Για αυτόν τον λόγο τρέχουμε τον κώδικα που έχουμε δημιουργήσει και παρατηρούμε τις τιμές που δίνει η φωτοαντίσταση: (Όσο πιο μεγάλες τιμές σημαίνει πιο πολύ φως).

- α) χωρίς φωτοβολήση του led
- β) με φωτοβολήση του κόκκινου φρούτου (ώριμο)
- γ) με φωτοβολήση του πράσινου φρούτου (άγουρο)

Παρατηρούμε ότι ανεξάρτητα του διάχυτου φωτός όταν φωτοβοληθεί το άγουρο φρούτο από το κόκκινο led δίνει χαμηλότερες τιμές φωτεινότητας από όταν φωτοβολείται το ώριμο φρούτο.

## Πλεονεκτήματα της κατασκευής

Οι μετρήσεις μπορούν να γίνουν

- 1) χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση
- 2) με χαμηλό κόστος
- 3) γρήγορα
- 4) με μακροπρόθεσμο οικονομικό όφελος για τον αγρότη και το κατάστημα πώλησης
- 5) με όφελος για το περιβάλλον

## Εναλλακτική δραστηριότητα με χρήση κάμερας και ChatGPT

Εάν δεν έχουμε στη διάθεσή μας υλικά όπως φωτοαντίσταση, arduino κτλ μπορούμε να ζητήσουμε από το ChatGPT να αναπτύξει κώδικα πχ σε Python ώστε τα φρούτα ή τα λαχανικά αρχικά να ανιχνεύονται από μια κάμερα. Θέλουμε επίσης να υπάρχει ηχητικό μήνυμα το οποίο θα αναφωνεί πού βρίσκεται το πράσινο ή το κόκκινο φρούτο. Ειδικότερα: τρέχοντας το πρόγραμμά μας η κάμερα ανοίγει και ανιχνεύει το κόκκινο ή το πράσινο χρώμα θεωρώντας τον χώρο στον οποίο κοιτάει η κάμερα ως ένα πίνακα 3x3. Μόλις βρει κόκκινο ή

πράσινο αντικείμενο ηχητικό μήνυμα μας ειδοποιεί ότι βρέθηκε στη συγκεκριμένη θέση το κόκκινο ή το πράσινο αντικείμενο.

Με αυτήν την προσέγγιση θέλουμε να αναδείξουμε το γεγονός ότι το ChatGPT μπορεί να είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο, γρήγορο και αποδοτικό το οποίο καλλιεργεί άλλες δεξιότητες των μαθητών/τριων όπως το

- i) να μαθαίνουν να αναλύουν ένα πρόβλημα και να το σπάνε σε μικρότερα
- ii) να καλλιεργούν την αλγοριθμική σκέψη
- iii) να διατυπώνουν με σαφή τρόπο το πρόβλημά τους
- iv) να κατανοούν τη σημασία της ακρίβειας στη διατύπωση των ερωτημάτων τους
- v) να παρατηρούν το αποτέλεσμα και να το κρίνουν αν είναι αυτό που χρειάζονται ή αν είναι το σωστό
- vi) να ζητούν εναλλακτικές λύσεις και να τις δοκιμάζουν

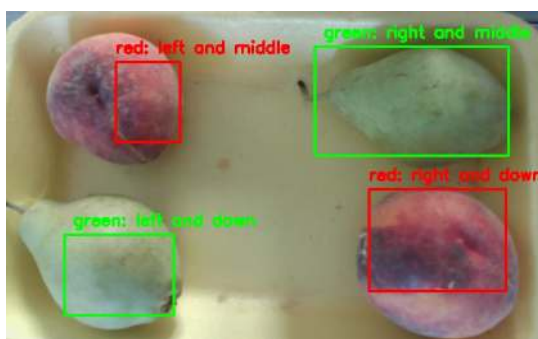
Ποιες είναι οι κατάλληλες ερωτήσεις που μπορούν να κάνουν οι μαθητές/τριες ώστε να πάρουν ένα πρόγραμμα σε Python για τις συγκεκριμένες ανάγκες του project; Παρακάτω δίνουμε ενδεικτικές γενικές εντολές και στο 4ο φύλλο εργασίας δίνουμε τις πιο ειδικές εντολές που μπορούν να δώσουν οι μαθητές/τριες.

### **Παραδείγματα εντολών-οδηγιών:**

1. Θέλω να ξεχωρίζει η κάμερα του κινητού μου σε android τα κόκκινα από τα πράσινα μήλα όταν θα στοχεύει η κάμερα πχ σε ένα καφάσι
2. Σε ποιο περιβάλλον πρέπει να γραφτεί ένα πρόγραμμα αναγνώρισης χρωμάτων;
3. Με machine learning\_τι θα μπορούσα να κάνω;
4. Στα windows πως να εγκαταστήσω την python;
5. Πώς να δημιουργήσω εφαρμογή στο κινητό μου;

### **Ένα αποτέλεσμα:**

Έχουμε κόκκινα και πράσινα φρούτα σε ένα καφάσι και τρέχουμε το πρόγραμμα σε python. Στη φωτογραφία βλέπουμε πως ανιχνεύει το πρόγραμμα τα χρώματα των αντικειμένων. Ακούμε το ηχητικό το οποίο μας λέει που βρίσκονται τα αντικείμενα.



***Εικόνα 7: Ανίχνευση με την κάμερα του υπολογιστή όταν τρέχουμε το πρόγραμμα σε python.***



## Φύλλα εργασίας για μαθητές

Η διδακτική πρόταση ακολουθεί τη διερευνητική μέθοδο με την φάση της αφόρμησης, του πειραματισμού και των τελικών συμπερασμάτων.

### **Φάση αφόρμησης:**

#### **1ο Φύλλο εργασίας:**

1. Τι συνηθίζετε να κάνετε με το φαγητό που περισσεύει;
2. Αν αγοράσετε τρόφιμα τα οποία χαλάνε ή έχουν ήδη αρχίσει να χαλάνε τι κάνετε;
3. Τι άλλες πρακτικές έχει η οικογένειά σας όσον αφορά τη διαχείριση των τροφίμων;
4. Γνωρίζετε τι σημαίνει βιώσιμη ανάπτυξη;
5. Γνωρίζετε τι αποφάσεις έχουν πάρει τα Ηνωμένα Έθνη όσον αφορά τη βιώσιμη ανάπτυξη;
6. Παρακολουθήστε το βίντεο [4]
7. Ενημερωθείτε για τους στόχους της βιώσιμης ανάπτυξης του ΟΗΕ [1] και απαντήστε: Ποιους στόχους από τους παραπάνω πιστεύετε ότι έχουν σχέση με τη διαχείριση τροφίμων;

Ακολουθεί συζήτηση στην ολομέλεια της τάξης όσον αφορά τη διαχείριση των τροφίμων και ειδικότερα των φρούτων στη γραμμή παραγωγής τους (δηλαδή τι μπορούν να κάνουν οι αγρότες) όπως επίσης τι μπορεί να γίνει στα καταστήματα πώλησης τους ώστε να μην χάνονται προϊόντα επειδή σαπίζουν.

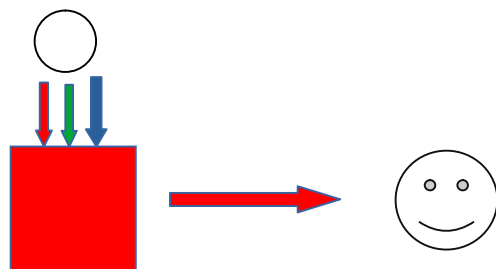
### **Φάση πειραματισμού:**

Ορμώμενοι από την προηγούμενη φάση οι μαθητές/τριες σκέφτονται τι κατασκευή θα μπορούσαν να αναπτύξουν ώστε να προωθούνται τα ώριμα και τα άγουρα φρούτα σε ξεχωριστές γραμμές της παραγωγής. Αρχικά οι μαθητές συμπληρώνουν το 2ο φύλλο εργασίας και έπειτα το 3ο φύλλο εργασίας.

#### **2ο Φύλλο εργασίας:**

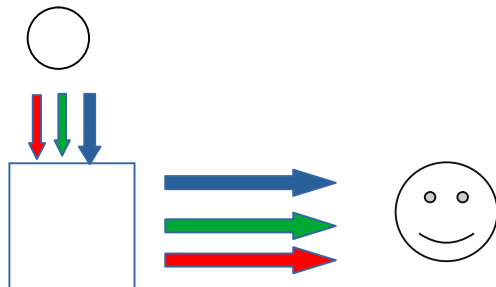
Συμπληρώστε τα παρακάτω:

1.



Σχέδιο 1: Το αντικείμενο είναι κόκκινου χρώματος, φωτοβολείται από κόκκινο φως, ανακλάται η κόκκινη συχνότητα. Το βλέπουμε \_\_\_\_\_.

2.



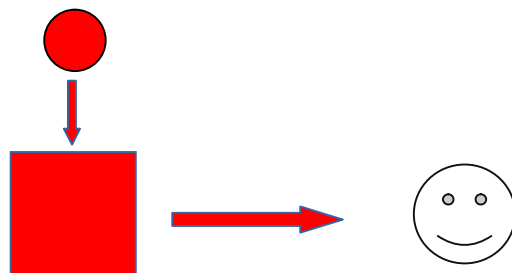
Σχέδιο 2: Το αντικείμενο είναι λευκού χρώματος, φωτοβολείται από λευκό φως, ανακλώνται όλες οι ορατές συχνότητες. Το βλέπουμε \_\_\_\_\_.

3.



Σχέδιο 3: Το αντικείμενο είναι μαύρου χρώματος, φωτοβολείται από λευκό φως, απορροφώνται όλες οι ορατές συχνότητες, δεν ανακλάται τίποτα. Το βλέπουμε \_\_\_\_\_.

4.



Σχέδιο 4: Το αντικείμενο είναι κόκκινου χρώματος, φωτοβολείται από κόκκινο φως, ανακλάται η κόκκινη συχνότητα. Το βλέπουμε \_\_\_\_\_.

5.



Σχέδιο 5: Το αντικείμενο είναι πράσινου χρώματος, φωτοβολείται από κόκκινο φως, δεν ανακλάται καμία ορατή συχνότητα. Το βλέπουμε \_\_\_\_\_

Αν φωτοβολήσουμε μια ώριμη ντομάτα με κόκκινο φως και μια άγουρη ντομάτα με κόκκινο φως θα τη δούμε και στις δύο περιπτώσεις κόκκινη;

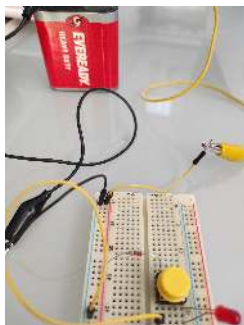
Αιτιολογήστε την απάντησή σας:

Ανοίξτε την προσομοίωση [3] και καταγράψτε τις περιπτώσεις στις οποίες το αντικείμενο φαίνεται κόκκινο.

### 3ο Φύλλο εργασίας

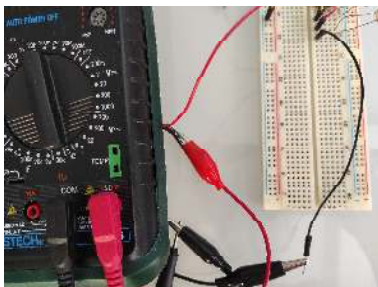
Δίνονται όλα τα υλικά για την κατασκευή.

1. Κατασκευάστε ένα κύκλωμα με ένα λαμπάκι led, μια αντίσταση 220 Ω, έναν διακόπτη και μια μπαταρία 4.5 V.



*Εικόνα 8: Το κύκλωμα με το λαμπάκι led, την αντίσταση, τον διακόπτη και μια μπαταρία.*

2. Κατασκευάστε ένα κύκλωμα με ένα φωτοαντιστάτη, μια αντίσταση 220 Ω και ένα πολύμετρο.



*Εικόνα 9: Το κύκλωμα με τον φωτοαντιστάτη, την αντίσταση και ένα πολύμετρο.*

**Φάση συμπερασμάτων:**

1. Πώς μπορείτε να συνδυάσετε τα δύο κυκλώματα που πραγματοποιήσατε ώστε να φωτοβολείτε τα φρούτα και να τα διακρίνετε σε ώριμα και σε άγουρα; Περιγράψτε:
2. Πώς θα μπορούσατε να υλοποιήσετε τα παραπάνω κυκλώματα με arduino;

**4ο Φύλλο εργασίας (η δραστηριότητα αυτή γίνεται στο εργαστήριο Η/Υ)**

1. Τι θα ρωτούσατε το ChatGPT ώστε να σας φτιάξει ένα πρόγραμμα αναγνώρισης κόκκινων και πράσινων φρούτων;

Πιθανά prompts μαθητών/τριων:

- α) Μπορείς να φτιάξεις σε python πρόγραμμα αναγνώρισης κόκκινων και πράσινων φρούτων;
- β) Μπορεί να τα αναγνωρίζει η κάμερα του Η/Υ;
- γ) Μπορεί να υπάρχει ηχητικό μήνυμα;
- δ) Μπορεί να ανιχνεύει τη θέση του φρούτου;
- ε) Μπορεί να ανιχνεύει το σχήμα του φρούτου;

2. Τρέξτε το πρόγραμμα. Είστε ικανοποιημένοι σε σχέση με τα ερωτήματα που θέσατε στο προηγούμενο βήμα; Γράψτε τις παρατηρήσεις σας.

3. Ποιες αλλαγές θέλετε να κάνετε και γιατί;

4. Ποιες επεκτάσεις χρειάζεται να κάνετε και γιατί;

5. Τρέξτε ξανά τον κώδικα και γράψτε αν τώρα είστε ικανοποιημένοι.
6. Τι άλλο μπορείτε να αλλάξετε/προσθέσετε ώστε να γίνει πιο ολοκληρωμένο το πρόγραμμά σας;

## Συμπεράσματα

Με την παρούσα διδακτική προσέγγιση οι μαθητές και μαθήτριες ενημερώνονται για τους στόχους της βιώσιμης ανάπτυξης, προβληματίζονται για θέματα διαχείρισης προϊόντων (φρούτων, λαχανικών) στη γραμμή παραγωγής της αγροτικής ανάπτυξης και υλοποιούν κατασκευή STEM η οποία ξεχωρίζει τα ώριμα από τα άγουρα φρούτα ή λαχανικά. Η κατασκευή παρουσιάζεται στην εργασία με τη βοήθεια arduino. Στα φύλλα εργασίας για τους μαθητές μπορεί να υλοποιηθεί η κατασκευή με πιο απλό τρόπο (χωρίς arduino). Η κατασκευή στηρίζεται στο ότι το κόκκινο φως που ανακλάται από το ώριμο (κόκκινο ή πορτοκαλί) φρούτο θα ανιχνευτεί από τη φωτοαντίσταση, ενώ αν είναι άγουρο (πράσινο) το σήμα θα έχει χαμηλότερη τιμή. Επιπρόσθετα η κατασκευή αυτή έχει χαμηλό κόστος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση, γρήγορα, με μακροπρόθεσμο οικονομικό κέρδος για τον αγρότη και το κατάστημα πώλησης και φυσικά με όφελος για το περιβάλλον. Οι μαθητές/τριες εξασκούν την παρατηρητικότητα τους, την κριτική τους σκέψη, επικοινωνούν και συνεργάζονται μεταξύ τους. Μέσα από όλη την διδακτική αυτή διαδικασία οι μαθητές και οι μαθήτριες αποκτούν περιβαλλοντική συνείδηση ώστε να γίνουν αυριανοί υπεύθυνοι πολίτες. Εναλλακτικά σχεδιάσαμε δραστηριότητα με την οποία οι μαθητές/τριες ζητούν από το ChatGPT οδηγίες ώστε να δημιουργήσουν ένα πρόγραμμα σε γλώσσα Python το οποίο ανοίγει την κάμερα του υπολογιστή και ανιχνεύει τα άγουρα (πράσινα) και τα ώριμα (κόκκινα) φρούτα. Οι μαθητές/τριες με αυτήν την εναλλακτική δραστηριότητα μαθαίνουν να αναλύουν ένα πρόβλημα και να το σπάνε σε μικρότερα, καλλιεργούν την αλγοριθμική σκέψη, διατυπώνουν με σαφή τρόπο το πρόβλημά τους, κατανοούν τη σημασία της ακρίβειας στη διατύπωση των ερωτημάτων τους, παρατηρούν το αποτέλεσμα και να το κρίνουν αν είναι αυτό που χρειάζονται ή αν είναι το σωστό, ζητούν εναλλακτικές λύσεις οπότε και τις δοκιμάζουν. Γενικότερα με αυτή τη δραστηριότητα πιστεύουμε ότι οι μαθητές/τριες μας προετοιμάζονται για το μέλλον, κάτι το οποίο είναι πολύ σημαντικό, εξασκώντας τις κατάλληλες δεξιότητες.

## Βιβλιογραφία

1. Στόχοι Βιώσιμης ανάπτυξης: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>
2. Οι έννοιες της φυσικής, P. G. Hewitt, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης
3. Προσομοίωση: [https://javalab.org/en/color\\_en/](https://javalab.org/en/color_en/)
4. Βίντεο: <https://www.youtube.com/watch?v=ishA6kry8nc>

\*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στην συγγραφέα.

# Laser στις διαστημικές επικοινωνίες και Li-Fi σε DIY (ιδιοκατασκευή)

*Νεκτάριος Κουράκης, Φυσικός, Γενικό Λύκειο Νέας Κυδωνίας, Χανίων*  
[nektarios.25ma@gmail.com](mailto:nektarios.25ma@gmail.com)

## Περίληψη

Οι διαστημικές επικοινωνίες με λέιζερ είναι μια εξελιγμένη τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την αποστολή μεγάλου όγκου δεδομένων από και προς διαστημικά σκάφη, δορυφόρους και τη Γη.

Το Li-Fi (επίσης γραμμένο ως LiFi) είναι μια τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας που χρησιμοποιεί το φως για τη μετάδοση δεδομένων και τη θέση μεταξύ συσκευών. Το Li-Fi έχει το πλεονέκτημα ότι είναι χρήσιμο σε ηλεκτρομαγνητικά ευαίσθητες περιοχές όπως σε καμπίνες αεροσκαφών, νοσοκομεία και πυρηνικούς σταθμούς χωρίς να προκαλεί ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές.

## Abstract

Laser space communications is an advanced technology used to send large amounts of data to and from spacecraft, satellites, and Earth.

Li-Fi (also written as LiFi) is a wireless communication technology that uses light to transmit data and location between devices. Li-Fi has the advantage of being useful in electromagnetically sensitive areas such as aircraft cabins, hospitals, and nuclear power plants without causing electromagnetic interference.

## Εισαγωγή

### 1. Λέιζερ στις διαστημικές επικοινωνίες

Οι διαστημικές επικοινωνίες με λέιζερ είναι μια εξελιγμένη τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την αποστολή μεγάλου όγκου δεδομένων από και προς διαστημικά σκάφη, δορυφόρους και τη Γη.

- **Πλεονεκτήματα:** Σε σύγκριση με τις παραδοσιακές ραδιοσυχνότητες (RF), οι οπτικές επικοινωνίες (με λέιζερ) προσφέρουν **πολύ υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων**, μπορούν να μεταφέρουν περισσότερες πληροφορίες ταυτόχρονα και είναι λιγότερο ευάλωτες σε παρεμβολές.
- **Παραδείγματα:** Η NASA και η ESA έχουν αναπτύξει συστήματα όπως το **DSOC** (Deep Space Optical Communications) και το **LCRD** (Laser Communications Relay Demonstration), τα οποία έχουν ήδη δοκιμαστεί με επιτυχία για την επικοινωνία με σκάφη όπως το Psyche.



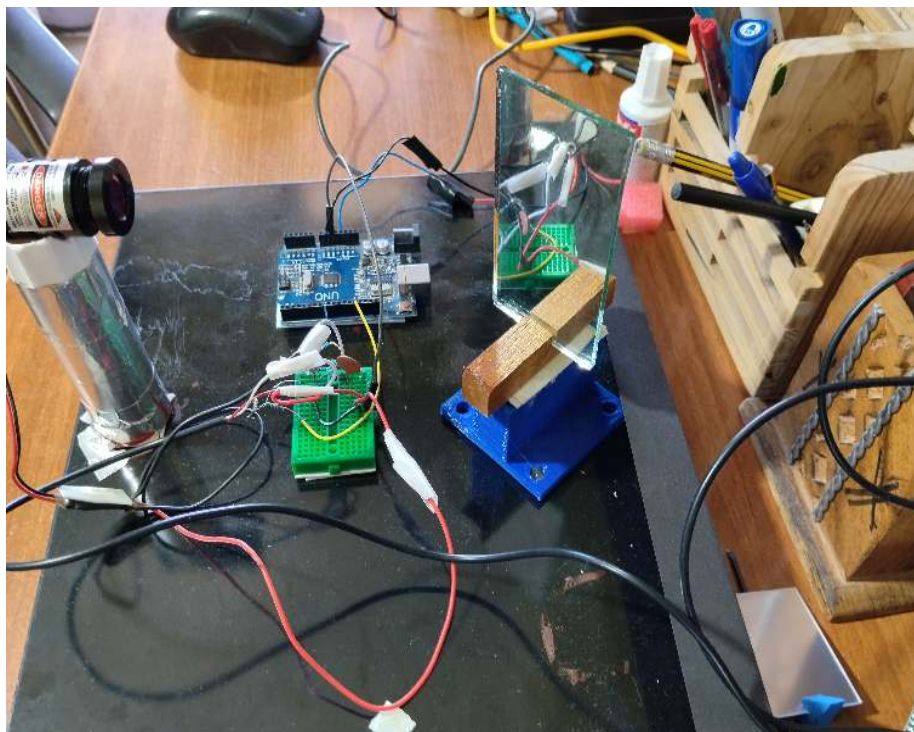


*Εικόνα 1: Λείζερ στις διαστημικές επικοινωνίες*

## **2. Li-Fi μια εξέλιξη της τεχνολογίας Wi-Fi**

**Το Li-Fi** (επίσης γραμμένο ως **LiFi** ) είναι μια τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας που χρησιμοποιεί το φως για τη μετάδοση δεδομένων και τη θέση μεταξύ συσκευών. Το Li-Fi έχει το πλεονέκτημα ότι είναι χρήσιμο σε ηλεκτρομαγνητικά ευαίσθητες περιοχές όπως σε καμπίνες αεροσκαφών, νοσοκομεία και πυρηνικούς σταθμούς χωρίς να προκαλεί ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές.

### **Εικόνα 2,3: Πομπός και δέκτης της κατασκευής μου**

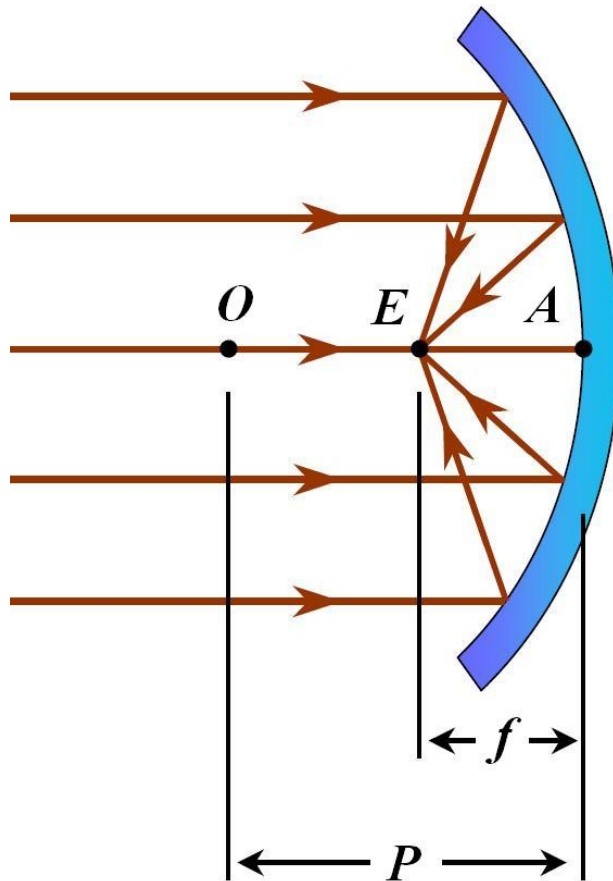


*Εικόνα 2: Πομπός  
Πομπός μέσω καθρέπτη στον οποίο έχουμε το φαινόμενο της ανάκλασης*



*Εικόνα 3: Δέκτης*

**Στο δέκτη έχουμε ένα παραβολικό κάτοπτρο γιατί:** τα παραβολικά κάτοπτρα επιτρέπουν παράλληλες δέσμες **φωτός** (φως από μακρινά αστέρια ή δέσμες **λέιζερ**) να εστιάζονται σε μια πολύ μικρή περιοχή, βλέπε επόμενη εικόνα



Εικόνα 4: παραβολικό κάτοπτρο

## Αναλυτικά

### A. LASER στις διαστημικές επικοινωνίες

Οι διαστημικές επικοινωνίες που χρησιμοποιούν δέσμες λέιζερ (γνωστές και ως Οπτικές Επικοινωνίες Ελεύθερου Χώρου ή Free-Space Optical Communications - FSO) λειτουργούν με βάση τις ακόλουθες τεχνικές και αρχές:

#### 1. Πηγές Λέιζερ (Laser Sources)

Η καρδιά του συστήματος είναι η πηγή του λέιζερ. Χρησιμοποιούνται συνήθως λέιζερ στερεάς κατάστασης (solid-state lasers) ή διόδου (diode lasers) που λειτουργούν στο υπέρυθρο φάσμα (infrared spectrum), συχνά κοντά στα  $1.55 \mu\text{m}$ , επειδή αυτό το μήκος κύματος έχει χαμηλότερη απορρόφηση στην ατμόσφαιρα της Γης και είναι ασφαλές για τα μάτια. Η ακρίβεια της δέσμης είναι κρίσιμη. Για παράδειγμα, η δέσμη που εκπέμπεται από τη Γη προς ένα διαστημικό σκάφος μπορεί να έχει μια διαφορετική διάχυση (beam divergence) της τάξης των νανο-ακτίνων (nanoradians), πράγμα που σημαίνει ότι η δέσμη που φτάνει στο

σκάφος μετά από εκατομμύρια χιλιόμετρα έχει διάμετρο μερικών χιλιομέτρων, αρκετή για να γίνει αντιληπτή από τον δέκτη.

## 2. Διαμόρφωση Σήματος (Signal Modulation)

Για να μεταδοθούν δεδομένα, η πληροφορία κωδικοποιείται στη δέσμη λέιζερ. Αυτό γίνεται με τη διαμόρφωση του λέιζερ, δηλαδή με την αλλαγή κάποιας ιδιότητάς του. Οι πιο συνηθισμένες τεχνικές είναι:

- **Διαμόρφωση Πλάτους Παλμού (Pulse Position Modulation - PPM):** Κωδικοποιεί τα δεδομένα με βάση τη θέση των παλμών σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Αυτή η μέθοδος είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική σε συνθήκες χαμηλού σήματος.
- **Διαμόρφωση Ενεργοποίησης-Απενεργοποίησης (On-Off Keying - OOK):** Απλά ενεργοποιεί (1) ή απενεργοποιεί (0) τον παλμό του λέιζερ για να αναπαραστήσει τα δυαδικά δεδομένα. Είναι η πιο απλή μέθοδος.

Οι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων μπορούν να φτάσουν τα **terabits ανά δευτερόλεπτο (Tbps)**, πολύ υψηλότερους από τις ραδιοσυχνότητες.

## 3. Πομπός και Δέκτης (Transmitter and Receiver)

Οι συσκευές αυτές είναι εξαιρετικά περίπλοκες και απαιτούν μεγάλη ακρίβεια.

- **Πομπός:** Περιλαμβάνει το ίδιο το λέιζερ και ένα **τηλεσκόπιο πομπού (transmit telescope)** που εστιάζει και κατευθύνει τη δέσμη. Το κρίσιμο στοιχείο είναι το **Σύστημα Κατεύθυνσης, Εστίασης και Παρακολούθησης (Pointing, Acquisition, and Tracking - PAT)**. Αυτό το σύστημα χρησιμοποιεί εξαιρετικά ευαίσθητους αισθητήρες και μικρο-καθρέφτες για να εξασφαλίσει ότι η δέσμη κατευθύνεται με ακρίβεια προς τον στόχο, λαμβάνοντας υπόψη την κίνηση του διαστημικού σκάφους, την περιστροφή της Γης, και την απόσταση.
- **Δέκτης:** Στο διαστημικό σκάφος (ή στον επίγειο σταθμό), ο δέκτης είναι ένα **τηλεσκόπιο δέκτη (receive telescope)** που συλλέγει το φως από τη δέσμη λέιζερ. Το φως στη συνέχεια εστιάζεται σε έναν **οπτικό ανιχνευτή (photodetector)**, όπως ένας **Ανιχνευτής Διοδικής Χιονοστιβάδας (Avalanche Photodiode - APD)** ή ένας **Φωτοπολλαπλασιαστής (Photomultiplier Tube - PMT)**, που μετατρέπει τους φωτεινούς παλμούς σε ηλεκτρικά σήματα.

## 4. Προκλήσεις και Λύσεις

- **Ατμοσφαιρική Παραμόρφωση:** Η ατμόσφαιρα της Γης προκαλεί αναταράξεις που μπορούν να διαστρεβλώσουν τη δέσμη. Αυτό αντιμετωπίζεται με **προσαρμοστική οπτική (adaptive optics)**, η οποία χρησιμοποιεί παραμορφώσιμους καθρέφτες για να διορθώσει σε πραγματικό χρόνο την παραμόρφωση του σήματος.
- **Ακρίβεια Στόχευσης:** Η διατήρηση της επικοινωνίας σε τεράστιες αποστάσεις απαιτεί απίστευτη ακρίβεια. Για παράδειγμα, η στόχευση από τη Γη προς τη Σελήνη είναι σαν να στοχεύεις σε μια δεκάρα από την απόσταση του ενός χιλιομέτρου, ενώ για τον Άρη είναι ακόμα πιο δύσκολο. Τα συστήματα PAT χρησιμοποιούν ένα **λείζερ οδηγό (beacon laser)** για να βοηθήσουν τον δέκτη να εντοπίσει και να κλειδώσει τον πομπό.

- **Διάχυση (Beam Divergence):** Παρά την εξαιρετική εστίαση, η δέσμη λέιζερ διαχέεται ελαφρώς καθώς ταξιδεύει στο διάστημα. Αυτό απαιτεί μεγαλύτερα τηλεσκοπία δέκτη για να συλλέξουν αρκετό φως ώστε να ανακατασκευαστεί το σήμα.

## B. Li-Fi

GITHUB: <https://github.com/nektarios25ma/Li-Fi-explore->

### Li-Fi μια εξέλιξη της τεχνολογίας Wi-Fi

Το **Li-Fi** (επίσης γραμμένο ως **LiFi**) είναι μια τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας που χρησιμοποιεί το φως για τη μετάδοση δεδομένων και τη θέση μεταξύ συσκευών. Ο όρος εισήχθη για πρώτη φορά από τον Harald Haas κατά τη διάρκεια μιας ομιλίας του TEDGlobal το 2011 στο Εδιμβούργο.

Σε τεχνικούς όρους, το Li-Fi είναι ένα σύστημα επικοινωνίας φωτός που είναι ικανό να μεταδίδει δεδομένα σε υψηλές ταχύτητες πάνω από το φάσμα του ορατού φωτός, του υπεριώδους και του υπέρυθρου.

Το Li-Fi έχει το πλεονέκτημα ότι είναι χρήσιμο σε ηλεκτρομαγνητικά ευαίσθητες περιοχές όπως σε καμπίνες αεροσκαφών, νοσοκομεία και πυρηνικούς σταθμούς χωρίς να προκαλεί ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές. Τόσο το Wi-Fi όσο και το Li-Fi μεταδίδουν δεδομένα μέσω του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, αλλά ενώ το Wi-Fi χρησιμοποιεί ραδιοκύματα, το Li-Fi χρησιμοποιεί ορατό, υπεριώδες και υπέρυθρο φως.

Τελευταίο αλλά όχι λιγότερο σημαντικό ότι με το Li-Fi υπάρχει η δυνατότητα ο δέκτης να απορροφάει ενέργεια από τον πομπό χωρίς να χρειάζεται να είναι συνδεδεμένος σε ηλεκτρική παροχή. Έτσι αποτελεί μια εναλλακτική μορφή ασύρματης μετάδοσης, οικολογικής λόγω της μη ανάγκης καλωδίων και λιγότερων ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών.

Η συσκευή μας θα αποτελείται κατά συνέπεια από τον πομπό και τον δέκτη και θα μεταδίδει δεδομένα(data) μέσω laser.

Στην τάξη μια πιο απλό setup: δοκιμή video link:

<https://drive.google.com/file/d/1Eme5cT5fwTL4phVG0mjtipOvKFgxDoO4/view?usp=sharing>

SOFTWARE

ARDUINO IDE

SOFTWARE : ARDUINO IDE

### Υλικά

1)2Xarduno nano : <https://grobotronics.com/acebott-nano.html> 2X €6.80

2) Jumper Cables: <https://grobotronics.com/jumper-wires-15cm-female-to-female-pack-of-10.html> €1,80

3)laser : <https://grobotronics.com/laser-module-650nm-5mw-point-type.html>  
€3.90

4)solar panel: <https://www.cableworks.gr/ilektronika/arduino-and-microcontrollers/modules/solar/5v-0.15w-mini-solar-panel-53x30mm/>  
€2.23

5) lcd 16X2 οθόνη : <https://www.cableworks.gr/ilektronika/arduino-and-microcontrollers/displays/lcd/1602-16x2-character-lcd-display-module-with-iic-i2c-twi-spi-interface-blue/>

€3.72

ΣΥΝΟΛΟ: 25€

[1ο video : LINK](#)

\*Το copyright των φωτογραφιών και των σχημάτων ανήκει στον συγγραφέα.



# **Όχημα αποφυγής εμποδίων με λογισμικό neural network – AI Artificial Intelligence Eyes**

*Νεκτάριος Κουράκης, Φυσικός, Γενικό Λύκειο Νέας Κυδωνίας, Χανίων*  
[nektarios.25ma\[a\]gmail.com](mailto:nektarios.25ma[a]gmail.com)

## **Περίληψη**

Σε ένα τεχνητό νευρωνικό δίκτυο, δημιουργείται ένα μαθηματικό μοντέλο όλων των νευρώνων και των συνδέσεών τους. Στη συνέχεια, μια είσοδος τροφοδοτείται στο δίκτυο και οι νευρώνες συστηματικά προσθέτουν τις εισόδους τους και παράγουν μια έξοδο στο επόμενο επίπεδο νευρώνων έως ότου επιτευχθεί μια έξοδος.

## **Abstract**

In an artificial neural network, a mathematical model of all the neurons and their connections is created. An input is then fed into the network, and the neurons systematically add their inputs and produce an output at the next layer of neurons until an output is achieved.

## **Εισαγωγή**

Artificial Intelligence Eyes σε όχημα αποφυγής εμποδίων από τον Νεκτάριο Κουράκη, μια προσπάθεια να καταλάβω εγώ το neural network – AI (Artificial Intelligence) και κατ' επέκταση οι μαθητές μου.

[VIDEO: Link](#)

## **Περιγραφή προβλήματος**

Η πρόκληση για μένα ως εκπαιδευτή αλλά και για την εκπαίδευση STEM γενικότερα, είναι να εισάγει τους μαθητές στην Τεχνητή Νοημοσύνη. Τεχνολογία η οποία έχει ήδη εδραιωθεί. Οι χειριστές της καλούνται να την διαχειριστούν προς όφελος της ανθρωπότητας.

Το πρόγραμμα-code.ino που χρησιμοποιώ σε αυτό το ρομπότ είναι μια απλοποιημένη μορφή neural network που μπορεί να αποτελέσει την βάση για μελλοντικές εφαρμογές STEM-neural network διαφορετική από την δική μου. Αποτελεί μια απλή δομή neural network που εντούτοις δουλεύει και δείχνει πως....

## **Γενική παρουσίαση του προγράμματος και της δομής του.**

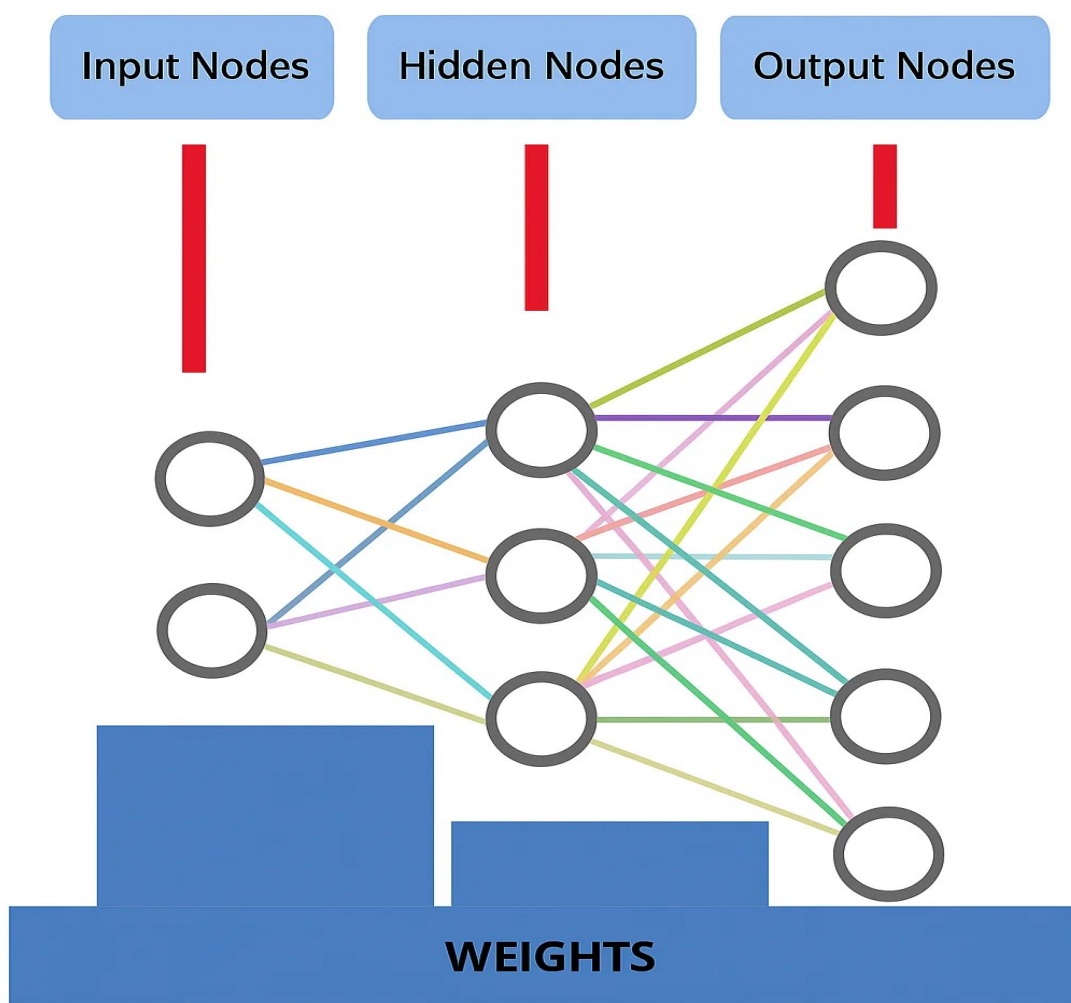
Σε ένα τεχνητό νευρωνικό δίκτυο, δημιουργείται ένα μαθηματικό μοντέλο όλων των νευρώνων και των συνδέσεών τους. Στη συνέχεια, μια είσοδος τροφοδοτείται στο δίκτυο και οι νευρώνες συστηματικά προσθέτουν τις εισόδους τους και παράγουν μια έξοδο στο επόμενο επίπεδο νευρώνων έως ότου επιτευχθεί μια έξοδος.

Μία από τις βασικές αρχές σε ένα τεχνητό νευρωνικό δίκτυο είναι ότι το δίκτυο πρέπει να εκπαιδευτεί. Όταν ρυθμίζεται το δίκτυο, εφαρμόζονται τυχαία βάρη σε κάθε μία από τις

συνδέσεις. Αυτά τα βάρη παρέχουν ένα σημείο εκκίνησης για το δίκτυο, αλλά σχεδόν πάντα θα παρέχουν «σκουπίδια» εξόδους. Ένα σύνολο δειγμάτων δεδομένων εισάγεται στο δίκτυο και τα αποτελέσματα συγκρίνονται με τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Στη συνέχεια, τα βάρη προσαρμόζονται και ο κύκλος εισόδου/εξόδου επαναλαμβάνεται. Αυτός ο κύκλος εκπαίδευσης επαναλαμβάνεται έως ότου τα δεδομένα εξόδου από το δίκτυο ταιριάζουν με τα αναμενόμενα δεδομένα εξόδου σε ένα ορισμένο επίπεδο ακρίβειας. Αυτό συνήθως απαιτεί μερικές δεκάδες χιλιάδες κύκλους εκπαίδευσης ανάλογα με την πολυπλοκότητα των δεδομένων και του δικτύου.

Σε αυτό το παράδειγμα, πρόκειται να χτίσουμε ένα δίκτυο τροφοδοσίας τριών επιπέδων, εκ των οποίων τα τρία είναι: το επίπεδο εισόδου, το κρυφό επίπεδο και το επίπεδο εξόδου, όπως φαίνεται παρακάτω.

## Artificial Neural Network



Περιγραφή προτεινόμενης λύσης—>[VIDEO LINK ΕΞΗΓΗΣΗΣ](#)

Ένα ρομπότ αποφυγής εμποδίων που χρησιμοποιεί δύο υπερηχητικές μονάδες HSR-04 συνδεδεμένες σε ένα ESP32 (μικροελεγκτής) που τρέχει νευρωνικό δίκτυο για να ελέγξει τις κινήσεις του. Το νευρωνικό δίκτυο έχει δύο κόμβους εισόδου από τις υπερηχητικές μονάδες και πέντε κόμβους εξόδου, στρίψτε αριστερά, στρίψτε δεξιά, ελαφριά αριστερά, ελαφριά δεξιά και ευθεία.

Ο στόχος μας είναι να χρειάζονται ένα ή δύο λεπτά για να εκπαιδευτεί το νευρωνικό δίκτυο στο σύνολο δεδομένων κατά την ενεργοποίηση. Παρόμοιο αποτέλεσμα “Όχημα αποφυγής εμποδίων” θα μπορούσε να επιτευχθεί με άλλα συμβατικά προγράμματα που κυκλοφορούν στο διαδίκτυο όμως αυτή η προσέγγιση που θα προσπαθήσουμε να υλοποιήσουμε δίνει μια παρουσίαση του Artificial Intelligence (με λογική τέτοια για υλοποίηση και σε άλλα project). **Το εκπληκτικό εδώ είναι ότι το ρομπότ “αποφασίζει” μόνο του τι θα κάνει προκειμένου να αποφύγει εμπόδια και όχι να ακολουθήσει ένα συγκεκριμένο μοτίβο όπως τα συνηθισμένα ρομπότ.** Θα χρησιμοποιήσουμε το esp32. Γιατί το esp32 με λίγο μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύ θα αποτελέσει την φθηνή εναλλακτική μας (τα κλασικά mcu όπως arduino uno, mega etc αποκλείονται λόγω χώρου-ισχύος του προγράμματος που απαιτείται).

Στον κώδικα έχει προβλεφθεί να μουν mr3-ηχητικά κομμάτια όπου θα δείχνουν σε ποίο στάδιο βρίσκεται ο κώδικας: είσοδος, ενεργοποίηση κρυμμένου επιπέδου και έξοδος. Έτσι ώστε κατά την επίδειξη να φαίνεται σε ποιο στάδιο βρίσκεται ο κώδικας (σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα).

Διεύθυνση αποθετηρίου στο Github: <https://github.com/nektarios25ma/Artificial-Intelligence-Eyes-/tree/sons>

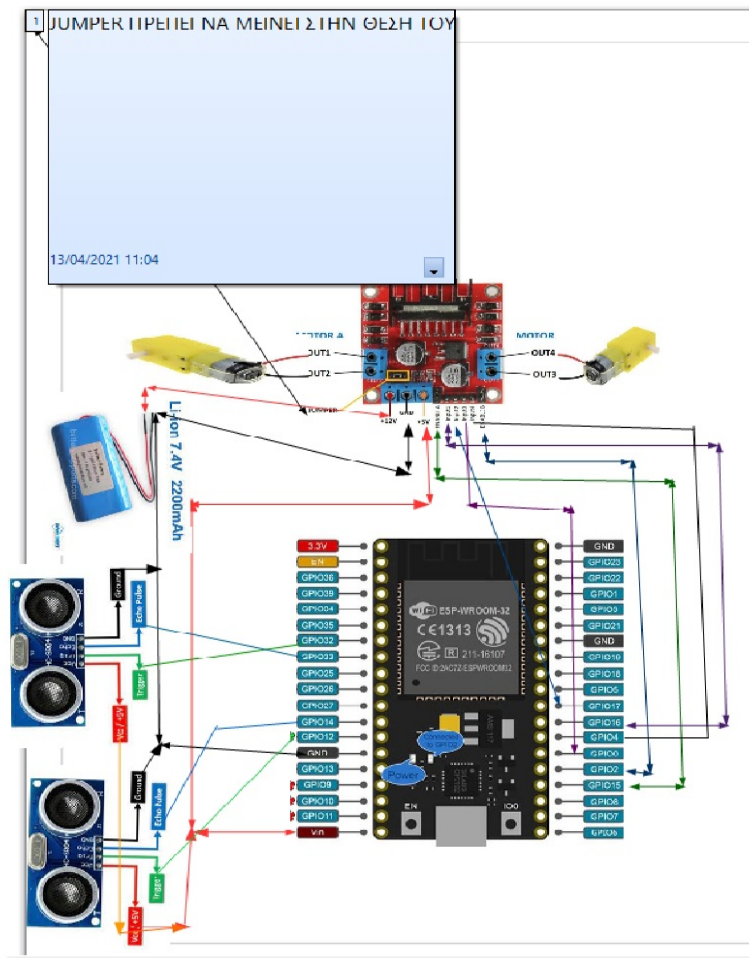
## Κατασκευή

### Υλικά:

A) ρομπότ: <https://grobotronics.com/robot-smart-car-2wd.html> = €12.90  
B) esp32 : <https://grobotronics.com/esp32-development-board-nodemcu-32s.html> =€11.00  
(Γ) breadboard : <https://grobotronics.com/breadboard-400-tie-point-white-half-size.html> =€3.20  
Δ) 2X hsr-04 : <https://grobotronics.com/ultrasonic-sensor-sr04.html> =2X€2.50 ΚΑΙ  
βάση αισθητήρα X2: <https://grobotronics.com/mounting-bracket-for-ultrasonic-sensor.html> =2X€0.60  
Ε) μπαταρία: 2X18650 <https://grobotronics.com/ncr18650b-3350mah-panasonic.html> =2X€9.90  
και μπαταριοθήκη <https://grobotronics.com/2x18650-wire-leads.html> =€1.20  
Ζ) Καλώδια: <https://grobotronics.com/jumper-wires-20cm-male-to-male-pack-of-30.html> = €2.40  
Η) Ρυθμιστής τάσης <https://grobotronics.com/dc-dc-step-down-1.3-35v-3a.html> = €2.90  
Θ) MOTOR DRIVER : <https://grobotronics.com/dual-motor-driver-module-l298n.html> = €4.20  
{Ο ρυθμιστής τάσης που προτείνω δεν είναι απαραίτητο υλικό. Προσδίδει όμως μία ποιότητα στο έργο, όπως και την δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί ξανά και ξανά με τροποποιήσεις}  
**ΣΥΝΟΛΟ: 63,80 €**

---

Κύκλωμα: θα το δείτε με καλύτερη ανάλυση [ΕΔΩ](#)



## Προσθήκη πλακέτας esp32 στο arduino ide

Δείτε τι πρέπει να κάνετε για να εγκαταστήσετε τις πλακέτες ESP32 στο Arduino IDE: Ανοίξτε το Arduino IDE. Βεβαιωθείτε ότι βρίσκεστε στην έκδοση 1.8 ή νεότερη, αν όχι, ενημερώστε το IDE με την πιο πρόσφατη έκδοση.

Κάντε κλικ στο μενού Αρχείο στην επάνω γραμμή μενού.

Κάντε κλικ στο στοιχείο μενού Προτιμήσεις. Αυτό θα ανοίξει ένα παράθυρο διαλόγου Προτιμήσεις.

Αναζητήστε το πλαίσιο κειμένου με την ένδειξη “Επιπλέον URLs διαχειριστή πλακετών”. Εάν υπάρχει ήδη κείμενο σε αυτό το πλαίσιο, προσθέστε κόμμα στο τέλος του και, στη συνέχεια, ακολουθήστε το επόμενο βήμα.

Επικολλήστε τον παρακάτω σύνδεσμο στο πλαίσιο κειμένου-  
[https://raw.githubusercontent.com/espressif/arduino-esp32/gh-pages/package\\_esp32\\_index.json](https://raw.githubusercontent.com/espressif/arduino-esp32/gh-pages/package_esp32_index.json)

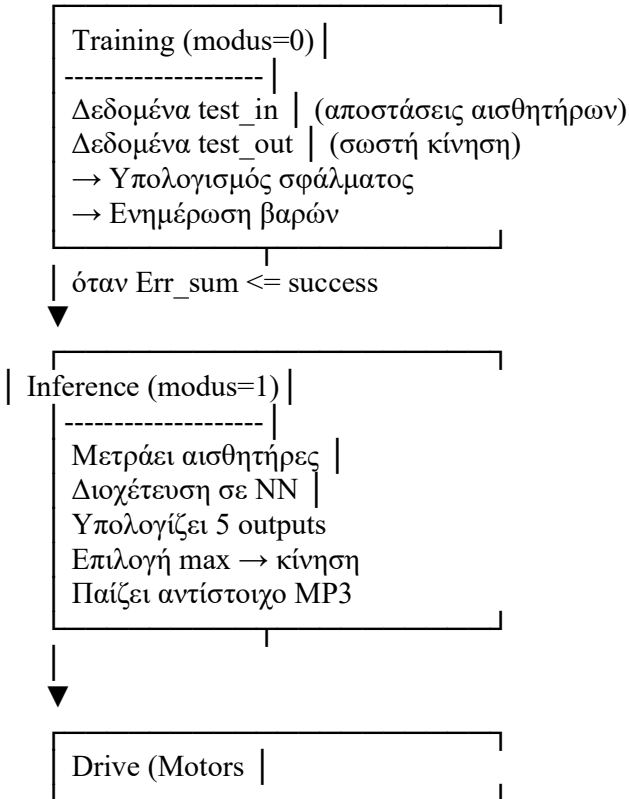
Κάντε κλικ στο κουμπί OK για να αποθηκεύσετε τη ρύθμιση.

Ανοίξτε-πατήστε την επιλογή εργαλεία από την πάνω μπάρα του arduino ide (αφού πρώτα ανοίξετε το πρόγραμμα)



- Άρα είτε αφήσεις το αυτοκίνητο ακίνητο, είτε βάλεις εμπόδια, **δεν παίζει ρόλο στην εκπαίδευση**.
- Το training με έτοιμα παραδείγματα είναι απλώς «προσομοίωση» για να ρυθμίσει τα βάρη του νευρωνικού.

👉 Η «πραγματική» λειτουργία με αισθητήρες ξεκινάει όταν το modus γίνει 1 (inference).

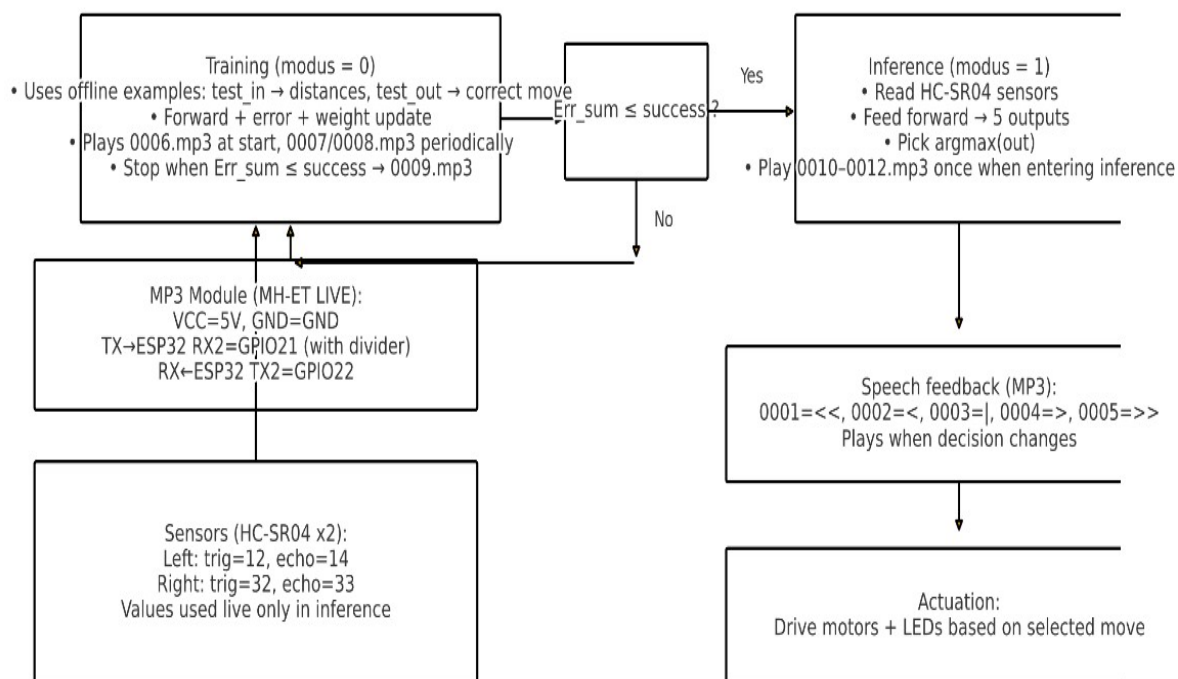


### Σχέση με Machine Learning:

- Το κομμάτι training() είναι το **offline supervised learning** (παραδείγματα + σωστή απάντηση).
- Το modus=1 είναι το **inference**, όπου εφαρμόζεται το μοντέλο στα πραγματικά δεδομένα αισθητήρων.
- Δεν είναι if-else αλλά **νευρωνικό δίκτυο με βάρη** που έχουν μάθει από training.



## Obstacle-Avoiding Car – ML Flow (ESP32)



### Τι είναι Μηχανική Μάθηση (Machine Learning – ML);

Η **μηχανική μάθηση** είναι ένας τρόπος να προγραμματίσουμε έναν υπολογιστή χωρίς να του γράψουμε εμείς όλους τους κανόνες (π.χ. *αν δεις εμπόδιο αριστερά, στρίψε δεξιά*).

Αντί γι' αυτό:

Δίνουμε παραδείγματα εισόδων και σωστών εξόδων.

Το μοντέλο τα μελετάει και προσαρμόζει εσωτερικά «βάρη» ώστε να μειώνει το λάθος.

Μετά, όταν του δώσουμε καινούρια είσοδο, αποφασίζει μόνο του.

#### ◆ Η απλή εκδοχή που έχουμε εδώ

Στο αυτοκινητάκι:

Οι εισόδοι είναι οι μετρήσεις από δύο υπερηχητικούς αισθητήρες (αριστερά–δεξιά).

Οι εξόδοι είναι πέντε πιθανές κινήσεις: << (δυνατά αριστερά), < (λίγο αριστερά), | (ευθεία), > (λίγο δεξιά), >> (δυνατά δεξιά).

Η εκπαίδευση (modus=0) χρησιμοποιεί έναν μικρό πίνακα (test\_in, test\_out) με έτοιμα «παραδείγματα σωστής οδήγησης» που έχουμε δώσει εμείς.

- Το **δίκτυο νευρώνων** (πολύ μικρό, με 2 εισόδους, 1 κρυφό επίπεδο, 5 εξόδους) προσπαθεί να μάθει να δίνει σωστή κίνηση για κάθε περίπτωση.

## Βήματα:

### Training:

Βάζουμε στο δίκτυο τις τιμές αισθητήρων (test\_in).

Συγκρίνουμε με τη σωστή απάντηση (test\_out).

Υπολογίζουμε σφάλμα.

Διορθώνουμε τα βάρη (κανόνας backpropagation).

Αυτό επαναλαμβάνεται μέχρι το λάθος να γίνει μικρό.

Τότε παίζει το μήνυμα «Η εκπαίδευση ολοκληρώθηκε».

**Inference** (modus=1):

Πραγματικές μετρήσεις από αισθητήρες μπαίνουν στο δίκτυο.

Το δίκτυο βγάζει 5 αριθμούς (ένα για κάθε πιθανή κίνηση).

Διαλέγουμε το μεγαλύτερο  $\Rightarrow$  η απόφαση του μοντέλου.

Παίζει το αντίστοιχο MP3 (π.χ. «Στρίβω δεξιά»).

Οι κινητήρες κινούνται αναλόγως.

◆ Τι ΔΕΝ είναι: Δεν είναι «έξυπνο» με την έννοια ότι μαθαίνει συνεχώς όσο οδηγεί.

Μαθαίνει **offline** (πριν ξεκινήσει η οδήγηση).

Δεν αλλάζει στρατηγική μόνο του – μαθαίνει ακριβώς ό,τι παραδείγματα του δώσαμε.

◆ Διδακτικό παράδειγμα

Στους μαθητές:

👉 «Αν γράφαμε πρόγραμμα με if-else, θα είχαμε δεκάδες κανόνες:  
αν αισθητήρας αριστερά  $< 20\text{ cm}$  και δεξιά  $> 40\text{ cm} \rightarrow$  στρίψε δεξιά...»

Αλλά:

👉 «Με το δίκτυο νευρώνων, δεν χρειάζεται να γράψουμε εμείς όλους τους κανόνες. Του δίνουμε παραδείγματα και το ίδιο «ανακαλύπτει» ένα γενικό μοντέλο. Αυτό είναι η βασική ιδέα της μηχανικής μάθησης».

◆ Σύνδεση με το ρομποτάκι

Το ρομποτάκι γίνεται **μικρό εργαστήριο ML**: αισθητήρες  $\rightarrow$  μαθηματικό μοντέλο  $\rightarrow$  απόφαση  $\rightarrow$  κίνηση.

Οι μαθητές ακούνε και με το MP3 module «*τόρα κάνω εκπαίδευση*», «*τόρα παίρνω απόφαση*», «*στρίβω δεξιά*», ώστε να συνδέσουν θεωρία-πράξη.

Έτσι καταλαβαίνουν ότι η **Μηχανική Μάθηση = διδασκαλία με παραδείγματα**, όχι με έτοιμους κανόνες.

Ονοματοδοσία αρχείων mp3 & αντιστοίχιση στον κώδικα

Στον κώδικα (mp3.cpp) ισχύει αυτό:

**0001–0005**: απόφαση κίνησης ( $<<$ ,  $<$ ,  $|$ ,  $>$ ,  $>>$ )

**0006**: έναρξη εκπαίδευσης (training intro)

**0007**: «δίνω παραδείγματα» (τρέχει περιοδικά μέσα στο training)

- **0008**: «υπολογίζω σφάλμα / ενημερώνω βάρη» (τρέχει περιοδικά μέσα στο training)
- **0009**: «εκπαίδευση ολοκληρώθηκε»
- **0010–0012**: εισαγωγή στο inference (παίζει μία φορά όταν μπαίνεις σε modus=1)

Κείμενα για ηχογράφηση

**Αποφάσεις κίνησης**

- **0001.mp3** → «Στρίβω έντονα αριστερά.»
- **0002.mp3** → «Στρίβω λίγο αριστερά.»
- **0003.mp3** → «Προχωρώ ευθεία.»
- **0004.mp3** → «Στρίβω λίγο δεξιά.»
- **0005.mp3** → «Στρίβω έντονα δεξιά.»

#### **Training (εκπαίδευση) — σύντομα μηνύματα**

- 0006.mp3** → «Ξεκινώ εκπαίδευση.»
- 0007.mp3** → «Τροφοδοτώ παραδείγματα: μετρήσεις αισθητήρων και τη σωστή κίνηση.»
- 0008.mp3** → «Υπολογίζω το σφάλμα και διορθώνω τα βάρη — έτσι μαθαίνω.»
- 0009.mp3** → «Η εκπαίδευση ολοκληρώθηκε.»

#### **Inference — σύντομα μηνύματα**

- 0010.mp3** → «Τώρα κάνω inference — κανονική οδήγηση.»
- 0011.mp3** → «Οι αισθητήρες δίνουν μετρήσεις, το δίκτυο βγάζει πέντε τιμές.»
- 0012.mp3** → «Επιλέγω τη μεγαλύτερη — αυτή είναι η απόφαση του μοντέλου.»

\*Το copyright των φωτογραφιών και των σχημάτων ανήκει στον συγγραφέα.

# Αναγνώριση φωνής AI

*Νεκτάριος Κουράκης, Φυσικός, Γενικό Λύκειο Νέας Κυδωνίας, Χανίων*  
[nektarios.25ma\[a\]gmail.com](mailto:nektarios.25ma[a]gmail.com)

## Περίληψη

Αναγνώριση φωνής AI - 2 έργα με ίδια αρχή λειτουργίας (την αναγνώριση φωνής AI μέσω της εφαρμογής android app):

1)βοηθός ατόμων με δυσκολία στην κίνηση (χαμηλού κόστους) Artificial Intelligence assistance - voice command.

2)Robot - Artificial Intelligence voice recognition

## Abstract

AI voice recognition - 2 projects with the same operating principle (AI voice recognition via android app):

1)assistant for people with mobility difficulties (low cost) Artificial Intelligence assistance - voice command.

2)Robot - Artificial Intelligence voice recognition

## Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

### Μελέτη υπάρχουσας κατάστασης και ορισμός προβλήματος – ανάγκης

Μεγάλη ευκολία παρέχει η αναγνώριση φωνής σε άτομα με δυσκολία στην κίνηση-αναπηρίες όπως και σε κάποιον που θέλει τα χέρια ελεύθερα δίνοντας εντολές στο ρομπότ -βοηθό, που τις πραγματοποιεί. Έτσι η ανάγκη που προκύπτει είναι μια ρομποτική κατασκευή που υπακούει και εκτελεί τις εντολές μας όπως και απαντάει στα ερωτήματά μας .

Το 1ο project ήταν μια κατασκευή η οποία με φωνητικές εντολές ενεργοποιούσε τα φώτα, ανεμιστήρα κτλ. [Είναι το τελευταίο κομμάτι του video](#) και αποτελεί εκτός από AI, κατασκευή χαμηλού κόστους.

Το 2ο και κύριο έργο ένα πιο ελκυστικό και διασκεδαστικό project, ένα [ρομπότ-αυτοκινητάκι που εκτελεί εντολές και συνομιλεί με τον χρήστη](#).

Έτσι ως προέκταση του 1ου project προέκυψε το κύριο project δηλ. ρομπότ- αυτοκινητάκι με αναγνώριση φωνής και τεχνολογία AI το οποίο μπορεί να ανοίξει διάλογο μαζί μας και υπακούει φωνητικές εντολές.

### AI τεχνολογία

Στην κατασκευή μας η τεχνολογία AI βρίσκεται στην εφαρμογή mit app inventor που έφτιαξα για το smartphone, η οποία εκμεταλλεύεται την AI τεχνολογία της Google για την αναγνώριση φωνής.

Διεύθυνση αποθετηρίου στο Github:<https://github.com/nektarios25ma/Artificial-Intelligence-assistance--voice-command/tree/SONS>

Στο SONS branche είναι όλα που χρειάζονται  
Επιπρόσθετα όμως στα άλλα branche έχω υλικό για αυτούς τους εκπαιδευτικούς που  
θέλουν να διδάξουν τα επιμέρους στοιχεία του project για την καλύτερη κατανόηση .  
<https://github.com/nektarios25ma/Artificial-Intelligence-assistance-voice-command>

---

### ΒΙΝΤΕΟ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ:

Το βίντεο δείχνει ένα κλάσμα των δυνατοτήτων του ρομπότ (λόγω της έκτασης που  
θα καταλάμβανε)..

### **Υλικά**

Χ BREADBOARD: <https://www.hellasdigital.gr/electronics/prototyping/pcb-breadboard/mini-universal-solderless-breadboard-400-tie-points/>  
Χ€4,30

·Arduino uno: <https://www.hellasdigital.gr/go-create/arduino/uno-r3-atmega328p-ch340g-mini-sb-board-for-compatible-arduino-diy/>  
5,78

imper Wires: <https://www.hellasdigital.gr/electronics/prototyping/cables-pins/40p-10cm-upont-wire-male-to-male/>  
2,99

Μπαταριοθήκη: <https://www.hellasdigital.gr/electronics/components/2-cells-18650-li-ion-lithium-battery-holder-w-5.52.1mm-dc-power-plug-connector/>  
€1,24

Μπαταρίες 18650: <https://www.hellasdigital.gr/electronics/batteries/li-ion/panasonic-cr18650b-battery-18650-3400mah/>  
Χ€6,99

ΑΣΙ POMΠΟΤ: <https://grobotronics.com/robot-smart-car-2wd.html>  
12.90

MOTOR DRIVER: <https://grobotronics.com/dual-motor-driver-module-l298n.html> €4.20

IP3 Player: <https://grobotronics.com/dfplayer-a-mini-mp3-player.html> €9.90

· Κάρτα μνήμης microSD:

<https://grobotronics.com/microsdhc-16gb-class-10-sandisk-ultra-sdsquar-sdsquar-016g-a6ma.html> =€6.90

· Αισθητήρας Υπερήχων:

<https://grobotronics.com/ultrasonic-sensor-sr04.html> = €2.50

Βάση Στήριξης για Αισθητήρα Υπερήχων:

<https://grobotronics.com/mounting-bracket-for-ultrasonic-sensor.html> =€0.60

servo:

<https://grobotronics.com/servo-micro-2.2kg.cm-plastic-gears-waveshare-sg90.html> =€3.60

ερβο βραχίονα στήριξης για servo SG90:

<https://grobotronics.com/servo-mounting-bracket-sg90.html> = €0.80

Μικρό ηχείο:

<https://www.hellasdigital.gr/electronics/components/8-0.5w-small-trumpet-36mm-diameter-udspeaker/> €1,20

pacar Ποικιλία :

<https://www.hellasdigital.gr/electronics/prototyping/brass-buttons/120pcs-m3-male-female-rass-standoff-spacer-assortment-for-pcb/> = €9,98

Bluetooth Module for Arduino:

<https://grobotronics.com/bluetooth-module-for-arduino-hc05.html> €6.80

Σύνολο: 90,70€

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ: ARDUINO IDE

AI MIT APP INVENTOR

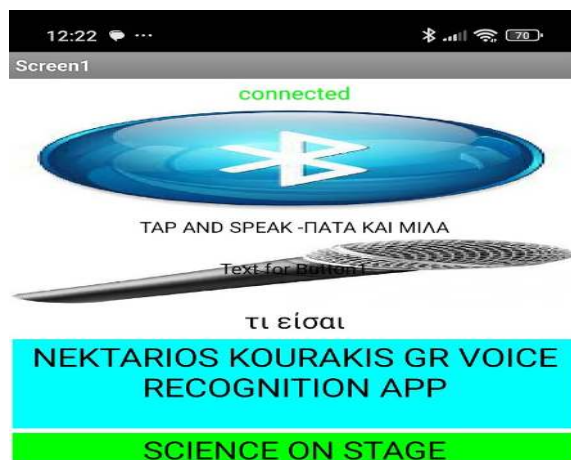
---

## Κατασκευή

Στηρίζεται σε δύο κύρια στοιχεία η κατασκευή μας :

α) arduino uno -με σύνδεση σε κύκλωμα- που ελέγχει τη ρομποτική κατασκευή. Υπακούει στις εντολές που λαμβάνει μέσω bluetooth από το κινητό μας μέσω της εφαρμογής AI που φτιάξαμε και απαντάει στις ερωτήσεις μας.

β) smartphone app- εφαρμογή αναγνώρισης φωνής που φτιάξαμε με τεχνολογία τεχνητής νοημοσύνης. Η εφαρμογή mit app inventor του κινητού κοινοποιείται με σύνδεσμο κοινής χρήσης παρακάτω.



**Εικόνα 1:** [Η εφαρμογή του κινητού \(ανοίγω τον σύνδεσμο από το κινητό μου\)-link](#)



**1ο βήμα κατασκευής:** Αφού πρώτα έχω εγκαταστήσει από το google play την εφαρμογή MIT AI2 Companion (για να μπορώ και μελλοντικά να κατασκευάσω όμοιου τύπου εφαρμογές), εγκαθιστώ την παραπάνω εφαρμογή. Εάν σας βγάλει ειδοποίηση ασφαλείας ότι είναι ιός, δεν είναι. Είναι απλά ελεύθερο και δωρεάν.

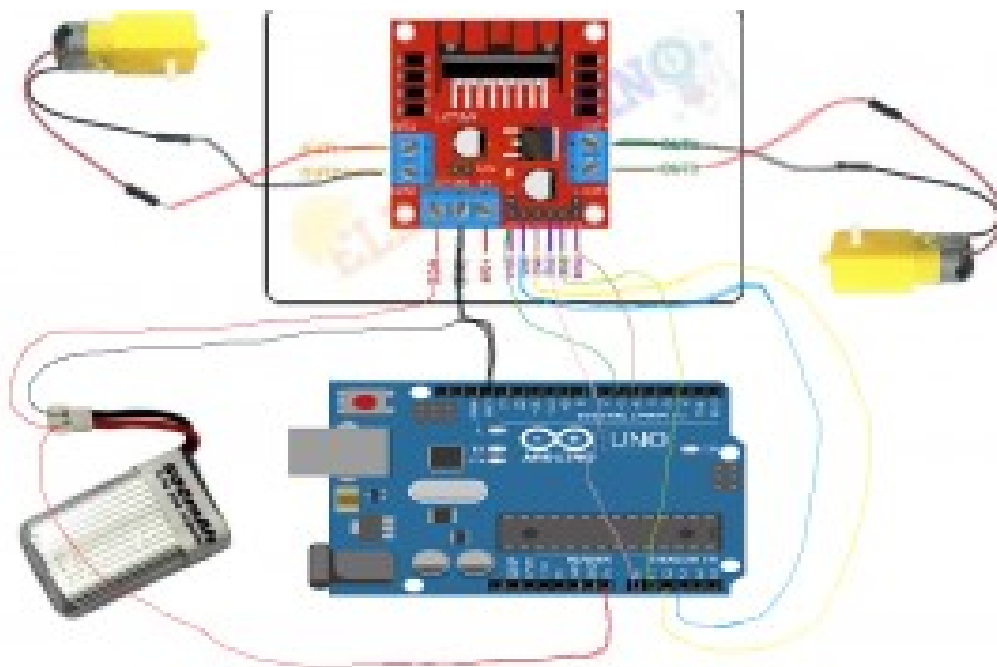
**2ο βήμα κατασκευής:** για το κύριο project συναρμολογώ το kit -ρομπότ σύμφωνα με τον σύνδεσμο [εδώ](#).

**3ο βήμα κατασκευής:** πάνω στο σασί του **ρομπότ** συνδέω τα στοιχεία του κυκλώματος σταδιακά όπως παρακάτω (υπόψη ότι όλα τα της κατασκευής βρίσκονται στο [GITHUB](#) με καλύτερη ανάλυση και ευκολία)

**A) Για το ρομπότ που υπακούει –αναγνωρίζει εντολές και κάνει διάλογο αποφάσισα να δώσω τα κυκλώματα διαδοχικά και όχι σε ένα όλα λόγω περιπλοκότητας (έτσι άλλωστε το φτιάξανε και τα παιδιά ):**

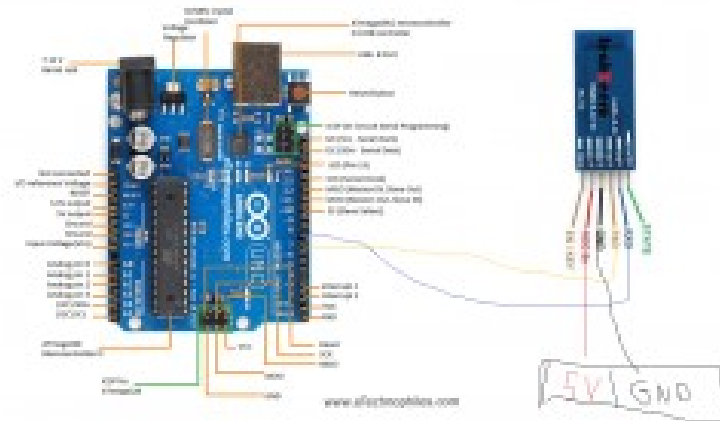
Κάποια κυκλώματα σχεδιάστηκαν από μαθητές και εφόσον είναι αναγνώσιμα και κατατοπιστικά τα άφησα ως έχει (δεν τα ωραιοποίησα στο tinkercad ή στο fritzing).

A)κυρίως κύκλωμα:



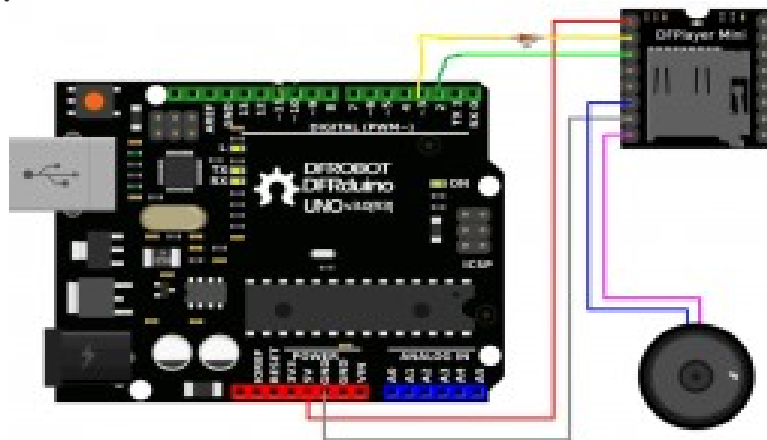
**Εικόνα 2 : κύκλωμα**

B) Bluetooth: TX →8 , RX→7 ,VCC→5V του Motor Driver, GND κοινό όλων με Arduino



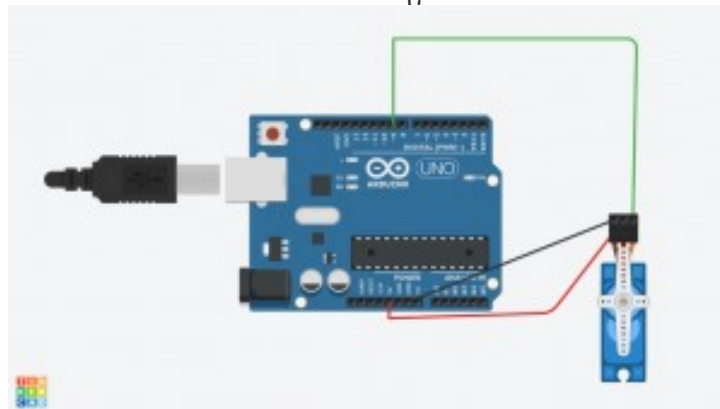
**Εικόνα 3: bluetooth**

Γ)MP3 –Ηχείο



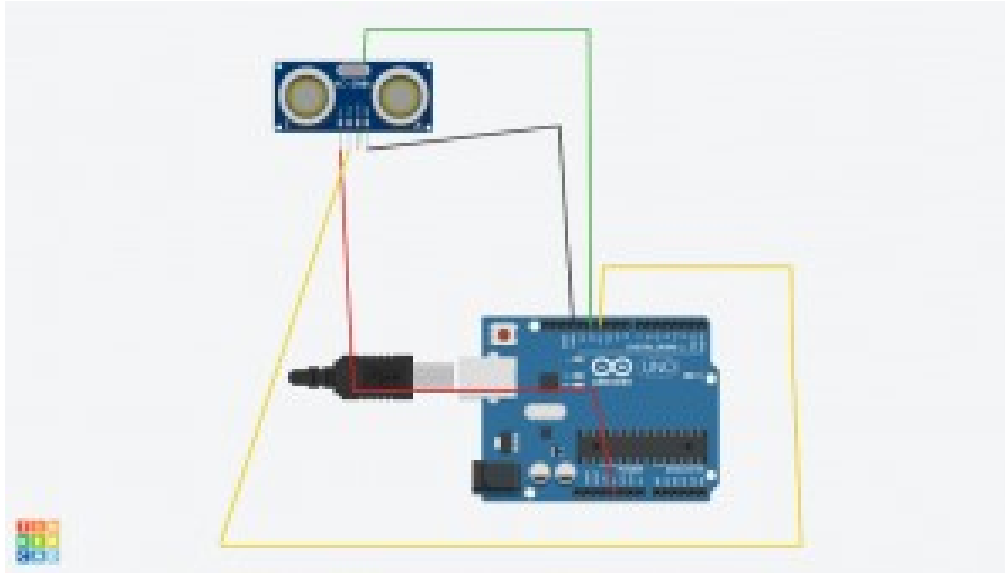
**Εικόνα 4: κύκλωμα MP3 player – arduino uno**

Δ) Σέρβο: τα 5VOLT κόκκινο καλώδιο πήγε τελικά στα 5V του Motor Driver



**Εικόνα 5: servo -uno**

## E)ULTRASONIC



*Εικόνα 6: ultrasonoc sensor- uno*

GND κοινό όλων με Arduino

### 4ο βήμα κατασκευής:

Ανεβάζω τον κώδικα -είναι και στο [github-link](#) από όπου προτείνω να κατεβάσετε- στο arduino uno. Όμως εδώ ο κώδικας έχει περισσότερα σχόλια για την καλύτερη κατανόησή του.

**Ενεργοποίηση:** 1) εφόσον ανοίγω την τροφοδοσία του ρομπότ →μας συστήνεται το ρομπότ(φωνητικά) και ενεργοποιείται ταυτόχρονα το bluetooth hc05 που αναβοσβήνει.

2) Έχοντας το κινητό διασυνδεδεμένο με το internet είτε με δεδομένα είτε με wifi και ανοικτό το bluetooth του ανοίγω τις ρυθμίσεις και στο bluetooth δίκτυο βρίσκω το hc05 και πατάω ζεύξη-σύνδεση με κωδικό (βάζω 1234). Αυτό χρειάζεται μόνο την 1η φορά.

3) Απο την εφαρμογή πατάω το σύμβολο του bluetooth και επιλέγω το hc05-connect. Αναβοσβήνει πιο αργά το hc05. Έπειτα αφού πατήσω την φωτογραφία του μικρόφωνου ,λέω την κατάλληλη φράση -βλέπε video -και ανταποκρίνεται το ρομπότ λέγοντας ή κάνοντας. Στο [github-link](#) έχω όλες τις φράσεις που υπάρχουν στο πρόγραμμα.ino τις οποίες μπορείτε να αλλάξετε για την διασκέδαση των παιδιών και των μεγάλων.

link για το tutorial →πως προετοιμάζω το mp3 player

KYKΛΩΜΑ, [link: https://github.com/nektarios25ma/Artificial-Intelligence-assistance-voice-command/blob/main/%CE%9A%CE%A5%CE%9A%CE%9B%CE%A9%CE%9C%CE%911%CE%BF%CF%85%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%9F%CE%A5\\_circuit\\_1project/voice\\_apro1%20\(1\).png](https://github.com/nektarios25ma/Artificial-Intelligence-assistance-voice-command/blob/main/%CE%9A%CE%A5%CE%9A%CE%9B%CE%A9%CE%9C%CE%911%CE%BF%CF%85%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%9F%CE%A5_circuit_1project/voice_apro1%20(1).png)

## Βιβλιογραφία

1) LINK :<https://www.arduino.cc/en/Tutorial/HomePage>

2) LINK :<http://mitappsinventor.blogspot.com/p/blog-page.html>

\*Το copyright των φωτογραφιών και των σχημάτων ανήκει στον συγγραφέα.

## Ένα 3d μοντέλο για το φαινόμενο της παλίρροιας

Παναγιώτης Λάζος, Φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Ηλιούπολης  
[taklazos\[a\]gmail.com](mailto:taklazos[a]gmail.com)

### Περίληψη

Η εργασία παρουσιάζει τον σχεδιασμό και την εκπαιδευτική αξιοποίηση ενός τρισδιάστατα (3D) εκτυπωμένου μοντέλου, με σκοπό την καλύτερη κατανόηση του φαινομένου της παλίρροιας στην σχολική τάξη. Το φαινόμενο αυτό, που εκδηλώνεται ως περιοδική άνοδος (πλημμυρίδα) και κάθοδος (άμπωτη) της στάθμης της θάλασσας, προκαλείται από την ανομοιογένεια του βαρυτικού πεδίου που ασκούν στη Γη η Σελήνη και ο Ήλιος. Λόγω της διαφοράς στην ένταση της βαρυτικής έλξης από σημείο σε σημείο, δημιουργούνται δύο εξογκώματα του νερού σε αντιδιαμετρικές πλευρές της Γης, με αποτέλεσμα κάθε περιοχή να βιώνει δύο πλημμυρίδες και δύο άμπωτες περίπου κάθε 24 ώρες και 50 λεπτά. Όταν μάλιστα η Σελήνη και ο Ήλιος ευθυγραμμίζονται, οι δυνάμεις τους συνδυάζονται προκαλώντας ισχυρότερες παλίρροιας (συζυγίες).

Για να γίνει οπτικά αντιληπτό αυτό το συχνά αντιδιαισθητικό φαινόμενο – ιδιαίτερα το δεύτερο εξογκωμα που βρίσκεται μακριά από τη Σελήνη – σχεδιάστηκε και εκτυπώθηκε με 3d εκτυπωτή ένα μοντέλο του συστήματος Γης-Σελήνη, στο οποίο επιλέχθηκε η πρώτη να περιστρέφεται (χειροκίνητα ή μέσω φυγοκεντρικής μηχανής) και η Σελήνη να παραμένει σταθερή. Στον ισημερινό της Γης έχει προσαρμοστεί ένας οβάλ δακτύλιος που προσομοιώνει τη θάλασσα και μπορεί να περιστρέφεται, ενώ τοποθετήθηκαν ισχυροί μαγνήτες νεοδυμίου τόσο στη Σελήνη όσο και στον δακτύλιο. Λόγω της μαγνητικής έλξης, καθώς η Γη περιστρέφεται, ο δακτύλιος περιστρέφεται, διατηρώντας σταθερή τη θέση των δύο εξογκωμάτων του, το ένα στραμμένο προς τη Σελήνη και το άλλο στην αντίθετη πλευρά.

### Abstract

This paper presents the design and educational utilization of a 3D-printed model, aimed at improving the understanding of the tidal phenomenon in the school classroom. This phenomenon, manifested as a periodic rise (high tide) and fall (low tide) of the sea level, is caused by the non-uniformity of the gravitational field exerted on Earth by the Moon and the Sun. Due to the difference in the intensity of the gravitational pull from one point to another, two water bulges are formed on diametrically opposite sides of the Earth, resulting in each region experiencing two high tides and two low tides approximately every 24 hours and 50 minutes. Furthermore, when the Moon and the Sun align, their forces combine, causing stronger tides (spring tides).

In order to visually grasp this often counterintuitive phenomenon – especially the second bulge located far from the Moon – a model of the Earth-Moon system was designed and 3D-printed. In this model, it was chosen for the former to rotate (manually or via a centrifugal machine) while the Moon remains stationary. An oval ring that simulates the sea and is free to rotate has been fitted onto the Earth's equator, while powerful neodymium magnets were placed in both the Moon and the ring. Due to the magnetic attraction, as the Earth rotates, the

ring turns as well, maintaining a fixed position for its two bulges: one facing the Moon and the other on the opposite side.

### Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

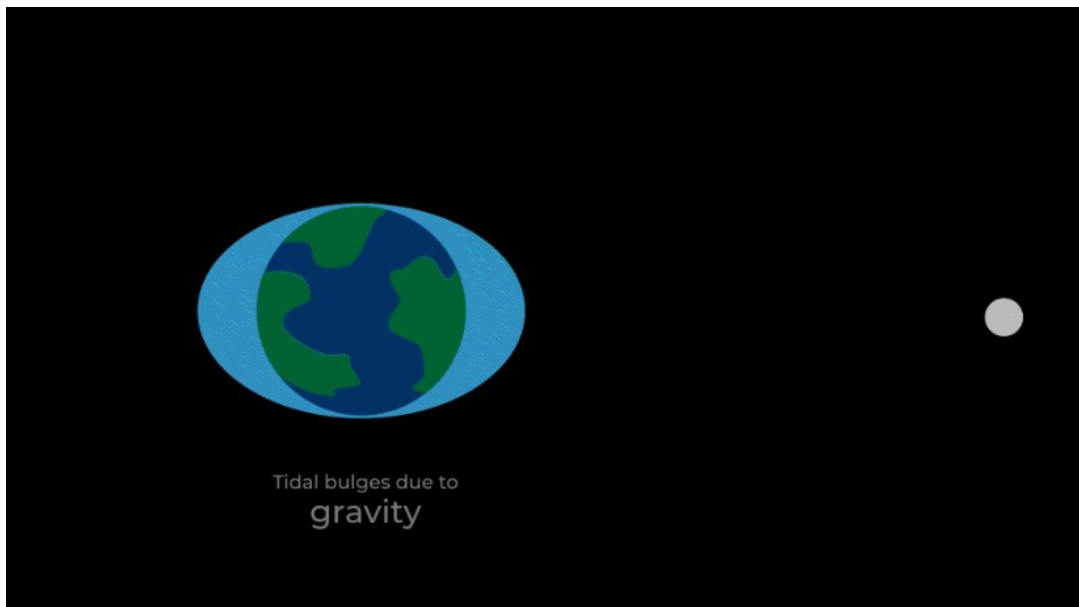
Η παλίρροια είναι το περιοδικό φαινόμενο ανόδου και καθόδου της στάθμης της θάλασσας που παρατηρείται σε όλες τις θαλάσσιες περιοχές της Γης. Όπως εξήγησε πρώτος ο Νεύτωνας (Newton, 1687; Newton & Halley, 1697) το φαινόμενο αυτό προκαλείται από τις βαρυτικές δυνάμεις που ασκούν κυρίως η Σελήνη αλλά και ο Ήλιος πάνω στη Γη και συγκεκριμένα από το γεγονός πως τα βαρυτικά πεδία της Σελήνης και του Ήλιου δεν είναι ομογενή. Αυτό σημαίνει πως διαφορετικές περιοχές της Γης δέχονται διαφορετικής έντασης βαρυτική δύναμη από τη Σελήνη (και τον Ήλιο). Καθώς η Γη περιστρέφεται, οι ωκεανοί ανταποκρίνονται σε αυτές τις βαρυτικές έλξεις, με αποτέλεσμα η στάθμη του νερού να ανεβαίνει (πλημμυρίδα) ή να κατεβαίνει (άμπωτη) περίπου δύο φορές την ημέρα.

Η Σελήνη παίζει τον σημαντικότερο ρόλο στο φαινόμενο της παλίρροιας. Η ανομοιογένεια του βαρυτικού πεδίου της έχει ως αποτέλεσμα να εμφανίζονται δύο εξογκώματα των νερών της θάλασσας (πλημμυρίδα) σε αντιδιαμετρικές περιοχές της Γης (εικόνες 1 και 2). Το δεύτερο εξογκωμα, εκείνο που βρίσκεται μακριά από τη Σελήνη είναι αντιδιασθητικό και δημιουργεί πολλές δυσκολίες στην κατανόηση. Για μία εξαιρετική παρουσίαση του φαινομένου βλ Griffin (2008), τα δύο διαδικτυακά κείμενα του Simanek και την προσομοίωση Interactive Simulation of Tides.

Κάθε θαλάσσια περιοχή της Γης έχει δύο πλημμυρίδες και δύο άμπωτες περίπου κάθε 24 ώρες και 50 λεπτά. Τα 50 επιπλέον λεπτά από τις 24 ώρες οφείλονται στην περιφορά της Σελήνης γύρω από τη Γη, η οποία έχει περίοδο 27 ημέρες. Συνεπώς, το εξογκωμα της παλίρροιας βρίσκεται στον ίδιο τόπο μετά από 12 ώρες συν 12/27 της ώρας, δηλαδή μετά από περίπου 12 ώρες και 25 λεπτά. Ουσιαστικά, το φαινόμενο της παλίρροιας δημιουργεί το κύμα με το μεγαλύτερο μήκος κύματος στις θάλασσες του πλανήτη μας. Το μήκος αυτό είναι λίγο μεγαλύτερο από το μισό της περιφέρειας της Γης.



*Εικόνα 1: Σχέδιο για την εξήγηση του φαινομένου της παλίρροιας από το άρθρο των Newton και Halley*



**Εικόνα 2: Σύγχρονο σχέδιο για την εξήγηση του φαινομένου της παλίρροιας (εισαγωγή εικόνας από: <https://science.nasa.gov/moon/tides>)**

Η επίδρασή του Ήλιου στο φαινόμενο της παλίρροιας είναι μικρότερη καθώς, αν και έχει σημαντικά μεγαλύτερη μάζα από τη Σελήνη, βρίσκεται πολύ πιο μακριά από τη Γη. Παρόλα αυτά, ο Ήλιος συμβάλλει και αυτός στο φαινόμενο. Όταν η Σελήνη και ο Ήλιος βρίσκονται στην ίδια ευθεία (δηλαδή κατά τη διάρκεια της πανσελήνου και της νέας Σελήνης), οι βαρυτικές τους δυνάμεις συνδυάζονται και ενισχύουν τις παλίρροιας – δημιουργώντας τις λεγόμενες συζυγίες, που προκαλούν ισχυρές παλίρροιας. Αντίθετα, όταν τα δύο ουράνια σώματα σχηματίζουν ορθή γωνία ως προς τη Γη (δηλαδή κατά το πρώτο ή το τελευταίο τέταρτο της Σελήνης), οι δύο βαρυτικές δυνάμεις έχουν μικρότερη συνισταμένη δύναμη και προκαλούν ασθενείς παλίρροιας. Η αναλογία των ανυψώσεων του νερού ανάμεσα στη μέγιστη και την ελάχιστη πλημμυρίδα είναι 2,7/1 (Griffin, 2008).

Παλιρροϊκές δυνάμεις δέχεται, βέβαια, και ο στερεός φλοιός της Γης, το οποίο όμως βρίσκεται έξω από τους σκοπούς της παρούσας εργασίας. Σημειώνουμε πως η επίδραση των πλανητών του ηλιακού συστήματος στο φαινόμενο της παλίρροιας είναι αμελητέο (Cregg, 2017).

Το φαινόμενο της παλίρροιας έχει σημαντικές συνέπειες τόσο για το φυσικό περιβάλλον όσο και για τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Επηρεάζει τα παράκτια οικοσυστήματα, τη θαλάσσια πανίδα και χλωρίδα, αλλά και την αλιεία, τη ναυσιπλοΐα και την κατασκευή λιμανιών. Επίσης, αποτελεί πηγή ενέργειας, καθώς σε ορισμένες περιοχές αξιοποιείται για την παραγωγή παλιρροιακής ενέργειας. Η κατανόηση των παλιρροιών είναι ζωτικής σημασίας για την πρόβλεψη πλημμυρών, τη μελέτη της κλιματικής αλλαγής και τη διαχείριση των παράκτιων ζωνών.

## Περιγραφή εργασίας

Θεωρήσαμε προτιμότερο στο μοντέλο που σχεδιάσαμε να περιστρέφεται η Γη και η Σελήνη να παραμένει ακίνητη, παρά να παραμένει ακίνητη η Γη και να περιφέρεται γύρω της η



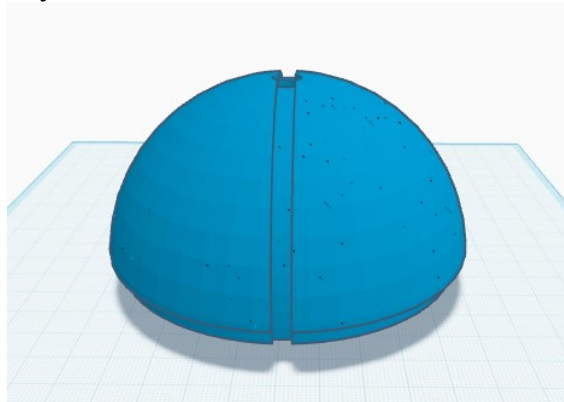
Σελήνη και αυτό διότι η Γη περιστρέφεται γύρω από άξονά της σε 24 ώρες ενώ η Σελήνη περιφέρεται γύρω από τη Γη σε 27 ημέρες. Το μοντέλο έχει σχεδιαστεί, λοιπόν, έτσι ώστε η Γη να μπορεί να περιστρέφεται μέσω μίας φυγοκεντρικής μηχανής ενώ η Σελήνη θα είναι σταθερή σε μικρή απόσταση από τη Γη. Εναλλακτικά, είναι εφικτό η Γη να περιστρέφεται από κάποιον με το ένα χέρι και η Σελήνη να παραμένει ακίνητη κοντά της με το άλλο χέρι.

Τα δύο σώματα έχουν σχεδιαστεί σε δύο ημισφαιρικά τμήματα, τα οποία διαθέτουν υποδοχές για να ενώνονται με άξονα (εικόνες 3-8). Η επιλογή των δύο ημισφαιρίων αντί για ενιαία σφαίρα έγινε για δύο λόγους. Αφενός, έτσι είναι εφικτή η ενσωμάτωση του δακτυλίου στη Γη και του μαγνήτη στη Σελήνη, αφετέρου υπάρχει οικονομία χρόνου και υλικού.

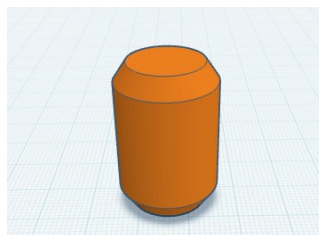
Τα ημισφαίρια της Γης διαθέτουν αυλάκωση στο επίπεδο του ισημερινού πάνω στην οποία θηλυκώνει και μπορεί να περιστρέφεται ένας οβάλ δακτύλιος, ο οποίος προσομοιώνει το σχήμα που λαμβάνει η θάλασσα στον ισημερινό. Η Γη διαθέτει, επίσης, μία μεσημβρινή αυλάκωση ώστε να γίνεται εμφανές πώς μεταβάλλεται το ύψος της στάθμης της θάλασσας σε έναν συγκεκριμένο τόπο.

Ο άξονας στο ένα ημισφαίριο της Γης διαθέτει υποδοχή για να τοποθετείται βίδα και να συνδέεται η Γη σε φυγοκεντρική μηχανή. Αντίστοιχα, το ένα ημισφαίριο της Σελήνης διαθέτει άξονα για να στερεώνεται σε λαβίδα. Η επιλογή χρήσης βίδας αντί για πλαστικό άξονα για τη Γη έγινε για να εξασφαλιστεί μεγαλύτερη αντοχή, καθώς θα δέχεται αυξημένες καταπονήσεις όπως η Γη θα περιστρέφεται.

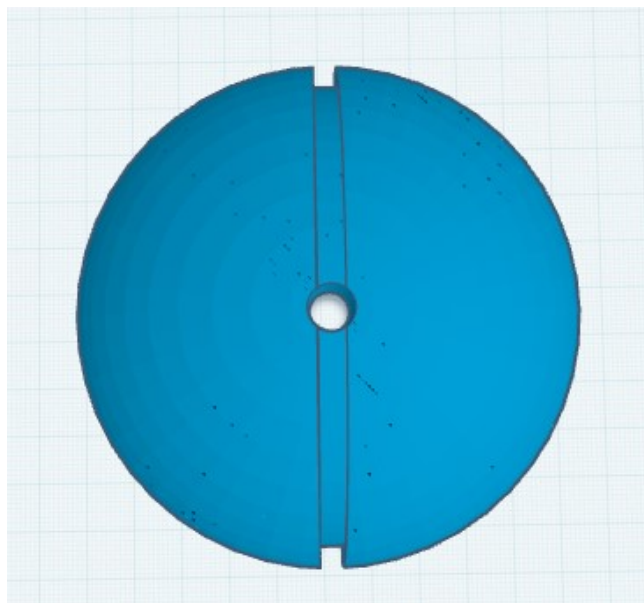
Τόσο η Σελήνη όσο και ο δακτύλιος διαθέτουν ειδικές υποδοχές στις οποίες τοποθετούνται μαγνήτες κατάλληλων διαστάσεων. Χρησιμοποιούνται κυλινδρικοί μαγνήτες με διάμετρο βάσης 8 mm και ύψος 8 mm , αλλά αυτό σχετίζεται με ποιους μαγνήτες είχαμε διαθέσιμους. Χρειάζεται προσοχή στην τοποθέτηση των μαγνητών ώστε οι μεταξύ τους δυνάμεις να είναι ελκτικές και όχι απωστικές.



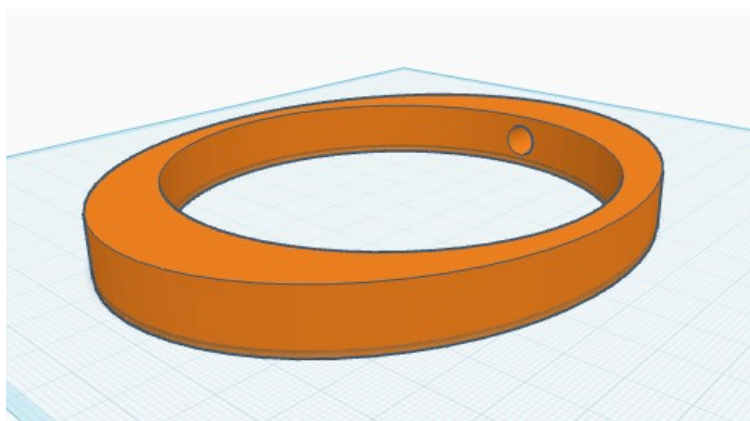
**Εικόνα 3: Το ένα από τα δύο ημισφαίρια της Γης**



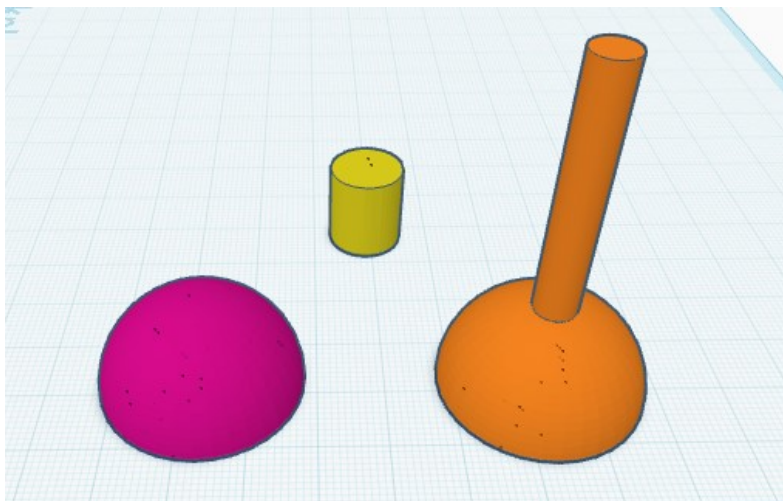
**Εικόνα 4: Ο εσωτερικός άξονα που ενώνει τα δύο ημισφαίρια**



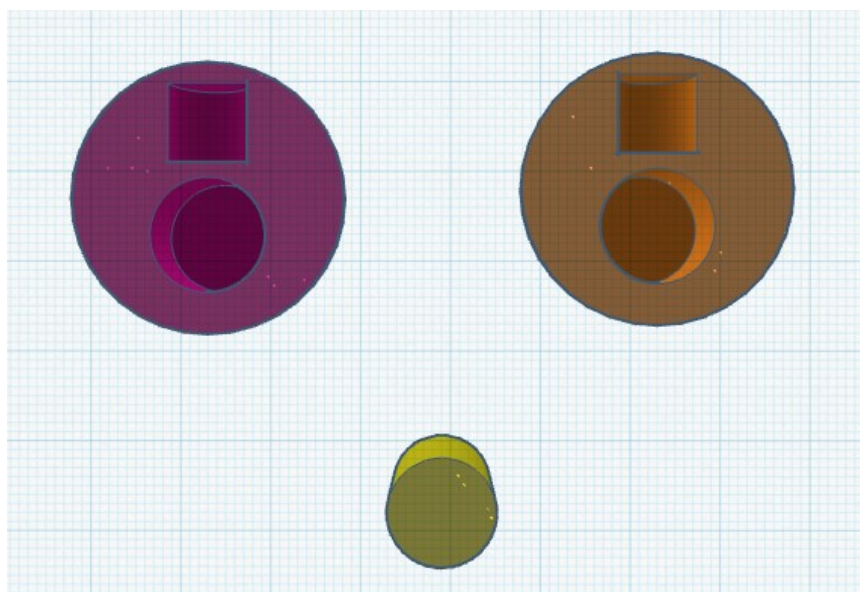
**Εικόνα 5:** Το ένα από τα δύο ημισφαίρια της Γης. Διακρίνεται η οπή για την τοποθέτηση της βίδας – άξονα



**Εικόνα 6:** Ο περιστρεφόμενος δακτύλιος. Διακρίνεται η υποδοχή για τον μαγνήτη



**Εικόνα 7:** Τα δύο ημισφαίρια της Σελήνης και ο εσωτερικός άξονας που τα συνδέει. Διακρίνεται ο άξονας στο ένα ημισφαίριο για συγκράτηση του συνόλου σε λαβίδα

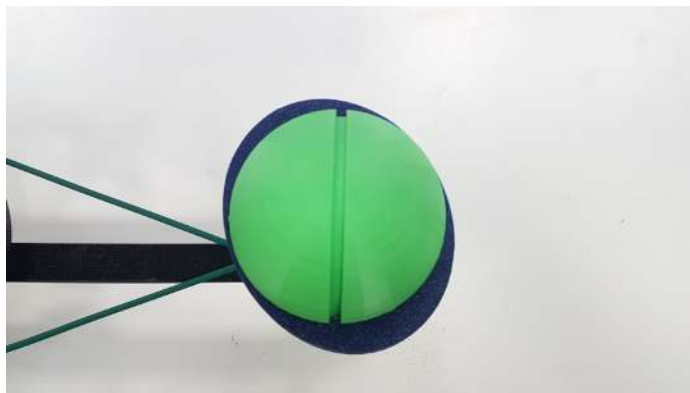


**Εικόνα 8:** Οι κάτω πλευρές των δύο ημισφαιρίων της Σελήνης. Διακρίνονται οι υποδοχές για τον άξονα (κυκλική διατομή) και για τον μαγνήτη (τετράγωνη διατομή)

Τα τμήματα εκτυπώθηκαν σε εκτυπωτή Crealiti Ender 5 με νήματα PLA. Επιλέχθηκε νήμα μπλε χρώματος για τον δακτύλιο και πράσινου χρώματος για όλα τα υπόλοιπα τμήματα. Τοποθετήθηκαν μαγνήτες νεοδυμίου στις ειδικές υποδοχές στη Σελήνη και στον δακτύλιο και στη συνέχεια τα δύο ουράνια σώματα συναρμολογήθηκαν σε ενιαία σώματα (εικόνες 9-11).



***Εικόνα 9: Τα εκτυπωμένα τμήματα της Γης. Διακρίνεται ο μαγνήτης στην υποδοχή του***



***Εικόνα 10: Η Γη τοποθετημένη στην φυγοκεντρική μηχανή. Διακρίνονται τα εξογκώματα του δακτυλίου***



**Εικόνα 11: Η τελική διευθέτηση της Γης και της Σελήνης για την επίδειξη του φαινομένου της παλίρροιας**

### **Χρήση του μοντέλου στην τάξη**

Το μοντέλο έχει σχεδιαστεί ώστε να χρησιμοποιείται αυτόνομα ή σε συνδυασμό με προσομοιώσεις στα πλαίσια της διδασκαλίας για το φαινόμενο της παλίρροιας. Προτείνουμε, αρχικά, το μοντέλο να παρουσιαστεί στους μαθητές, να αποκαλυφθεί η ύπαρξη των μαγνητών και να εξηγηθεί η αναλογία ανάμεσα στον δακτύλιο και το νερό της θάλασσας<sup>16</sup>.

Η Γη τοποθετείται σε μία φυγοκεντρική μηχανή. Η Σελήνη στερεώνεται σε απόσταση 2-3 cm από τη Γη, στο ίδιο ύψος με τον ισημερινό της και με τον μαγνήτη προς τη Γη<sup>17</sup> (εικόνα 11). Περιστρέφοντας αργά τη Γη παρατηρούμε πως το ένα μέγιστο της παλίρροιας παραμένει απέναντι από τη Σελήνη και το άλλο στην αντιδιαμετρική θέση. Η επίδειξη οδηγεί εύλογα στο συμπέρασμα πως, αν η Σελήνη ήταν ακίνητη, δύο διαδοχικά μέγιστα της παλίρροιας θα απείχαν μεταξύ τους 12 ώρες.

<sup>16</sup> Θεωρούμε πως πρέπει να δοθεί προσοχή στα εξής σημεία που μπορούν να δημιουργήσουν παρανοήσεις:

α. Το νερό στις θάλασσες δεν στρίβει όπως ο δακτύλιος. Ο δακτύλιος δείχνει μόνο το πώς κινούνται τα μέγιστα και τα ελάχιστα της παλίρροιας.

β. Η δύναμη που ασκεί η Γη στη Σελήνη -και αντίστροφα- είναι βαρυτική και όχι μαγνητική.

γ. Βλ. την επόμενη υποσημείωση.

<sup>17</sup> Η απόσταση ανάμεσα στη Γη και στη Σελήνη είναι –αναλογικά- πολύ μεγαλύτερη από την απόσταση των 2-3 cm (συγκεκριμένα θα έπρεπε να είναι περίπου 2,5 m). Η μικρή απόσταση είναι αναγκαία λόγω των μαγνητών.

Οι αντιδράσεις όσων συναδέλφων και μαθητών έχουν δει το μοντέλο σε λειτουργία είναι θετικές. Αν και ο αριθμός των δοκιμών είναι μικρός και δεν αποτελεί ένα αξιόπιστο στατιστικό δείγμα, θεωρούμε πως το μοντέλο μπορεί να βοηθήσει στη διδασκαλία του φαινομένου. Επιτρέπει την άμεση εμπλοκή των μαθητών και συνεισφέρει στην πολλαπλότητα των αναπαραστάσεων για το φαινόμενο της παλίρροιας.

## Βιβλιογραφία

- P.J. Cregg: ‘Just how much do the planets affect the tides?’, Physics Education, 52/5 (2017)
- Griffin: “Tides, as explained by Newton”, Physics Education, 43/2(2008), 129–131
- Newton: ‘Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica’, (London, 1687)
- Newton, E. Halley: ‘The true theory of the tides, extracted from that admired treatise of Mr. Isaac Newton, intituled, Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica; being a discourse presented with that book to the late King James, by Mr. Edmund Halley’, Phil. Trans. R. Soc. (1697), 19445–19457.
- Interactive Simulation of Tides, <https://beltoforion.de/en/tides/simulation.php> (ημερομηνία προσπέλασης: 30/10/2025)
- NASA, Tides, <https://science.nasa.gov/moon/tides/> (ημερομηνία προσπέλασης: 30/10/2025)
- D. Simanek, Tidal Misconceptions. <https://dsimanek.vialattea.net/scenario/tides.htm> (ημερομηνία προσπέλασης: 30/10/2025)
- D. Simanek, A Descriptive Explanation of Ocean Tides. <https://dsimanek.vialattea.net/scenario/tides101.htm> (ημερομηνία προσπέλασης: 30/10/2025)

\*Το copyright των φωτογραφιών και των σχημάτων ανήκει στον συγγραφέα.



## Διπλοθλαστικότητα: Δύο εφαρμογές ενός όμορφου φαινομένου

Παναγιώτης Λάζος, Φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Ηλιούπολης  
[taklazos\[a\]gmail.com](mailto:taklazos[a]gmail.com)

### Περίληψη

Το φως, ως εγκάρσιο ηλεκτρομαγνητικό κύμα, χαρακτηρίζεται από ταλαντώσεις του ηλεκτρικού πεδίου κάθετες στη διεύθυνση διάδοσής του. Το φυσικό φως είναι ολικά μη πολωμένο, καθώς προέρχεται από αναρίθμητα άτομα με τυχαίους προσανατολισμούς. Η πόλωσή του επιτυγχάνεται μέσω ειδικών φίλτρων (πολωτών) από πολυμερή υλικά, τα οποία απορροφούν τις παράλληλες προς τις μοριακές τους αλυσίδες συνιστώσες και επιτρέπουν τη διέλευση μόνο των κάθετων. Αν τοποθετήσουμε δύο φίλτρα (πολωτή και αναλύτη) με κάθετους οπτικούς άξονες, το φως αποκλείεται εντελώς.

Αν όμως ανάμεσα στους κάθετους πολωτές τοποθετηθεί ένα διαφανές υλικό που παρουσιάζει ανισοτροπία —είτε εκ κατασκευής είτε λόγω εσωτερικών τάσεων— εμφανίζεται το φαινόμενο της τεχνητής διπλοθλαστικότητας. Το υλικό στρέφει τη διεύθυνση ταλάντωσης του φωτός και, λόγω του διασκεδασμού (διαφορετική ταχύτητα κάθε μήκους κύματος), δημιουργούνται έγχρωμες ή φωτεινές ζώνες που αποτυπώνουν την κατανομή των τάσεων. Αν και το ανθρώπινο μάτι δεν διακρίνει απευθείας το πολωμένο φως, η μέθοδος αυτή επιτρέπει στους μαθητές να «δουν» αόρατες φυσικές διεργασίες.

Η παρούσα εργασία εστιάζει πειραματικά σε δύο περιπτώσεις ανάπτυξης τάσεων:

**Θερμική Διαστολή:** Ένα γυάλινο πλακίδιο τοποθετείται πάνω σε ηλεκτρικό μάτι, ανάμεσα σε πολωτή και αναλύτη. Καθώς το υλικό θερμαίνεται ανομοιόμορφα, οι εσωτερικές τάσεις της διαστολής γίνονται ορατές ως φωτεινές περιοχές που μετατοπίζονται, καταγράφοντας τη διάδοση της θερμότητας.

**Διάδοση Ηχητικού Κύματος:** Αναπαράγοντας ένα ιστορικό πείραμα του John Tyndall, μια γυάλινη ράβδος διεγείρεται ακουστικά με το τρίψιμο ενός βρεγμένου πανιού. Το διάμηκες ηχητικό κύμα προκαλεί στιγμιαίες μηχανικές παραμορφώσεις στη δομή του γυαλιού. Αυτή η προσωρινή ανισοτροπία επιτρέπει στο φως να διαπεράσει τον αναλύτη, αποδεικνύοντας οπτικά την ύπαρξη των ηχητικών τάσεων για όσο χρόνο ακούγεται ο ήχος.

### Abstract

Light, as a transverse electromagnetic wave, is characterized by electric field oscillations that are perpendicular to its direction of propagation. Natural light is completely unpolarized because it originates from countless atoms with random orientations. Polarization is achieved using specialized filters (polarizers) made of polymer materials, which absorb the components of the electric field parallel to their molecular chains and allow only the perpendicular ones to pass. If two filters (a polarizer and an analyzer) are placed with their optical axes perpendicular to each other, the light is completely blocked.

However, if a transparent material exhibiting anisotropy—either inherent or induced by internal stress—is placed between crossed polarizers, the phenomenon of artificial birefringence occurs. The material rotates the light's direction of oscillation, and due to dispersion (different wavelengths traveling at different speeds), colored or bright zones

appear, mapping the stress distribution. Although the human eye cannot directly distinguish polarized light, this method offers great pedagogical value by allowing students to "see" otherwise invisible physical processes.

This project focuses experimentally on two cases of stress development:

**Thermal Expansion:** A glass plate is placed on an electric burner between a polarizer and an analyzer. As the material heats up unevenly, the internal stresses caused by expansion become visible as shifting bright regions, tracking the propagation of heat through the medium.

**Sound Wave Propagation:** Replicating a historic demonstration by John Tyndall, a glass rod is acoustically excited by rubbing it with a wet cloth. The longitudinal sound wave causes instantaneous mechanical deformations in the glass structure. This temporary anisotropy allows light to pass through the analyzer, visually proving the existence of acoustic stress for as long as the sound is heard.

## Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

Το φως, όπως και κάθε άλλη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, είναι ένα εγκάρσιο κύμα. Αυτό σημαίνει ότι οι διευθύνσεις ταλάντωσης τόσο του ηλεκτρικού όσο και του μαγνητικού πεδίου είναι κάθετες στη διεύθυνση διάδοσης του φωτός.

Το γεγονός αυτό επιτρέπει στο φως κάτω υπό κατάλληλες συνθήκες να πολώνεται ή ίσως σωστότερα το πειραματικό δεδομένο της πόλωσης του φωτός είναι μια από τις ισχυρότερες ενδείξεις για το ότι το φως είναι ένα εγκάρσιο κύμα.

Με τον όρο πολωμένο φως περιγράφεται εκείνη η κατάσταση κατά την οποία η διεύθυνση ταλάντωσης του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου είναι καθορισμένες. Επειδή, αυτές οι διευθύνσεις είναι πάντα κάθετες μεταξύ τους, αρκούμαστε στη μελέτη μόνο της διεύθυνσης ταλάντωσης του ηλεκτρικού πεδίου.

Το φως μπορεί να είναι ολικά πολωμένο (υπάρχει μόνο μια διεύθυνση ταλάντωσης του ηλεκτρικού πεδίου), μερικά πολωμένο (υπάρχει μια επικρατέστερη διεύθυνση ταλάντωσης του ηλεκτρικού πεδίου) ή ολικά μη πολωμένο.

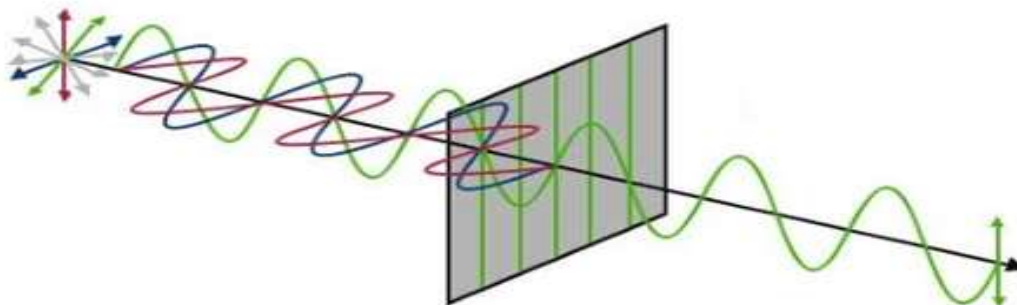
Το φως που εκπέμπεται από ένα άτομο ή μόριο έχει καθορισμένη διεύθυνση ταλάντωσης του ηλεκτρικού πεδίου. Όμως, το φυσικό φως που έρχεται άμεσα από μια φωτεινή πηγή δεν είναι πολωμένο όπως μπορούμε πολύ εύκολα να επιβεβαιώσουμε με τη βοήθεια ενός πολωτή (δεν θα παρατηρήσουμε καμία μεταβολή της έντασης του φωτός). Αυτό συμβαίνει γιατί το φυσικό φως προέρχεται από έναν εξαιρετικά μεγάλο αριθμό ατόμων ή μορίων με αποτέλεσμα να μην υπάρχει κάποια διεύθυνση ταλάντωσης του ηλεκτρικού πεδίου η οποία να ξεχωρίζει (εκτός και αν υπήρχε μέθοδος ταχύτατης παρατήρησης του πεδίου της τάξης των  $10^{-8}$  sec οπότε και θα καταγράφονταν οι ταχύτατες μεταβολές του).

Η πόλωση του φωτός παρατηρείται σε διάφορα φαινόμενα: στην επιλεκτική απορρόφηση, στην ανάκλαση, στη διάθλαση και στη σκέδαση. Η αναλυτική παρουσίαση των παραπάνω φαινομένων είναι έξω από τα πλαίσια της παρούσας εργασίας, η οποία πάντως θα βασιστεί σε πολωτικά φίλτρα επιλεκτικής απορρόφησης.

Τα πολωτικά φίλτρα που χρησιμοποιούνται είναι λεπτά φύλλα από πολυμερή υλικά, τα οποία έχουν υποστεί κατάλληλη επεξεργασία ώστε να ευθυγραμμιστούν μεταξύ τους οι μακριές μοριακές αλυσίδες. Τα εξωτερικά ηλεκτρόνια μπορούν να κινούνται κατά μήκος των αλυσίδων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την απορρόφηση της παράλληλης με την αλυσίδα συνιστώσα ταλάντωσης του ηλεκτρικού πεδίου του προσπίπτοντος φωτός και την (επαν)εκπομπή της κάθετης συνιστώσας. Με άλλα λόγια ένα τέτοιο φύλλο επιτρέπει μόνο

στην κάθετη –στις μοριακές αλυσίδες- συνιστώσα ταλάντωσης του ηλεκτρικού πεδίου να το διαπεράσει ενώ απορροφά εντελώς την παράλληλη (εικόνα 1).

Ο κάθετος στις μοριακές αλυσίδες του πολωτή άξονας ονομάζεται άξονας πόλωσης ή οπτικός άξονας και ορίζει τη διεύθυνση ταλάντωσης του ηλεκτρικού πεδίου του πολωμένου πλέον φωτός.

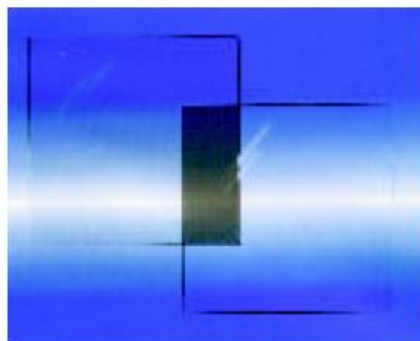


**Εικόνα 1: Πόλωση φωτός (Εισαγωγή εικόνας από: <https://www.gophotonics.com/community/what-is-a-polarizer>)**

Είναι εξαιρετικά ενδιαφέρον ότι το ανθρώπινο μάτι δεν μπορεί να διακρίνει το πολωμένο από το μη πολωμένο φως καθώς είναι όργανο το ίδιο ευαίσθητο σε όλα τα επίπεδα ταλάντωσης. Αυτό καθιστά τη μελέτη του πολωμένου φωτός ιδιαίτερα ενδιαφέρον θέμα από παιδαγωγικής άποψης αφού επιτρέπει στο μαθητή να «δει» κάτι που δεν «βλέπει».

Αν ολικά πολωμένο φως προσπέσει σε πολωτικό φίλτρο τότε περιστρέφοντας το φίλτρο θα παρατηρήσουμε ότι μεταβάλλεται η φωτεινότητα ανάμεσα σε μία μέγιστη τιμή στο σημείο που ο οπτικός άξονας του φίλτρου είναι παράλληλος με τη διεύθυνση ταλάντωσης του ηλεκτρικού πεδίου μέχρι την τιμή μηδέν στο σημείο στο οποίο οπτικός άξονας και διεύθυνση ταλάντωσης σχηματίζουν ορθή γωνία. Αν το φως είναι μερικά πολωμένο η φωτεινότητα δεν θα φτάσει ποτέ σε μηδενισμό αλλά θα είναι ελάχιστη στην ορθή γωνία.

Αντίστοιχα, αν φως διέλθει από πολωτικό φίλτρο (πολωτή) και στη συνέχεια διέλθει από δεύτερο (αναλύτη) τότε η τελική ένταση που θα παρατηρήσουμε εξαρτάται από τη σχετική γωνία των οπτικών αξόνων των δύο φίλτρων.



**Εικόνα 2: Πολωτής και αναλύτης με κάθετους οπτικούς άξονες. Στην περιοχή που επικαλύπτονται η ένταση του διερχόμενου φωτός μηδενίζεται. (Εισαγωγή εικόνας από: Φυσική Γενικής Παιδείας Β΄ τάξης Γενικού Λυκείου)**

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η τοποθέτηση ανάμεσα σε πολωτή και αναλύτη διάφανων υλικών όπως γυαλί και πλαστικά.

Αν τα υλικά είναι ισότροπα τότε ελάχιστο φως θα διέλθει με τους άξονες των πολωτικών σε κάθετη θέση μεταξύ τους. Αν όμως τα υλικά δεν είναι ισότροπα ή πάψουν τοπικά να είναι ισότροπα λόγω παραμόρφωσης τότε εμφανίζεται ένα εξαιρετικά ενδιαφέρον και πολύ όμορφο φαινόμενο: σειρά από φωτεινές περιοχές διαφόρων χρωμάτων. Η παρατήρησή τους, πέρα από αισθητική απόλαυση, προσφέρει τη δυνατότητα να μελετηθεί η δομή των αλυσίδων σε μη ισότροπα υλικά ή να καταγραφεί η δομή των τάσεων που δέχεται ένα διαφανές υλικό.

Γιατί, όμως, εμφανίζονται αυτές οι έγχρωμες περιοχές; Το φως διέρχεται από τον πολωτή και πολώνεται. Εισέρχεται, τότε, στο διάφανο υλικό έχοντας μια καθορισμένη διεύθυνση ταλάντωσης του ηλεκτρικού πεδίου. Αν το υλικό είναι ανισότροπο (τοπικά ή ολικά / εκ κατασκευής ή λόγω τάσεων) τότε η διεύθυνση ταλάντωσης του ηλεκτρικού πεδίου στρέφεται κατά μία γωνία η οποία είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του υλικού. Όμως, λόγω διασκεδασμού η ταχύτητα του φωτός στο υλικό δεν είναι ίδια για όλα τα μήκη κύματος. Κατά συνέπεια η στροφή της διεύθυνσης ταλάντωσης κατά την έξοδο του φωτός από το υλικό και την είσοδο στον αναλύτη δεν είναι ίδια για όλα τα μήκη κύματος, ούτε είναι ίδια η απορρόφηση από τον αναλύτη. Η διαφορετική απορρόφηση για τα διάφορα μήκη κύματος δημιουργεί τις όμορφες έγχρωμες περιοχές. Αν το υλικό έχει σημαντικό πάχος τότε αντί για έγχρωμες περιοχές δημιουργούνται φωτεινές και σκοτεινές περιοχές.

Η παρούσα εργασία αφορά δύο ιδιαίτερες περιπτώσεις ανάπτυξης τάσεων σε διάφανα υλικά, στη διαστολή λόγω θέρμανσης και στις τάσεις που αναπτύσσονται κατά τη διάδοση ηχητικών κυμάτων.

## Περιγραφή εργασίας

### 1. Διπλοθλαστικότητα λόγω διαστολής

Η γενική μορφή της διάταξης είναι πολύ απλή και μπορεί να πραγματοποιηθεί εύκολα και με ελάχιστο ή μηδενικό κόστος. Χρειαζόμαστε μια πηγή φωτός και δύο πολωτικά φίλτρα σε ρόλο πολωτή και αναλύτη. Ανάμεσά τους τοποθετείται κάθε φορά το υπό μελέτη διαφανές αντικείμενο.

Η απλότητα της διάταξης μας επιτρέπει να την πραγματοποιήσουμε με διαφορετικούς τρόπους από τους οποίους παραθέτουμε δύο:

**1ος τρόπος:** Στερεώνουμε με λαβίδες οι οποίες τοποθετούνται πάνω σε ράβδους σε ορθοστάτες δύο πολωτικά φίλτρα από αυτά που περιέχονται στη συσκευή πολωσιμετρίας με την οποία είναι εφοδιασμένα τα εργαστήρια φυσικών επιστημών των λυκείων. Επίσης, τοποθετούμε ημιδιάφανο πέτασμα το οποίο φωτίζουμε από την οπίσθια πλευρά με κάποια πηγή ομοιόμορφου φωτισμού. Τα κέντρα των φίλτρων πρέπει να βρίσκονται στην ίδια ευθεία. Ανάμεσα στα δύο φίλτρα τοποθετούμε ένα ηλεκτρικό μάτι πάνω στο οποίο ισορροπούμε προσεκτικά ένα γυάλινο πλακίδιο. Οι διαστάσεις του πλακιδίου δεν είναι κρίσιμο θέμα. Εμείς χρησιμοποιήσαμε πλακίδιο διαστάσεων περίπου 10x5 cm και πάχους 1 cm.

**2ος τρόπος:** Ένας δεύτερος τρόπος, καταλληλότερος για επίδειξη σε τάξη αλλά λίγο ακριβότερος, για την πραγματοποίηση της διάταξης είναι η αγορά δύο πολωτικών φίλτρων σε φύλλα (κόστος της τάξης των 50 ευρώ) ανάμεσα στα οποία μπορεί να τοποθετηθεί το

ηλεκτρικό μάτι και γυάλινο πλακίδιο. Λόγω των μεγάλων διαστάσεων της διάταξης ως πηγή φωτός χρησιμοποιείται ένα φωτιστικό LED οροφής (εικόνα 3).



*Εικόνα 3: Η διάταξη*

Πριν θέσουμε το ηλεκτρικό μάτι σε λειτουργία το γυάλινο πλακίδιο φαίνεται εντελώς ομοιόμορφο μέσα από τα πολωτικά φίλτρα. Μόλις ξεκινήσει η θέρμανση δημιουργούνται διάφανες περιοχές οι οποίες μετακινούνται πιο ψηλά στο πλακίδιο, ενδεικτικό της διάδοσης της θερμότητας στο υλικό και των τάσεων που δημιουργούνται από τη διαστολή του (εικόνες 4-9).



*Εικόνα 4: Το πλακίδιο πριν ξεκινήσει η θέρμανσή του*



*Εικόνα 5: Το πλακίδιο λίγα δευτερόλεπτα μετά την έναρξη της θέρμανσης*



*Εικόνα 6: Το πλακίδιο μετά από περίπου 30 s*



*Εικόνα 7: Το πλακίδιο μετά από περίπου 90 s*





*Εικόνα 8: Το πλακίδιο μετά από περίπου 120 s*

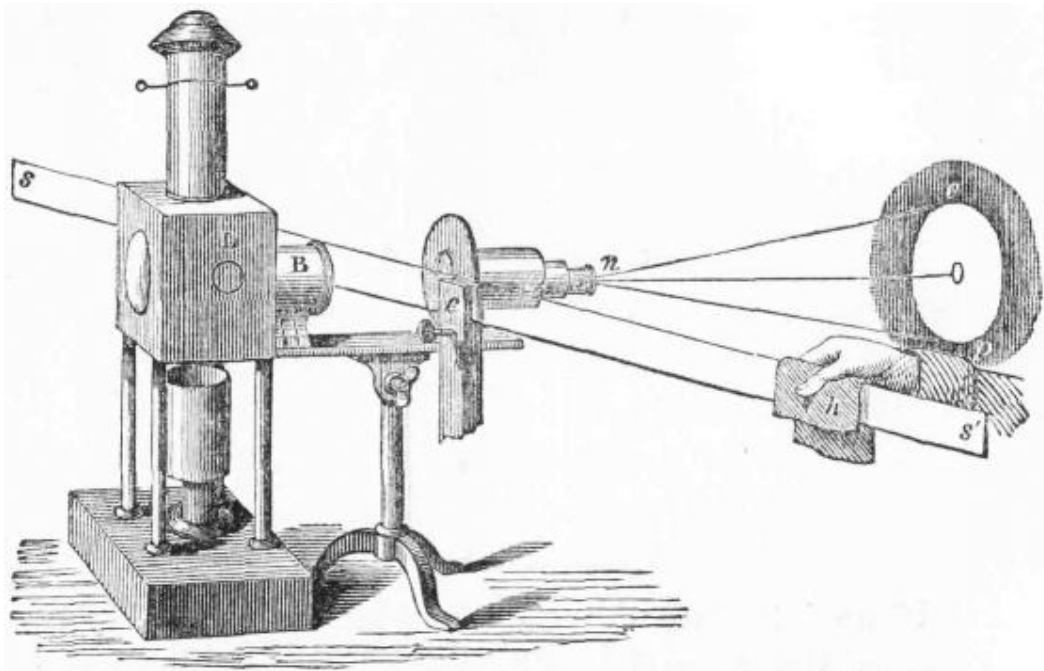


*Εικόνα 9: Το πλακίδιο μετά από περίπου 240 s*

## 2. Διπλοθλαστικότητα λόγω διάδοσης ηχητικού κύματος

Ο John Tyndall στο κλασικό έργο του Six Lectures on Light περιγράφει ένα πολύ ενδιαφέρον πείραμα επίδειξης. Μία γυάλινη ράβδος μήκους 2 m, πλάτους 5 cm και πάχους 1 cm, στερεώνεται σταθερά στο μέσο της με τη βοήθεια μίας μικρής μέγγενης (εικόνα 10). Εμπρός και πίσω από τη ράβδο τοποθετούνται πολωτικά φίλτρα με κάθετους τους οπτικούς τους άξονες (ο Tyndall στην εποχή του χρησιμοποιούσε πλακίδια Nicols). Καθώς το γυαλί δεν είναι διπλοθλαστικό υλικό υπό κανονικές συνθήκες δεν διέρχεται φως από τα δύο πολωτικά φίλτρα. Στη συνέχεια ο πειραματιστής τρίβει τη μισή ράβδο με ένα βρεγμένο πανί. Με λίγη εξάσκηση αυτό δημιουργεί έναν οξύ σύντομο ήχο. Τον ελάχιστο χρόνο που ακούγεται ο ήχος παρατηρείται πως από τα πολωτικά φίλτρα διέρχεται φως. Αυτό είναι ένδειξη πως στο γυαλί αναπτύσσονται στιγμιαία τάσεις. Η δημιουργία τους οφείλεται ακριβώς στη διάδοση του κύματος του ήχου, το οποίο ως διάμηκες κύμα δημιουργεί στιγμιαία παραμορφώσεις στο υλικό.

Η επανάληψη του πειράματος είναι αρκετά εύκολη αν και χρειάζεται προσοχή στον χειρισμό της μεγάλης γυάλινης ράβδου.



Εικόνα 10: Η διάταξη που χρησιμοποίησε ο Tyndall (εισαγωγή εικόνας από Tyndall, 1906)

## Βιβλιογραφία

1. Ν. Αλεξάκης, Στ. Αμπατζής, Γ. Γκουγκούσης, Β. Κουντούρης, Ν. Μοσχοβίτης, Σ. Οβαδίας, Κ. Πετρόχειλος: 'Φυσική Γενικής Παιδείας Β' τάξης Γενικού Λυκείου' (Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος» (ΙΤΥΕ), 2013)
2. Κ. Αλεξόπουλος, Δ. Μαρίνος: 'Γενική Φυσική – Οπτική' (Εκδόσεις Κοκοτσάκη, Αθήνα, 1992)
3. Γ. Αρναουτάκης, Γ. Καρανίκας, Β. Καραπαναγιώτης, Π. Κόκκοτας, Γ. Κουρέλης: 'Πειράματα φυσικής για το δημοτικό το γυμνάσιο και το λύκειο' (Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα, 2005)
4. Π. Λάζος: 'Εφαρμογές της πόλωσης του φωτός στη φωτογραφία και την επιστήμη' (Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Φωτογραφίας και Οπτικοακουστικών Μέσων, π. ΑΤΕΙ Αθήνας, 2013)
5. C. Bohren: 'What light through yonder window breaks?' (Wiley Science Editions, New York, 1991)
6. J. Tyndall: 'Six Lectures on Light', Sixth impression, (Longmans, Green and Co., New York and Bombay, 1906)
7. J. Wilson: 'Physics Laboratory Experiments' (Houghton Mifflin Company, Boston and New York, 1998)
8. J. Wilson: 'Light Waves and Color - Lesson 1 - How Do We Know Light Behaves as a Wave?' <http://www.physicsclassroom.com/class/light/u1211e.cfm> (ημερομηνία προσπέλασης: 30/05/2026)

\*Το copyright των φωτογραφιών και των σχημάτων ανήκει στον συγγραφέα.

# Nocturnal: Υπολογίζοντας την ώρα από τα αστέρια

Παναγιώτης Λάζος, Φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Ηλιούπολης  
[taklazos\[a\]gmail.com](mailto:taklazos[a]gmail.com)

Νέζης Αναστάσιος, φυσικός, 1<sup>ο</sup> Γενικό Λύκειο Σαλαμίνας  
[nezistasos\[a\]gmail.com](mailto:nezistasos[a]gmail.com)

## Περίληψη

Η παρούσα εργασία αποτελεί μία πρόταση για την κατασκευή ενός nocturnal μέσω 3d εκτύπωσης. Το nocturnal είναι ένα απλό αλλά έξυπνα σχεδιασμένο και αποτελεσματικό όργανο για τον υπολογισμό της ώρας κατά τη διάρκεια της νύχτας, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τρεις αιώνες από τους ναυτικούς. Δίδονται αναλυτικές οδηγίες όχι μόνο για την κατασκευή αλλά και για τη χρήση του οργάνου, τους περιορισμούς του και τις απαραίτητες διορθώσεις στον υπολογιζόμενο χρόνο.

## Abstract

This paper is a proposal for the construction of a nocturnal using 3D printing. The nocturnal is a simple but cleverly designed and effective instrument for calculating the time during the night, which was used by sailors for three centuries. Detailed instructions are provided not only for the construction but also for the use of the instrument, its limitations, and the necessary corrections to the calculated time.

## Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

Το nocturnal (στα ελληνικά συχνά αποδιδόμενο ως «νυκτερινόν») είναι αστρονομικό και ναυτιλιακό όργανο που αναπτύχθηκε τον 16ο αιώνα και χρησιμοποιήθηκε ως τον 18<sup>ο</sup> αιώνα με σκοπό τον προσδιορισμό της τοπικής ώρας κατά τη διάρκεια της νύχτας. Η πρώτη έντυπη περιγραφή του οργάνου («horologium noctis» στα λατινικά) εμφανίστηκε το 1524 στο αστρονομικό εγχειρίδιο *Cosmographia* του καθηγητή μαθηματικών Peter Apian (εικόνα 1).

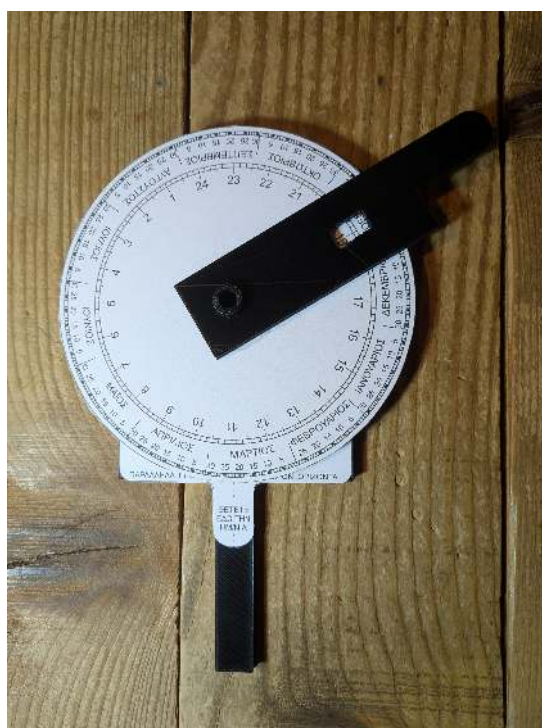


Εικόνα 1: Η πρώτη περιγραφή του nocturnal

Η λειτουργία του βασίζεται στην προβλέψιμη φαινόμενη κίνηση των αστερών, ιδίως συγκεκριμένων αστερών στον αστερισμό της Μεγάλης Άρκτου και στην Κασσιόπη, γύρω από τον βόρειο πόλο.

Η αρχή λειτουργίας του οργάνου στηρίζεται στο γεγονός ότι οι αστέρες του φαίνεται να κινούνται κυκλικά γύρω από τον ουράνιο πόλο με περίοδο περίπου 23 ωρών και 56 λεπτών (αστρικό 24ωρο). Η θέση τους σε συγκεκριμένη ημερομηνία και ώρα μπορεί να υπολογιστεί με μεγάλη ακρίβεια, και το αντίστροφο: αν η θέση τους παρατηρηθεί, μπορεί να εξαχθεί η ώρα.

Το nocturnal αποτελείται από έναν δίσκο που περιστρέφεται πάνω σε μία πλάκα, η βάση της οποίας ο χειριστής φροντίζει να βρίσκεται σε οριζόντια θέση. Ο δίσκος φέρει ενδείξεις για τους μήνες και τις ημέρες του έτους καθώς και μία κλίμακα ωρών με ακρίβεια δέκα λεπτών. Γύρω από το κέντρο του οργάνου μπορεί να περιστρέφεται ένας δείκτης, ο οποίος χρησιμεύει για την ευθυγράμμιση με τα άστρα αναφοράς. Το όργανο φέρει διαμπερή οπή, η οποία συμπίπτει με τον άξονά του (εικόνα 2).



**Εικόνα 2: Το nocturnal στην ολοκληρωμένη μορφή του**

Η διαδικασία χρήσης είναι εύκολη και περιγράφεται στη συνέχεια, όπως και οι δύο απλές διορθώσεις που μπορεί να χρειάζονται ώστε να μετατραπεί ο τοπικός αστρικός χρόνος στον επίσημο χρόνο. Αν και το αποτέλεσμα δεν είναι ακριβές στο επίπεδο των σύγχρονων χρονομέτρων, η απόκλιση σπανίως ξεπερνάει τα 15–20 λεπτά, το οποίο κάλυπτε τις πρακτικές ανάγκες της ναυσιπλοΐας προ του 18ου αιώνα και αποτελεί μια αξιοπρεπή μέτρηση στην εποχή μας.

Η χρησιμότητα του nocturnal ήταν ιδιαίτερα σημαντική στη θάλασσα. Η γνώση της τοπικού αστρικού χρόνου αποτελούσε απαραίτητη προϋπόθεση για τον υπολογισμό του γεωγραφικού μήκους με τη μέθοδο της νευτερινής παρατήρησης, για τη σωστή χρήση των ναυτικών αστρονομικών πινάκων και για τον σωστό υπολογισμό της παλίρροιας. Σε συνδυασμό με τον αστρολάβο και μεταγενέστερα τον εξάντα, το όργανο αυτό ενίσχυε την ακρίβεια των μετρήσεων.

Η μορφή και η κατασκευή του ποικίλλουν ανάλογα με την περίοδο και τον κατασκευαστή. Τα περισσότερα σωζόμενα παραδείγματα είναι κατασκευασμένα από ορείχαλκο, με διαμέτρους που κυμαίνονται από 10 έως 20 εκατοστά. Υπάρχουν ωστόσο και ξύλινα δείγματα, συνήθως απλούστερης χάραξης, τα οποία πιθανότατα προορίζονταν για καθημερινή χρήση σε πλοία.

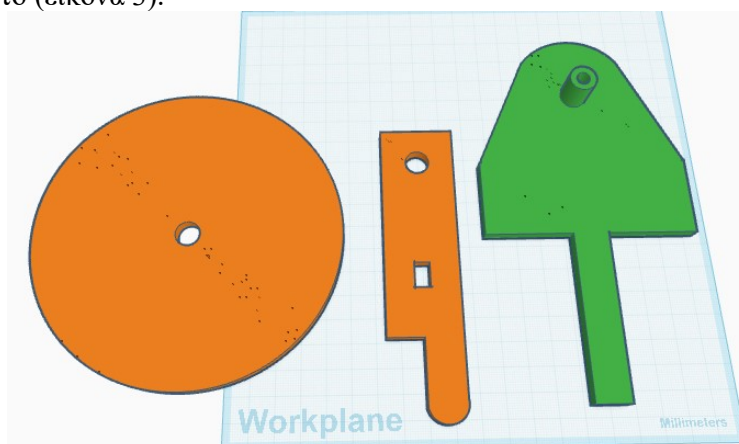
Στο πλαίσιο της ιστορίας της επιστήμης, το nocturnal συνιστά ένα χαρακτηριστικό εργαλείο της προ-χρονόμετρου εποχής. Η εφεύρεση και χρήση του αποτυπώνει την προσπάθεια των ναυτικών κοινωνιών να αξιοποιήσουν τη συστηματική αστρονομική γνώση για πρακτικούς σκοπούς. Το όργανο αυτό γεφυρώνει τον θεωρητικό αστρονομικό υπολογισμό με την εφαρμοσμένη ναυτιλία.

Σήμερα, τα nocturnals μελετώνται από ιστορικούς της επιστήμης και της τεχνολογίας, καθώς και από συλλέκτες οργάνων ναυσιπλοΐας. Ορισμένα μουσεία ναυτικής ιστορίας διαθέτουν σπάνια κομμάτια του 16ου και 17ου αιώνα, τα οποία αποτελούν τεκμήρια τόσο της τεχνολογικής όσο και της καλλιτεχνικής δεξιοτεχνίας της εποχής. Επιπλέον, υπάρχουν σύγχρονες ανακατασκευές που χρησιμοποιούνται για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

Το nocturnal είναι ένα όργανο που, παρά την απλότητά του, ενσωματώνει πολύπλοκη αστρονομική γνώση και εξυπηρετεί έναν καθοριστικό ναυτιλιακό σκοπό: την εύρεση του χρόνου κατά τη διάρκεια της νύχτας. Η μελέτη του όχι μόνο ρίχνει φως στις μεθόδους υπολογισμού της ώρας πριν την εμφάνιση των χρονομέτρων ακριβείας, αλλά και αναδεικνύει τη διαρκή αλληλεπίδραση μεταξύ θεωρητικής αστρονομίας και εφαρμοσμένης ναυσιπλοΐας.

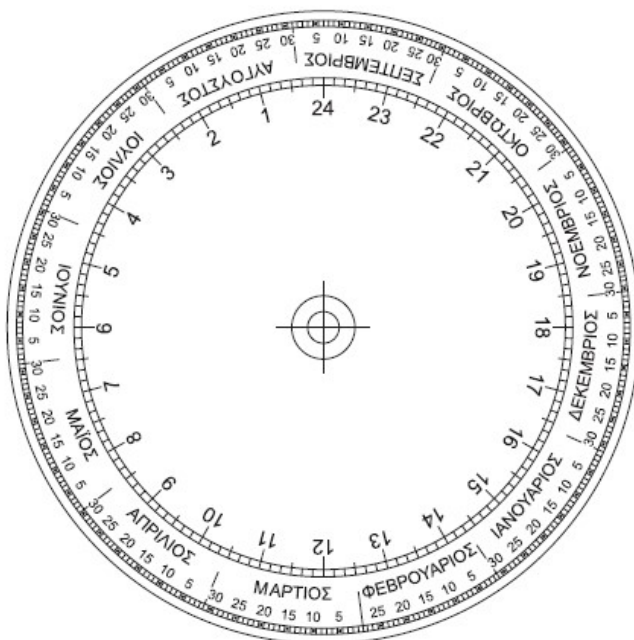
### Περιγραφή εργασίας

Τα τρία τμήματα ενός nocturnal, δηλαδή η ακίνητη πλάκα, ο κινούμενος δίσκος και ο δείκτης, σχεδιάστηκαν στην πλατφόρμα Tinkercad σε κατάλληλες διαστάσεις ώστε το όργανο να είναι εύχρηστο (εικόνα 3).

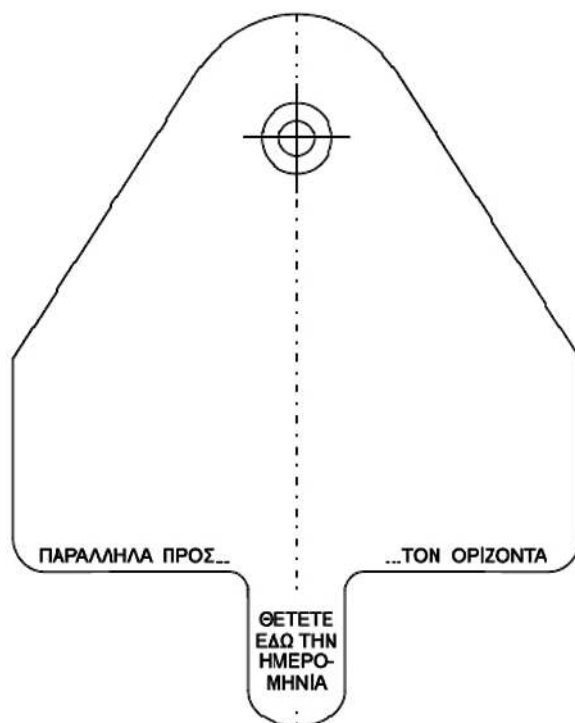


**Εικόνα 3: Τα 3d σχέδια των τριών τμημάτων του nocturnal στο TINKERCAD**





**Εικόνα 4: Η εμπρόσθια όψη του κινούμενου δίσκου**



**Εικόνα 5: Η εικόνα στη βάση της διάταξης**



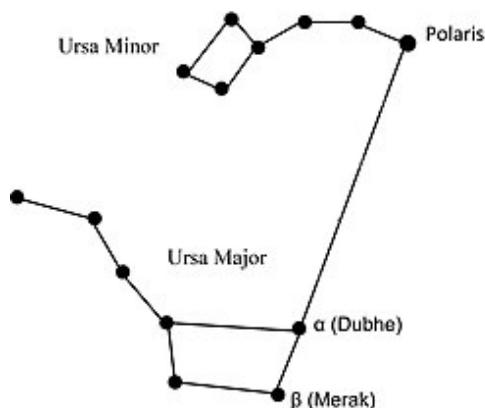
Στη συνέχεια σχεδιάστηκαν στις κατάλληλες διαστάσεις τα σχήματα των εικόνων 4 και 5, τα οποία στη συνέχεια εκτυπώθηκαν και κολλήθηκαν πάνω στον κινούμενο δίσκο και στην ακίνητη πλάκα αντίστοιχα. Τα σχήματα βασίστηκαν στην εργασία του Ives (2008).

### Τρόπος χρήσης – Μετρήσεις – Διορθώσεις

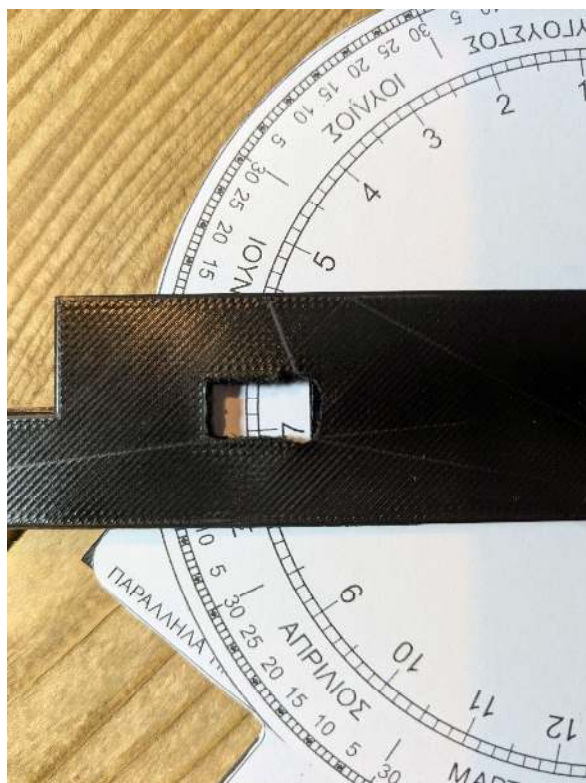
Ο χειριστής επιλέγει την ημερομηνία στρέφοντας τον εξωτερικό δίσκο έτσι ώστε η επιθυμητή ημερομηνία να βρίσκεται πάνω από το βέλος στην ακίνητη πλάκα (εικόνα 6). Στη συνέχεια ο χειριστής σκοπεύει τον πολικό αστέρα μέσα από τη διαμπερή οπή, φροντίζοντας η βάση της πλάκας να είναι πάντα οριζόντια. Τέλος, ο χειριστής στρέφει τον δείκτη έτσι ώστε αυτός να αποτελεί προέκταση της ευθείας που ορίζουν οι αστέρες Dubhe και Merak της Μεγάλης Άρκτου (εικόνα 7). Τότε ο τοπικός αστρικός χρόνος μπορεί να διαβαστεί μέσα από το ειδικό παράθυρο που διαθέτει ο δείκτης (εικόνα 8).



*Εικόνα 6: Ο δίσκος του nocturnal στην κατάλληλη θέση για εύρεση του χρόνου στις 12 Απριλίου*



*Εικόνα 7: Η ευθεία που περνάει από τον Πολικό Αστέρα και τους αστέρες Dubhe και Merak της Μεγάλης Άρκτου. Ο δείκτης του nocturnal πρέπει να είναι παράλληλος με αυτή την ευθεία*



**Εικόνα 8:** Όπως φαίνεται μέσα από το ειδικό παράθυρο που διαθέτει ο δείκτης, η ώρα είναι περίπου 7:15

Ένα ενδιαφέρον χαρακτηριστικό του Nocturnal είναι πως ο υπολογισμός του χρόνου γίνεται ανεξάρτητα από το γεωγραφικό πλάτος, σε αντίθεση με το ηλιακό ρολόι. Εφόσον βρισκόμαστε αρκετά βόρεια ώστε να βλέπουμε τη Μεγάλη Άρκτο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το όργανο χωρίς ανάγκη για κάποια διόρθωση ή προσαρμογή σχετική με το γεωγραφικό πλάτος. Χρειάζονται, ωστόσο, οι εξής δύο διορθώσεις:

1. Αν η μέτρηση του χρόνου γίνεται όταν ισχύει η θερινή ώρα τότε πρέπει να γίνει προσαρμογή προσθέτοντας μία (1) ώρα στην ένδειξη.
2. Μια άλλη απαραίτητη διόρθωση (όπως και με τα ηλιακά ρολόγια) είναι η μετατροπή του τοπικού αστρικού χρόνου στον επίσημο χρόνο της Ελλάδας. Ο επίσημος χρόνος ορίζεται από την αστρικό χρόνο στο μεσημβρινό στο κέντρο κάθε χρονικής ζώνης. Αυτοί οι μεσημβρινοί είναι σε βήματα των 15 μοιρών από τον κύριο μεσημβρινό (Γκρίνουιτς). Προσθέτουμε ή αφαιρούμε 4 λεπτά για κάθε μοίρα ανατολικά ή δυτικά του μεσημβρινού της χρονικής μας ζώνης. Στην περίπτωση της Ελλάδας ο μεσημβρινός βρίσκεται στις  $30^\circ$  και διέρχεται από την Τουρκία. Άρα η Ελλάδα βρίσκεται δυτικά του μεσημβρινού. Έτσι π.χ. για την Αθήνα με γεωγραφικό μήκος  $23,7^\circ$  χρειάζεται να αφαιρέσουμε  $4 \times 6,3$  λεπτά δηλαδή περίπου 25 λεπτά από την ένδειξη του Nocturnal. Αντίστοιχα, για τη Λέσβο με γεωγραφικό μήκος  $26,3^\circ$  πρέπει να αφαιρέσουμε  $4 \times 3,7$  λεπτά δηλαδή περίπου 15 λεπτά από την ένδειξη του Nocturnal.

Σε μικρά βόρεια γεωγραφικά πλάτη, όπου η Μεγάλη Άρκτος δεν είναι διαρκώς ορατή γιατί δύει, μπορούν να χρησιμοποιηθούν Nocturnal με δύο δείκτες, από τους οποίους ο ένας χρησιμοποιείται με τη Μεγάλη Άρκτο και ο άλλος με την Κασσιόπη. Επειδή οι δύο αστερισμοί είναι σε σχεδόν αντιδιαμετρικές θέσεις ως προς τον πολικό αστέρα, πάντα ο ένας από τους δύο είναι ορατός.

Αξίζει να σημειωθεί πως για τον υπολογισμό της ώρας στο νότιο ημισφαίριο, όπου ο πολικός αστέρας είναι διαρκώς κάτω από τον ορίζοντα, υπάρχουν nocturnal με δείκτη διαφορετικής σχεδίασης. Σε αυτή την περίπτωση το όργανο χρησιμοποιείται σκοπεύοντας τον Σταυρό του Νότου, αντί για τον πολικό αστέρα και ευθυγραμμίζοντας κατάλληλα τον ειδικό δείκτη με τον Άλφα και τον Βήτα Κενταύρου.

## Επιπρόσθετες πληροφορίες

Τα αρχεία της 3d σχεδίασης για το nocturnal βρίσκονται στη διεύθυνση: <https://tinyurl.com/mtjcmrhr>

## Βιβλιογραφία

1. Apian, P.: '*Cosmographia Petri Apiani*', (1524)
2. L. Devoy, <https://www.rmg.co.uk/stories/time/astronomy/what-nocturnal> (ημερομηνία προσπέλασης 25/09/2025)
3. R. L. Ives: '*The nocturnal*', Journal of Geography, 63/8, (2008), σελ. 366–374
4. G. Oestmann: '*On the history of the nocturnal*', Bulletin of the Scientific Instrument Society, 69, (2001), σελ. 5–9
5. D. W. Waters: '*The Art of Navigation in England in Elizabethan and Early Stuart Times*' (Hollis and Carter, London, 1958)
6. M. W. G. Webster: '*A nocturnal*', Forum, 28/3, (1975), σελ. 372–374
7. Άγνωστος, [https://www.pocket-sundial.com/pages/how-it-works-nocturnal?srsId=AfmBOorOWuhz\\_r3pfAFNsJ0EMkK-IwCgeS6uJYAzgtl8VhkyMBsuRYxs](https://www.pocket-sundial.com/pages/how-it-works-nocturnal?srsId=AfmBOorOWuhz_r3pfAFNsJ0EMkK-IwCgeS6uJYAzgtl8VhkyMBsuRYxs) (ημερομηνία προσπέλασης 25/09/2025)

\*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στους συγγραφείς.

## Μετεωρολογικός σταθμός ... τσέπης, χωρίς κώδικα

*Ευάγγελος Λαμπρινίδης, φυσικός, Γενικό Λύκειο Άνοιξης, [elamprinidis\[a\]sch.gr](mailto:elamprinidis[a]sch.gr)  
Δημήτριος Τριανταφύλλου, Γεωλόγος, Υπεύθυνος Β' Ε.Κ.Φ.Ε. Ανατολικής Αττικής, [giatrian\[a\]gmail.com](mailto:giatrian[a]gmail.com)*

### Περίληψη

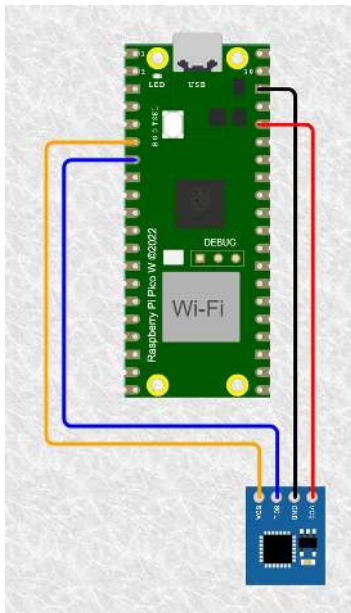
Στόχος είναι να φτιαχτεί από ομάδα μαθητών, ένας μετεωρολογικός σταθμός, χωρίς να χρειάζεται κώδικας προγραμματισμού.

Ο μετεωρολογικός σταθμός θα είναι φορητός και θα αναγιγνώσκουμε τα δεδομένα των αισθητήρων θερμοκρασίας-ατμοσφαιρικής πίεσης και επι τοις εκατό σχετικής υγρασίας σε μια οποιαδήποτε συσκευή που διαθέτει οθόνη και δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο.

Μια καλή επιλογή για να μη χρειαστεί να γράψουμε ούτε μια γραμμή κώδικα αλλά ούτε και να εγκαταστήσουμε εργαλεία ανάπτυξης λογισμικού στον υπολογιστή μας είναι η πλακέτα Raspberry Pi Pico W σε συνδυασμό με την τεχνολογία Adafruit WipperSnapper, πλατφόρμα IoT(Internet of Things) , όπως η Thingspeak

Η πλακέτα Raspberry Pi Pico W διαθέτει τον ισχυρό μικροελεγκτή RP2040 και μπορεί να συνδεθεί μέσω WiFi με την υπηρεσία AdafruitIO που θα λαμβάνει και θα παρουσιάζει τα δεδομένα.

Η πλακέτα Raspberry Pi Pico W συνδέεται με την πλατφόρμα Adafruit IO για την αποστολή των δεδομένων που παίρνει από τον αισθητήρα BME280 με τον οποίο είναι μόνιμα συνδεδεμένη μέσω I2C.



*Σχήμα 1: Προσομοίωση Κυκλώματος: Wokwi Simulator*

## Abstract

The goal is for a group of students to build a weather station, without the need for programming code.

The weather station will be portable and we will read the data from the temperature-atmospheric pressure and relative humidity sensors on any device that has a screen and internet connectivity.

A good option to avoid having to write a single line of code or install software development tools on our computer is the Raspberry Pi Pico W board in combination with Adafruit WipperSnapper technology, an IoT (Internet of Things) platform, such as Thingspeak

The Raspberry Pi Pico W board has the powerful RP2040 microcontroller and can be connected via WiFi to the AdafruitIO service that will receive and present the data.

The Raspberry Pi Pico W board connects to the Adafruit IO platform to send the data it receives from the BME280 sensor to which it is permanently connected via I2C. (Figure 1)

## Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

Η λειτουργία του μετεωρολογικού σταθμού, στηρίζεται στην τεχνολογία IoT (Internet of Things)

Με τον όρο Internet of Things (IoT ή Δίκτυο των Πραγμάτων στα Ελληνικά) εννοούμε ένα δίκτυο συν-δεδεμένων συσκευών, που εξυπηρετεί την απομακρυσμένη (στο Cloud) συλλογή, απεικόνιση και επεξεργασία δεδομένων καθώς και την επικοινωνία μεταξύ των συσκευών αυτών. Μια από τις πιο γνωστές IoT πλατφόρμες είναι η ThingSpeak της MathWorks, και η Adafruit που χρησιμοποιείται στο συγκεκριμένο project.

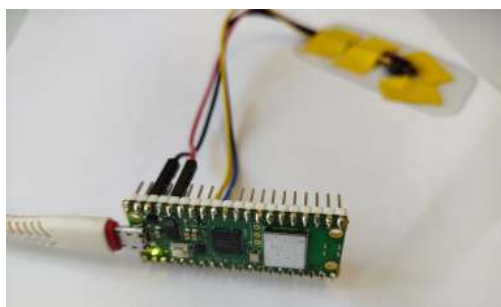
Η πλακέτα του σταθμού, συνδέεται με αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας – πίεσης και σχετικής υγρασίας.

Τα δεδομένα των αισθητήρων συλλέγονται από την πλακέτα και μέσω ενός ασυρμάτου δικτύου Wi-Fi και μεταδίδονται στην πλατφόρμα της Adafruit.

Έτσι πληκτρολογώντας μια διεύθυνση URL που αντιστοιχεί στον προσωπικό μας λογαριασμό, μπορούμε να βλέπουμε ανά πάσα στιγμή τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού μας –πχ με μια ματιά στο κινητό μας τηλέφωνο -.

## Περιγραφή εργασίας

Η πλακέτα Raspberry PiPico W διαθέτει τον ισχυρό μικροελεγκτή RP2040 και μπορεί να συνδεθεί μέσω WiFi με την υπηρεσία AdafruitIO που θα λαμβάνει και θα παρουσιάζει τα δεδομένα.



*Εικόνα 1*

Αυτό που χρειάζεται είναι να δημιουργήσουμε έναν λογαριασμό στο AdafruitIO και να προγραμματίσουμε το Raspberry με το έτοιμο firmware WipperSnapper που θα επικοινωνεί με το AdafruitIO.

## WipperSnapper και AdafruitIO

Η εγγραφή στο AdafruitIO περιγράφεται στη σελίδα: <https://learn.adafruit.com/welcome-to-adafruit-io/getting-started-with-adafruit-io>

Η διαδικασία περιγράφεται στο: <https://learn.adafruit.com/quick-start-the-pico-w-with-wippersnapper/install-wippersnapper>

Η εγκατάσταση του WipperSnapper γίνεται στο βήμα 5 συνδέοντας το Raspberry με το USB ενώ ταυτόχρονα πατάμε το κουμπί BOOTSEL και το Raspberry φαίνεται σαν ένα USB FlashDrive όπου αντιγράφουμε απλά το αρχείο του WipperSnapper που κατεβάσαμε.

Στη συνέχεια, στο βήμα 6 δίνουμε το SSID και το password του WiFi και δημιουργείται ένα αρχείο **secrets.json** το οποίο αντιγράφουμε πάλι στο Raspberry μόνο που τώρα φαίνεται σαν ένα άλλο USB FlashDrive

Μπορούμε να σιγουρευτούμε για τη σωστή επικοινωνία του Raspberry με το AdafruitIO ελέγχοντας το LED που το Raspberry διαθέτει.

Εντοπίζεται το LED, το επιλέγουμε και με “Auto-ConfigureDevice”

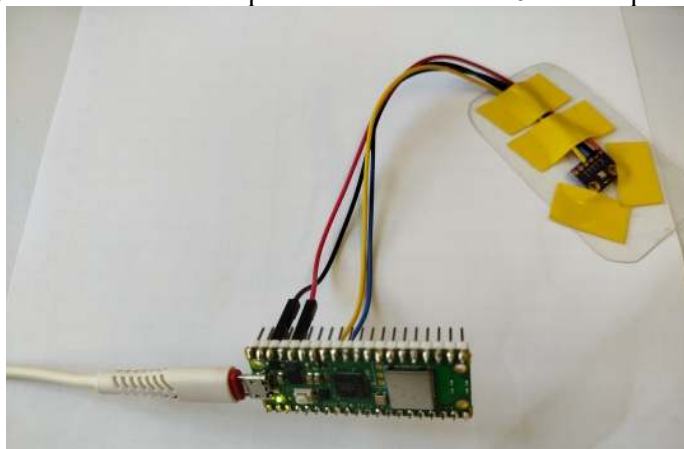
Έτσι στη σελίδα του Device φαίνεται ως Component το LED όπου υπάρχει ένας διακόπτης που μπορεί να ανάβει και να σβήνει το LED.

Τώρα η πλακέτα Raspberry Pi Pico W έχει ήδη συνδεθεί με το AdafruitIO οπότε πρέπει να συνδεθεί με τον αισθητήρα BME280 για να μπορεί να παίρνει τα δεδομένα.

## Σύνδεση Αισθητήρα BME280

Έχοντας βγάλει την τροφοδοσία από το Raspberry, συνδέουμε με προσοχή τα καλώδια στην πλακέτα του αισθητήρα και στην πλακέτα του Raspberry προσέχοντας τα παρακάτω:

- Το **κόκκινο** καλώδιο VCC (ή VDD ή Vin) 3,3V τροφοδοσία του αισθητήρα ενώνεται στο Pin36 (OUT)
- Το **μαύρο** καλώδιο GND ενώνεται στο Pin38
- Το **μπλέ** καλώδιο SCL-clockpin για το I2C -συνδέεται στο Pin7
- Το **κίτρινο** καλώδιο SDA data pin συνδέεται στο Pin6 του Raspberry



Εικόνα 2



Οι συνδέσεις μπορούν να γίνουν με κολλήσεις ή με κατάλληλα jumper wires.

### Εγκατάσταση Αισθητήρα στο AdafruitIO

Θα χρειαστεί να ρυθμίσουμε το I2C. Στη σελίδα του Device πάλι κάνουμε κλικ στον μπλε κύκλο με τον άσπρο σταυρό ...

...και βρίσκουμε στο “New Component” τον BME280

Επιλέγουμε το μοναδικό -αυτή τη στιγμή- I2CAddress που είναι συνήθως 0x77 ή 0x76 και τα δεδομένα που θέλουμε να μεταδίδονται όπως θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου, σχετική υγρασία σε ποσοστό και ατμοσφαιρική πίεση σε hPa.

Στη συνέχεια, αν όλα πάνε καλά, θα φαίνονται οι μετρήσεις στο AdafruitIO ως “Feeds” .



Εικόνα 3

### Βιβλιογραφία-Πηγές

<https://blogs.sch.gr/elamprinidis/ilektronikos-meteorologikos-stathmos/>

<http://2ekfe-anatol.att.sch.gr/>

<https://ekfethesp.blogspot.com/2024/02/o-arduino.html>

\*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στους συγγραφείς.

## Φτιάχνοντας εκπαιδευτικά εργαλεία με την τεχνητή νοημοσύνη

*Ελένη Λεμπέση, χημικός, Εκπαιδευτήρια Μπουγά, Καλαμάτα, [l.lebesi\[a\]bougas-school.gr](mailto:l.lebesi[a]bougas-school.gr)*

*Δημήτρης Γιαννακέας, βιολόγος, Εκπαιδευτήρια Μπουγά, Καλαμάτα*

*[d.giannakeas\[a\]bougas-school.gr](mailto:d.giannakeas[a]bougas-school.gr)*

*Διονύσιος Καρούνις, φυσικός, συνταξιούχος εκπαιδευτικός, [galileolab\[a\]gmail.com](mailto:galileolab[a]gmail.com)*

*Σωτηροπούλου Άννα, φυσικός, Υπεύθυνη Ε.Κ.Φ.Ε. Μεσσηνίας, [asot61\[a\]otenet.gr](mailto:asot61[a]otenet.gr)*

*Αντώνης Αθανασόπουλος, φυσικός, Εκπαιδευτήρια Μπουγά, Καλαμάτα,*

*[a.athanasopoulos\[a\]bougas-school.gr](mailto:a.athanasopoulos[a]bougas-school.gr)*

*Γιώργος Κουτσομπάς, φυσιογνώστης, Εκπαιδευτήρια Μπουγά, Καλαμάτα,*

*[gkoutsoumpos\[a\]bougas-school.gr](mailto:gkoutsoumpos[a]bougas-school.gr)*

*Βίκυ Παπανικολάου, βιολόγος, Εκπαιδευτήρια Μπουγά, Καλαμάτα,*

*[evant.papanikolaou\[a\]bougas-school.gr](mailto:evant.papanikolaou[a]bougas-school.gr)*

### Περίληψη

Με τη βοήθεια της τεχνητής νοημοσύνης (Artificial Intelligence A.I.) δημιουργούνται εφαρμογές για την επίλυση προβλημάτων φυσικών επιστημών αλλά και της καθημερινής ζωής. Κατασκευές με απλά τριδιάστατα υλικά επιβεβαιώνουν τα συμπεράσματα των εφαρμογών αυτών. Οι μαθητές προσεγγίζουν τη γνώση με παιγνιώδη και ευχάριστο τρόπο που αυξάνει την περιέργεια, την εμπλοκή και τη θετική στάση απέναντι στη μάθηση, ενώ ταυτόχρονα ενισχύονται δεξιότητες όπως κριτική σκέψη, συνεργασία, λήψη αποφάσεων και δημιουργικότητα. Επίσης, η δυνατότητα αλλαγής παραμέτρων στις εφαρμογές, βοηθά στην εμβάθυνση και την κατανόηση.

### Abstract

With the help of artificial intelligence A.I., applications are built to solve problems in sciences and everyday life. Constructions with simple 3-D materials confirm the conclusions from the applications. Students approach knowledge in a playful and enjoyable way that increases curiosity, engagement and a positive attitude towards learning, while at the same time strengthening skills such as critical thinking, collaboration, decision-making and creativity. Also, the ability to change parameters in applications helps in deepening and understanding.

### Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια η τεχνητή νοημοσύνη έχει μπει για καλά στη ζωή μας. Άνθρωποι όλων των ηλικιών επωφελούνται από αυτήν ακόμα και χωρίς να το γνωρίζουν. Οι μαθητές όμως ανήκουν σε μια ηλικιακή κατηγορία που μεγάλωσε μαζί με την ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης και είναι ιδιαίτερα εξοικειωμένοι με την τεχνολογία. Γι' αυτό το λόγο επιχειρούμε να αναπτύξουμε δύο παραδείγματα, όπου με τη χρήση της A.I. δημιουργούμε εφαρμογές για κινητό τηλέφωνο, ταμπλέτα ή υπολογιστή, τα οποία αποσκοπούν στην επίλυση προβλημάτων. Καθώς οι εφαρμογές λειτουργούν μέσω browser, είναι εύκολο να

χρησιμοποιηθούν είτε σε υπολογιστές είτε σε ταμπλέτες ή κινητά, χωρίς να απαιτείται εγκατάσταση.

Παράλληλα κατασκευάζουμε τα αντίστοιχα παιχνίδια με απλά μέσα και υλικά, ως επιβεβαίωση της λύσης που δόθηκε.

### Παράδειγμα 1<sup>ο</sup>

**Ρωτήσαμε 100 μαθητές, των οποίων οι παππούδες είναι πάνω από 70 χρονών, πόσα λαχεία έχουν κερδίσει οι παππούδες τους...**

### Περιγραφή εργασίας - Το πρόβλημα

Καθημερινά ξοδεύονται πάρα πολλά χρήματα για τη συμμετοχή σε τυχερά παιχνίδια. Σύμφωνα με την επίσημη ιστοσελίδα του ΟΠΑΠ, κατά το έτος 2024, παίχτηκαν 2,30 δισεκατομμύρια ευρώ και στους παίκτες επέστρεψαν υπό μορφή κέρδους μόλις 43.162.517€. Αφαιρώντας τις εισφορές στο κράτος και τα λειτουργικά έξοδα, το μικτό κέρδος του οργανισμού ανήλθε στα 970 εκατομμύρια ευρώ και τα καθαρά κέρδη στα 486 εκατομμύρια ευρώ.

Από την άλλη υπάρχουν και οι διαγωνισμοί των τηλεοπτικών εκπομπών, στους οποίους οι παίχτες δηλώνουν συμμετοχή με τηλέφωνο ή γραπτό μήνυμα υψηλής χρέωσης. Στους συγκεκριμένους διαγωνισμούς δεν ανακοινώνεται πόσοι συμμετέχουν και έτσι δεν μπορούμε να γνωρίζουμε ποιο ποσοστό των κερδών αποδίδεται πάλι στους παίκτες. Παρά το γεγονός ότι οι παίκτες πληρώνουν για να συμμετέχουν, τα κέρδη αποκαλούνται «δώρα».

#### Υλικά για το πείραμα:

Η/Υ, tablet ή κινητό τηλέφωνο  
Μπάλες  
Κουτιά

#### Κατασκευές

##### *Κατασκευή κουτιών παιχνιδιού*

9 κουτιά A4 με 6 μπάλες φελιζόλ το καθένα. Σε κάθε κουτί οι 5 μπάλες είναι άσπρες και η μία κόκκινη. Οι μαθητές μπορούν να εισάγουν το χέρι τους στο κουτί από μια τρύπα καλυμμένη με ύφασμα και να βγάλουν μια μπάλα από μια πλαϊνή τρύπα, η οποία οδηγεί σε κλειστό κουτί, χωρίς να γνωρίζουν τι χρώμα έχει.



**Εικόνα 28:** Το κουτί από το οποίο επιλέγονται οι μπάλες και το κουτί στο οποίο συλλέγονται

#### Το πείραμα:

Η εφαρμογή που δημιουργήσαμε επιχειρεί να προσφέρει έναν ιδιαίτερα εύληπτο τρόπο για να δείξουμε πόσο σπάνιο είναι να κερδίσει κανείς σε ένα τυχερό παιχνίδι και πόσο υψηλό μπορεί να είναι το κόστος συμμετοχής σε αυτό. Μέσα από ένα απλό «παιχνίδι με χρωματιστές μπάλες», οι μαθητές βλέπουν στην πράξη ότι η πιθανότητα να βρουν όλες τις

«τυχερές» μπάλες είναι 1 στις 6°, δηλαδή μία στις 10.077.696! Ακόμη κι αν παίζουν ξανά και ξανά, συνήθως βρίσκουν μόνο μία ή δύο σωστές μπάλες· το να έχουν 6, 7 ή 8 επιτυχίες είναι εξαιρετικά σπάνιο, κάτι που αποτυπώνεται και στο γράφημα της εφαρμογής.

- Σε ένα κλασικό λαχείο τύπου «6/49», η πιθανότητα να μαντέψει κανείς σωστά και τους 6 αριθμούς είναι περίπου 1 στις 13.983.816. Αν κάποιος αγόραζε ένα δελτίο κάθε εβδομάδα, στατιστικά θα χρειαζόταν εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια μέχρι να «πιάσει» το μεγάλο έπαθλο. Αν υπολογίσουμε ότι κάθε δελτίο κοστίζει 1 €, το συνολικό ποσό που θα έχει δαπανήσει κάποιος σε όλη του τη ζωή είναι τεράστιο σε σχέση με τις πιθανότητες επιτυχίας.

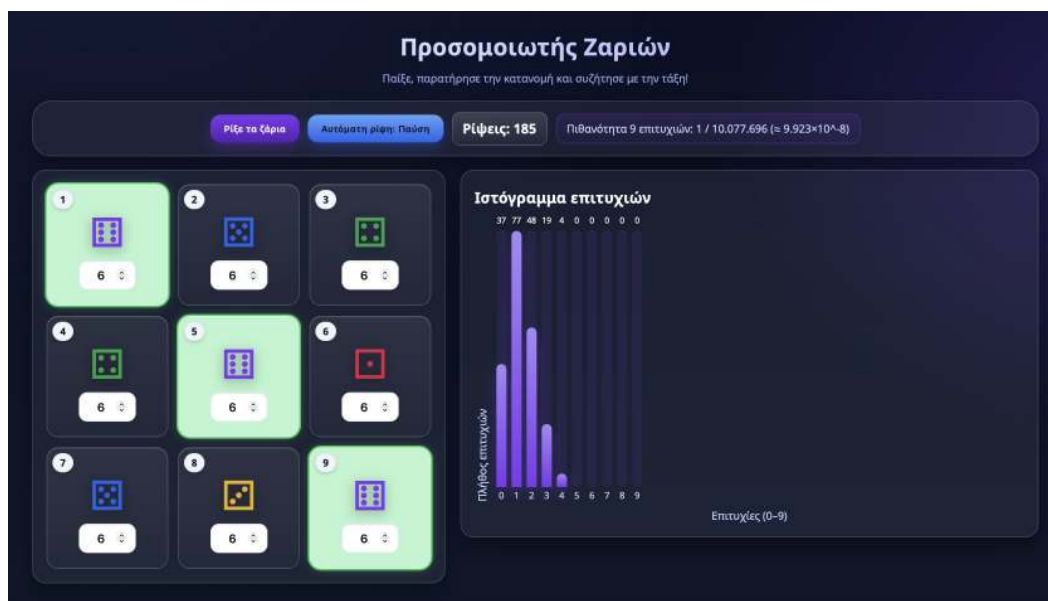
- Η εφαρμογή μας, παρότι δουλεύει με μόνο 9 κουτιά και 6 θέσεις ανά κουτί, αποτελεί μια προσομοίωση του φαινομένου. Ακόμη και μετά από δεκάδες ή εκατοντάδες γύρους, οι πλήρεις επιτυχίες είναι ελάχιστες. Το αυτοματοποιημένο παιχνίδι επιτρέπει στους μαθητές να «τρέξουν» γρήγορα πολλές κληρώσεις και να δουν ότι τα αποτελέσματα συγκλίνουν σε μια κατανομή όπου οι μεγάλες επιτυχίες σχεδόν δεν εμφανίζονται.

Τα παραπάνω αναδεικνύουν δύο βασικά μηνύματα:

1. Κατανόηση μικρών πιθανοτήτων. Το να δεις με τα μάτια σου ότι ακόμη και μετά από 50 ή 100 προσπάθειες δεν βρίσκεις όλες τις τυχερές μπάλες βοηθά να αντιληφθείς τι σημαίνει «1 στα 10 εκατομμύρια». Η στατιστική καταγραφή των επιτυχιών και το γράφημα της εφαρμογής συνδέουν το πείραμα με τη θεωρία των πιθανοτήτων, κάνοντας προσιτές έννοιες όπως η ανεξαρτησία, οι συνδυασμοί και οι κατανομές.

2. Κριτική στάση απέναντι στον τζόγο. Όταν μαθητές και εκπαιδευτικοί δουν πόσο μικρές είναι οι πιθανότητες επιτυχίας, μπορούν εύκολα να αντιληφθούν ότι η αγορά λαχείων ή η συμμετοχή σε τυχερά παιχνίδια είναι οικονομικά ασύμφορη. Συζητώντας το κόστος ενός δελτίου και το πόσα δελτία θα χρειαστούν, οι μαθητές μπορούν να υπολογίσουν το αναμενόμενο κόστος και να αναπτύξουν κριτική σκέψη γύρω από τον τζόγο.

Η εφαρμογή, λοιπόν, λειτουργεί ως γέφυρα ανάμεσα στη μαθηματική θεωρία και την καθημερινή εμπειρία. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να την εντάξουν σε μαθήματα μαθηματικών, οικονομίας ή κοινωνικής αγωγής, προσφέροντας ένα διαδραστικό εργαλείο που ενισχύει την κατανόηση και ταυτόχρονα καλλιεργεί υγιείς στάσεις απέναντι στον τζόγο.



**Εικόνα 29: Εφαρμογή προσομοίωσης ζαριών**

Στη συνέχεια οι μαθητές τραβούν μία μπάλα από καθένα από τα κουτιά της κατασκευής. Οι πιθανότητα να τραβήξουν 9 κόκκινες μπάλες είναι ίδια με την πιθανότητα να φέρουν 6 και τα 9 ζάρια της εφαρμογής.

**Συμπέρασμα:** Κερδισμένος είναι αυτός που δεν παίζει.

## Παράδειγμα 2<sup>ο</sup>

**Ποιος είναι ο συντομότερος, σε χρόνο, δρόμος ανάμεσα σε δύο σημεία που βρίσκονται σε διαφορετικά υλικά;**

### Περιγραφή εργασίας - Το πρόβλημα

Συνηθίζουμε να λέμε ότι ο συντομότερος δρόμος είναι η ευθεία. Τι συμβαίνει όμως αν τρέχουμε γρηγορότερα στο ένα υλικό και πιο αργά στο άλλο;

Ένας διασώστης βρίσκεται στη μία όχθη ποταμού και πρέπει να σώσει έναν τραυματισμένο άνθρωπο που βρίσκεται στην άλλη όχθη. Ποια διαδρομή θα ακολουθήσει για να φτάσει όσο το δυνατόν πιο γρήγορα, αν γνωρίζουμε την ταχύτητά του στο



**Εικόνα 30:** Ποια διαδρομή θα ακολουθήσει ο άνθρωπος;



χορτάρι, το νερό και το λασπωμένο έδαφος;

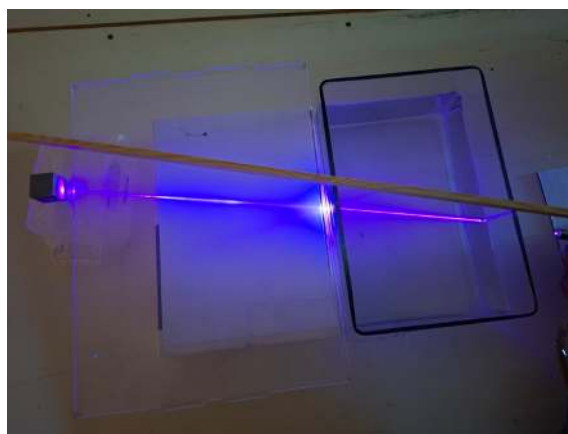
**Εικόνα 31:** Ποια διαδρομή θα ακολουθήσει ο διασώστης;

### Υλικά για το πείραμα:

Η/Υ, tablet ή κινητό τηλέφωνο  
Φύλλο πλεξιγκλάς  
Δοχείο με νερό  
Δείκτης laser σε βάση στήριξης από χαρτόνι

### Κατασκευή

Τοποθετούνται διαδοχικά ένα δοχείο με νερό και ένα φύλλο πλεξιγκλάς. Ο αέρας, με δείκτη διάθλασης 1, αναπαριστά το έδαφος με χορτάρι. Το νερό, με δείκτη διάθλασης 1,33 αναπαριστά το ποτάμι, και το πλεξιγκλάς με δείκτη διάθλασης 1,49



**Εικόνα 32:** Ακτίνα laser διέρχεται μέσα από αέρα, νερό και πλεξιγκλάς και καταλήγει σε πλαστικό κύβο. Η ξύλινη ράβδος δείχνει την ευθεία διαδρομή.

αναπαριστά το λασπωμένο έδαφος. Ο δείκτης laser (διασώστης) πρέπει να τοποθετηθεί σε τέτοια θέση ώστε το φως του να φτάσει στον τραυματία.

### **Το πείραμα:**

Η επίλυση του προβλήματος θα πραγματοποιηθεί μέσω του φαινομένου της διάθλασης, καθώς το φως ακολουθεί πάντα τον συντομότερο σε χρόνο δρόμο (αρχή του Fermat).

Δημιουργήσαμε εφαρμογές που αναπαριστούν το φαινόμενο της διάθλασης καθώς αποτελούν εξαιρετικά εργαλεία για τους εκπαιδευτικούς που θέλουν να βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν το φαινόμενο της διάθλασης με έναν διαδραστικό και οπτικά ελκυστικό τρόπο.

Τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής για τους εκπαιδευτικούς είναι:

- **Διαδραστική μάθηση:** Οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να αλλάζουν τις παραμέτρους της διάθλασης (όπως οι θέσεις και οι ταχύτητες του φωτός στα δύο υλικά) και να βλέπουν άμεσα τις επιπτώσεις στην πορεία της φωτεινής ακτίνας. Η δυνατότητα αυτή ενθαρρύνει την ενεργό συμμετοχή και την πειραματική προσέγγιση.
- **Οπτικοποίηση της θεωρίας:** Η εφαρμογή δείχνει γραφικά τη βέλτιστη διαδρομή της ακτίνας σύμφωνα με τον νόμο του Snell, βοηθώντας τους μαθητές να συνδέσουν τη θεωρία με την πράξη. Βλέπουν πώς η αλλαγή της θέσης του ενδιαμέσου σημείου επηρεάζει τον συνολικό χρόνο διάδοσης του φωτός.
- **Προσαρμογή σε διάφορα επίπεδα μάθησης:** Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να προσαρμόσουν τη χρήση της εφαρμογής ανάλογα με το επίπεδο των μαθητών τους, από πιο απλές δραστηριότητες (π.χ. πορεία φωτεινής δέσμης) μέχρι πιο προχωρημένες αναλύσεις (π.χ. νόμος Snell, αρχή Fermat).

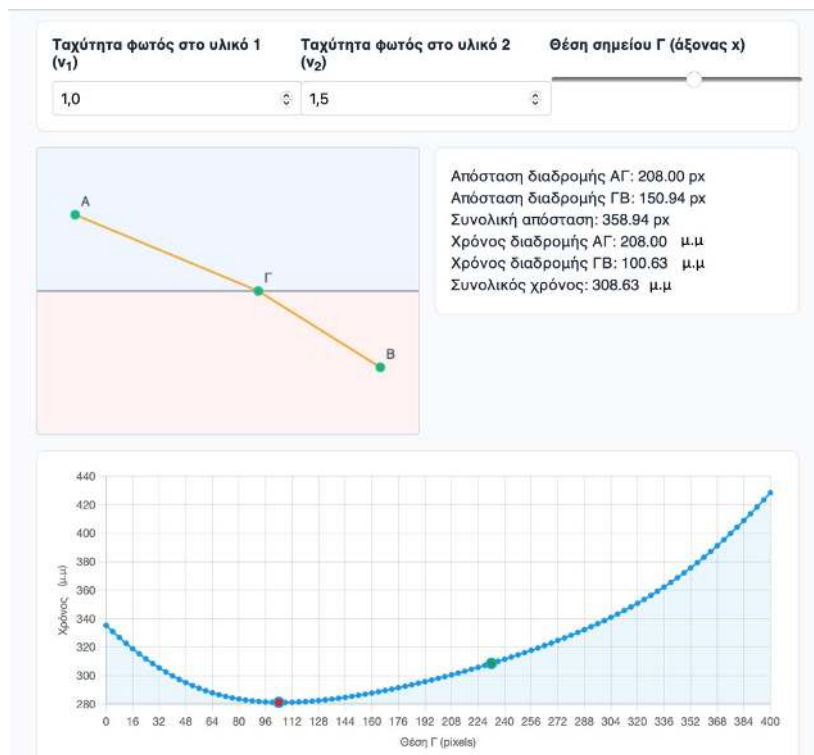
Η εφαρμογή μπορεί να αποτελέσει για τους εκπαιδευτικούς ένα ευέλικτο και ουσιαστικό εργαλείο για την ενίσχυση της κατανόησης της διάθλασης, καθιστώντας τη μάθηση ζωντανή και αποδοτική, συνδέοντας την με παραδείγματα της καθημερινής ζωής, όπως:

**1. Διασύνδεση με καθημερινά παραδείγματα:** Οι μαθητές μπορούν να καταλάβουν γιατί ένα καλαμάκι φαίνεται «σπασμένο» όταν βρίσκεται μέσα σε ένα ποτήρι με νερό ή γιατί τα ψάρια στη θάλασσα φαίνονται πιο ψηλά και πιο μεγάλα, όταν τα κοιτάζουμε ενώ είμαστε έξω από το νερό. Η διαδραστική προσομοίωση τους επιτρέπει να πειραματιστούν και να δουν πώς αλλάζει η γωνία του φωτός όταν περνά από τον αέρα στο νερό.

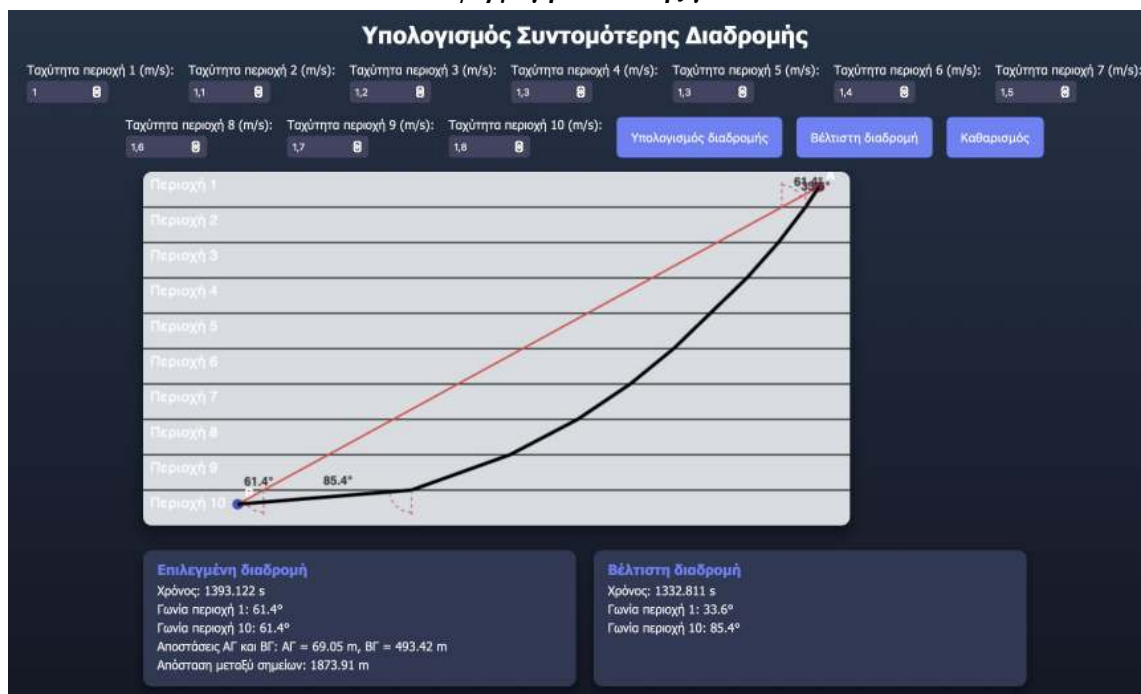
**2. Κατανόηση φαινομένων στην καθημερινή ζωή:** Άλλο παράδειγμα είναι το ουράνιο τόξο, το οποίο δημιουργείται από τη διάθλαση του φωτός στα σταγονίδια της βροχής. Οι μαθητές μπορούν να συνδέσουν τη θεωρία της διάθλασης με αυτά τα γνώριμα φαινόμενα, κάνοντας τη μάθηση πιο ζωντανή και ουσιαστική.

**3. Εφαρμογή της γνώσης σε πραγματικά προβλήματα:** Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν την εφαρμογή για να δείξουν πώς η διάθλαση έχει πρακτικές εφαρμογές, όπως στον σχεδιασμό φακών ή στην οπτική του γυαλιού. Έτσι, οι μαθητές αντιλαμβάνονται τη σημασία της φυσικής στη σύγχρονη τεχνολογία.





Εικόνα 33: Εφαρμογή διάθλασης για δύο υλικά



Εικόνα 34: Εφαρμογή διάθλασης για 10 υλικά

Παράλληλα με την εφαρμογή, οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να πειραματιστούν με την κατασκευή από απλά υλικά και να επιβεβαιώσουν την «αλήθεια» της εφαρμογής.

Με το laser να ξεκινά από τη θέση του διασώστη, οι μαθητές πρέπει να το στρέψουν κατάλληλα, ώστε το φως να φτάσει στον τραυματισμένο άνθρωπο περνώντας από τον αέρα στο νερό και μετά στο πλεξιγλάς. Ταυτόχρονα παρατηρούν την πορεία της φωτεινής δέσμης.

**Συμπέρασμα:** Οι μαθητές βλέπουν ότι η διάθλαση δεν είναι απλά μια αφηρημένη έννοια, αλλά ένα φαινόμενο που επηρεάζει τον κόσμο μας και μας βοηθά να κατανοήσουμε καλύτερα τα φυσικά φαινόμενα που συναντούμε.

Από την αρχή του Fermat εξηγείται θεμελιωδώς ότι το φως επιλέγει τη διαδρομή που ελαχιστοποιεί τον συνολικό χρόνο ταξιδιού. Από αυτήν την αρχή προκύπτει ο νόμος της διάθλασης, που καθορίζει πώς αλλάζει η πορεία του φωτός στα όρια δύο μέσων. Η εφαρμογή βοηθά τους μαθητές να δουν στην πράξη πώς η επιλογή της κατάλληλης θέσης του σημείου πρόσπτωσης στη διαχωριστική επιφάνεια οδηγεί στη συντομότερη διαδρομή, κάνοντας την αρχή του Fermat πιο προσιτή και κατανοητή.

## **Τα βασικά βήματα δημιουργίας εφαρμογής με Α.Ι.**

Η διαδικασία την οποία εφαρμόσαμε για τη δημιουργία μιας εφαρμογής με Α.Ι., για την επίλυση ενός συγκεκριμένου προβλήματος, είναι η παρακάτω.

- Αφού πληρώσαμε συνδρομή, επικοινωνήσαμε προφορικά με την Α.Ι., καθώς ήταν το πιο εύκολο για εμάς.
- Περιγράψαμε με ακρίβεια και σαφήνεια την εφαρμογή, όπως την είχαμε φανταστεί και σχεδιάσει.
- Η Α.Ι. δημιούργησε κώδικα.
- Ζητήσαμε την καθοδήγησή της για τη διαχείριση των αρχείων έτσι ώστε να εκτελούνται σε φυλλομετρητή (browser).
- Τρέξαμε την εφαρμογή και με τη βοήθεια της Α.Ι. βελτιώσαμε τη λειτουργία και την αισθητική της.
- Να σημειώσουμε ότι η διαδικασία δεν απαιτεί τη γνώση προγραμματισμού σε κανένα σημείο της!

## **Βιβλιογραφία**

1. Ι. Μπουρούτης, “ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ, Βιβλίο δεύτερο – Οπτική – Ηλεκτρισμός”, ΟΕΔΒ, Αθήνα, 1993
2. Hugh D. Young, “ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ Φυσική, ΤΟΜΟΣ Β’”, ΠΑΠΑΖΗΣΗΣ 1994
3. P. G. Hewitt, “Οι έννοιες της Φυσικής”, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ, Ηράκλειο, 2018
4. Pael Hoel-Sidney Port-Charles Stone, “Εισαγωγή στη θεωρία πιθανοτήτων”, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ, Ηράκλειο, 2023
5. Θεόδωρος Ν. Καζατζής, “Πιθανότητες Α”, Εκδόσεις Μαθηματική βιβλιοθήκη, Θεσσαλονίκη 1995

\*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στους συγγραφείς.

## Μια Τρισδιάστατη Ματιά στις Ομάδες Αίματος

*Μουρίκη Μαριλένα, βιολόγος, 57<sup>ο</sup> Γενικό Λύκειο Αθήνας, [marilenamouriki\[a\]gmail.com](mailto:marilenamouriki[a]gmail.com)  
Γκουντρομίχος Κωνσταντίνος, χημικός, 2<sup>ο</sup> Γενικό Λύκειο Καισαριανής, [kgudro\[a\]gmail.com](mailto:kgudro[a]gmail.com)  
Λάζος Παναγιώτης, φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Ηλιούπολης, [taklazos\[a\]gmail.com](mailto:taklazos[a]gmail.com)*

### Περίληψη

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει ένα χρήσιμο εργαλείο για τον εκπαιδευτικό που μπορεί να χρησιμοποιήσει τις νέες τεχνολογίες, δηλαδή τον 3D printer, για την εύκολη και διασκεδαστική κατανόηση, από τους μαθητές, των ομάδων αίματος κατά τη διδασκαλία.

### Abstract

This paper presents a practical and effective educational tool designed to assist teachers, who can use new technologies, namely the 3D printer, in facilitating a clearer and more engaging understanding of blood group systems among students during instruction.

### Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

Οι ομάδες αίματος καθορίζονται από την παρουσία ή απουσία ειδικών αντιγόνων στην επιφάνεια των ερυθρών αιμοσφαιρίων. Δηλαδή οι ομάδες αίματος είναι συστήματα αντιγόνων. Το γνωστότερο από αυτά τα συστήματα είναι το σύστημα ABO.

Το σύστημα ABO έχει δυο αντιγόνα το A και το B και με βάση τα αντιγόνα αυτά έχουν προσδιοριστεί 4 ομάδες αίματος.

Το σύστημα ABO εκτός από τα αντιγόνα έχει και δυο αντισώματα, το αντίσωμα αντί-A και το αντίσωμα αντί-B που βρίσκονται στο πλάσμα του αίματος. Τα αντισώματα αυτά συνδέονται με το αντίστοιχο αντίγονο, δηλαδή το αντίσωμα αντί-A συνδέεται με το αντιγόνο A και το αντίσωμα αντί-B συνδέεται με το αντιγόνο B. Για αυτό το λόγο κάθε ομάδα αίματος έχει αντίθετα αντιγόνα και αντισώματα.

Δηλαδή η ομάδα αίματος A έχει στην επιφάνεια των ερυθροκυττάρων της το αντιγόνο A και στο πλάσμα του αίματος το αντίσωμα αντί-B, η ομάδα αίματος B έχει το αντιγόνο B στην επιφάνεια των ερυθροκυττάρων και το αντίσωμα αντί-A στο πλάσμα, η ομάδα αίματος AB έχει και τα δυο αντιγόνα στην επιφάνεια των ερυθροκυττάρων και κανένα αντίσωμα στο πλάσμα, ενώ η ομάδα αίματος O δεν έχει κανένα αντιγόνο στην επιφάνεια των ερυθροκυττάρων και έχει και τα δύο αντισώματα στο πλάσμα.

Το αντίσωμα έχει δύο θέσεις πρόσδεσης (*χεράκια*) για να συνδεθεί με αντιγόνα. Αυτό σημαίνει ότι μόνο ένα αντίσωμα μπορεί να ενώσει δύο ερυθροκύτταρα μαζί. Όταν έχουμε πολλά αντισώματα και ερυθρά αιμοσφαίρια με το αντίστοιχο αντιγόνο τότε θα δημιουργηθεί συγκόλληση των ερυθρών αιμοσφαιρίων. Στην περίπτωση της συγκόλλησης η κυκλοφορία του αίματος σταματά και ακολουθεί αιμόλυση, που συνεπάγεται το θάνατο του ατόμου. Μια τέτοια συγκόλληση μπορεί να γίνει σε μια λάθος μετάγγιση.

## Περιγραφή εργασίας

### Κατασκευή

Έχει σχεδιαστεί στο Tinkercad και εκτυπωθεί ένας αριθμός συλλογών από ερυθρά αιμοσφαίρια, αντιγόνα και αντισώματα. Τα ερυθρά αιμοσφαίρια έχουν σχεδιαστεί σε δύο τμήματα, τα οποία ενώνονται με άξονα. Το πάνω μέρος των αιμοσφαιρίων έχει τέσσερις υποδοχές για αντιγόνα (εικόνες 1 και 2).

Τα αντιγόνα είναι κυλινδρικού σχήματος και διαθέτουν υποδοχές τριγωνικής ή τετραγωνικής διατομής (εικόνα 3). Αντίστοιχα, τα αντισώματα σχήματος Y διαθέτουν δύο αρσενικές υποδοχές τριγωνικής ή τετραγωνικής διατομής (εικόνα 4). Οι διαστάσεις των υποδοχών είναι τέτοιες ώστε να είναι δυνατή η σύνδεση μόνο ανάμεσα σε διατομές ίδιου σχήματος. Τα αντιγόνα μπορούν να συνδέονται και να αποσυνδέονται εύκολα από τα ερυθρά αιμοσφαίρια ώστε να οι μαθητές να συνθέτουν όποια ομάδα αίματος επιθυμούν.



*Εικόνα 1: Το πάνω και το κάτω μέρος ενός ερυθρού αιμοσφαιρίου και ο άξονας που τα συνδέει.*



*Εικόνα 2: Οι οπές που διαθέτουν τα δύο μέρη ενός ερυθρού αιμοσφαιρίου για να συνδέονται μέσω άξονα.*



*Εικόνα 3. Τα κυλινδρικά αντιγόνα με τις κατάλληλες υποδοχές, τα οποία τοποθετούνται στις ειδικές υποδοχές των ερυθρών αιμοσφαιρίων*



*Εικόνα 4. Τα αντισώματα με τις ειδικές υποδοχές για να συνδέονται με τα αντίστοιχα αντιγόνα.*

## Χρήση

Καθώς οι ομάδες αίματος είναι ένα θέμα πολύ οικείο στους μαθητές αλλά και αρκετά δυσνόητο, πιστεύουμε πως η παρουσίαση και η μελέτη του τρόπου με τον οποίο γίνεται η συγκόλληση μπορεί να αποτελέσει μια χρήσιμη γνώση για τους μαθητές αλλά και το έναυσμα μίας ευρύτερης συζήτησης στη σχολική τάξη γενικότερα για τη λειτουργία των αντιγόνων και των αντισωμάτων στους οργανισμούς.

Ο εκπαιδευτικός μπορεί να επιλέξει την εκτύπωση των τμημάτων από τον ίδιο και την παρουσίασή τους και συναρμολόγησή τους από τους μαθητές με τα αντίστοιχα φύλλα εργασίας, που επισυνάπτονται. Σε ένα δεύτερο στάδιο, οι μαθητές (στις τάξεις της Β λυκείου) μπορούν να σχεδιάσουν τα δικά τους πρωτότυπα κύτταρα-αντιγόνα (ιούς-αντισώματα), να προβλέψουν τον τρόπο δράσης τους (μόλυνση - άμυνα) σε κάθε περίπτωση και, αφού τα εκτυπώσουν, να παρουσιάσουν στην πράξη τις προβλέψεις τους. Ταυτόχρονα, θα απολαύσουν την ομορφιά και τη γοητεία του κόσμου των κυττάρων.

Τα εκτυπωμένα μοντέλα φαίνονται στις εικόνες 5-7.



*Εικόνα 5: Το ερυθρό αιμοσφαίριο.*



*Εικόνα 6: Ερυθρά αιμοσφαίρια με αντιγόνα.*



*Εικόνα 7: Αντισώματα.*



*Εικόνα 8: Συγκόλληση ερυθρών αιμοσφαιρίων.*

## Συμπεράσματα

Η αξιοποίηση του 3D printer στην εκπαιδευτική διαδικασία αποδεικνύεται ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο για τη διδασκαλία των ομάδων αίματος. Μέσα από την οπτικοποίηση και τη χειροπιαστή αλληλεπίδραση με τα μοντέλα, οι μαθητές κατανοούν καλύτερα τις σχέσεις αντιγόνων – αντισωμάτων και τους κινδύνους που απορρέουν από μια λανθασμένη μετάγγιση. Η προσέγγιση αυτή ενισχύει τη μαθησιακή διαδικασία καθιστώντας την πιο ελκυστική και βιωματική, ενώ παράλληλα καλλιεργεί τη δημιουργικότητα και την κριτική σκέψη των μαθητών μέσω της δυνατότητας σχεδιασμού και παραγωγής νέων μοντέλων. Συνολικά, η ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών, όπως η τρισδιάστατη εκτύπωση, συμβάλλει ουσιαστικά στην αναβάθμιση της διδασκαλίας της Βιολογίας και μπορεί να αποτελέσει αφετηρία για εφαρμογές και σε άλλα γνωστικά αντικείμενα

## Βιβλιογραφία

1. Berne, R., Levy, M.: *‘Αρχές Φυσιολογίας’* (Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 2003)
2. Goldsby, R., Kindt, T., Osborne, B., Kubly, J.: *‘Ανοσολογία’* (Ιατρικές Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης, 2007)
3. Καστόρινης, Α., Κωστάκη – Αποστολοπούλου, Μ., Μπαρόνα-Μάμαλη, Φ., Πετράκη Β., Πιαλόγλου, Π.: *‘Βιολογία, Α’ Γενικού Λυκείου’* (Διόφαντος, 2011)
4. Roitt, I., Brostoff, J., Male, D.: *‘Ανοσολογία’* (Παρισιάνου Α.Ε., 2004)
5. Vander, A., Sherman, J., Luciano, D., Τσακόπουλος, Μ.: *‘Φυσιολογία του ανθρώπου, Μηχανισμοί της Λειτουργίας του Οργανισμού’*, (Ιατρικές Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης, 2001)

## Ομάδες αίματος - Σύστημα ABO οδηγίες για τον εκπαιδευτικό

**Ομάδες αίματος – εργαστήριο με χρήση εκτυπωμένων σε 3d printer ερυθροκυττάρων, αντισωμάτων και αντιγόνων που καθορίζουν τις ομάδες αίματος.**

Οι ομάδες αίματος καθορίζονται από την παρουσία ή απουσία ειδικών **αντιγόνων** στην επιφάνεια των ερυθρών αιμοσφαιρίων.

### **Στόχοι:**

1. Να εξοικειωθούν οι μαθητές με το σύστημα ομάδων αίματος - Σύστημα ABO με τη χρήση κυτταρικών μοντέλων.
2. Η εξάλειψη των παρανοήσεων σχετικά με το ποιος μπορεί να δώσει αίμα και σε ποιον και για πιο λόγο.
3. Η κατανόηση του τρόπου επικοινωνίας σε κυτταρικό επίπεδο.
4. Η διαπίστωση των πολλαπλών χρήσεων των εκτυπωτών 3d σε σχολικές δραστηριότητες.
5. Η εκπάμηση σε επόμενο στάδιο της 3d σχεδίασης και εκτύπωσης.

**Διάρκεια:** 1 διδακτική ώρα



### Υλικά: (σετ για 4 ομάδες εργασίας - 20 τεμάχια σύνολο)

εκτυπωμένα σε 3d printer:

ερυθροκύτταρα (σε 3 τεμάχια που ενώνονται και με 4 υποδοχές) X 8

αντιγόνο Α (τριγωνικός υποδοχέας) X 4

αντιγόνο Β (τετράγωνος υποδοχέας) X 4

αντίσωμα αντι-Α X 2

αντίσωμα αντι-Β X 2

*Εικόνες (από τα εκτυπωμένα υλικά)*

|                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |  |
| ερυθροκύτταρα                                                                     | αντιγόνο Α<br>(τετράγωνο)                                                         | αντιγόνο Β<br>(τρίγωνο)                                                           | αντίσωμα αντι-Β<br>(τρίγωνο)                                                        | αντίσωμα αντι-Α<br>(τετράγωνο)                                                      |

### Πορεία:

#### Α) δημιουργία ομάδας

Δίνεται σε κάθε ομάδα (από τις 4 ομάδες) να φτιάξουν μια ομάδα αίματος (μία θα έχει να φτιάξει την Α, η δεύτερη την Β, η τρίτη την ΑΒ και η τέταρτη την 0) διαλέγοντας από το σετ με τα υλικά 2 ερυθροκύτταρα και τα κατάλληλα αντιγόνα (από κανένα μέχρι 2 από το αντιγόνο Α και από κανένα μέχρι 2 από το αντιγόνο Β) και αντίσωμα (από κανένα μέχρι 1 για το αντιγόνο αντι-Α ή για το αντιγόνο αντι-Β).

Έχοντας διαλέξει και οι 4 ομάδες θα πρέπει να έχουν εξαντληθεί τα υλικά του σετ.

Καλούν τον εκπαιδευτικό για να ελέγξει αν έχουν κάνει τη σωστή επιλογή.

Η ομάδα Α θα πρέπει να έχει επιλέξει:

2 ερυθροκύτταρα

2 αντιγόνα Α (από ένα τοποθετημένο σε έναν υποδοχέα σε κάθε κύτταρο της)

1 αντίσωμα αντι-Β (ελεύθερο)



Η ομάδα Β θα πρέπει να έχει επιλέξει:

2 ερυθροκύτταρα

2 αντιγόνα Β (από ένα τοποθετημένο σε έναν υποδοχέα σε κάθε κύτταρο της)

1 αντίσωμα αντι-Α (ελεύθερο)



Η ομάδα AB θα πρέπει να έχει επιλέξει:

2 ερυθροκύτταρα

2 αντιγόνα B (από ένα τοποθετημένο σε έναν υποδοχέα σε κάθε κύτταρο της)

2 αντιγόνα A (από ένα τοποθετημένο στον δεύτερο υποδοχέα σε κάθε κύτταρο της)

0 αντίσωμα



Η ομάδα 0 θα πρέπει να έχει επιλέξει:

2 ερυθροκύτταρα

0 αντιγόνα

1 αντίσωμα αντι-A (ελεύθερο)

1 αντίσωμα αντι-B (ελεύθερο)



Όταν είναι έτοιμοι οι μαθητές ελέγχετε την ορθότητα των επιλογών τους. (αν έχουν γίνει σωστά θα πρέπει να έχουν εξαντληθεί και τα υλικά)

## **B) 1η μετάγγιση αίματος.**

Ζητάτε από τους μαθητές να βρουν την ομάδα που τους έχει ανατεθεί να δώσουν ή να πάρουν αίμα και να πάρουν ή να δώσουν τα ερυθροκύτταρα τους. (σε αυτό το σημείο οι ομάδες δουλεύουν ανά 2)

Επιμένετε οι ομάδες που δέχονται αίμα να πάρουν μόνο τα ερυθροκύτταρα του δότη (όπως τους επισημαίνεται και στο φύλλο εργασίας τους)

### **στο ζευγάρι ομάδα αίματος A /ομάδα αίματος B**

#### **δέκτης A /δότης B:**

η ομάδα A

θα πρέπει να δείξει την συγκόλληση ενώνοντας

ερυθροκύτταρο με αντιγόνο B (που πήρε από την ομάδα B) -αντίσωμα αντι-B (που είχε) -

ερυθροκύτταρο με αντιγόνο B (που πήρε από την ομάδα B)

απαντά ότι γίνεται συγκόλληση



μετάγγιση μη επιτρεπτή

στην αντίστροφη μετάγγιση, **δέκτης B /δότης A:**

η ομάδα B

θα πρέπει να δείξει την συγκόλληση ενώνοντας

ερυθροκύτταρο με αντιγόνο A (που πήρε από την ομάδα A) -αντίσωμα αντι-A (που είχε) -

ερυθροκύτταρο με αντιγόνο A (που πήρε από την ομάδα A)

απαντά ότι γίνεται συγκόλληση



μετάγγιση μη επιτρεπτή

**στο ζευγάρι ομάδα αίματος AB /ομάδα αίματος 0**

**δέκτης AB /δότης 0**

η ομάδα AB θα πρέπει να δείξει ότι δεν γίνεται συγκόλληση

μετάγγιση επιτρεπτή

στην αντίστροφη μετάγγιση, **δέκτης 0 /δότης AB**

η ομάδα 0

θα πρέπει να δείξει την συγκόλληση ενώνοντας

ερυθροκύτταρο με αντιγόνο A (που πήρε από την ομάδα AB) -αντίσωμα αντι-A (που είχε) -

ερυθροκύτταρο με αντιγόνο A (που πήρε από την ομάδα AB)

ή και

ερυθροκύτταρο με αντιγόνο B (που πήρε από την ομάδα AB) -αντίσωμα αντι-B (που είχε) -

ερυθροκύτταρο με αντιγόνο B (που πήρε από την ομάδα AB)

απαντά ότι γίνεται συγκόλληση

μετάγγιση μη επιτρεπτή

Στον παρακάτω πίνακα που θα συμπληρώσουν οι ομάδες θα πρέπει να είναι:.

| Δότης<br>\<br>Δέκτης | A | B   | AB | O |
|----------------------|---|-----|----|---|
| A                    |   | όχι |    |   |

|    |     |  |     |     |
|----|-----|--|-----|-----|
| B  | όχι |  |     |     |
| AB |     |  |     | ναι |
| O  |     |  | όχι |     |

### Γ) 2η μετάγγιση αίματος.

Ζητάτε από τους μαθητές να βρουν την 2η ομάδα που τους έχει ανατεθεί να δώσουν ή να πάρουν αίμα και να πάρουν ή να δώσουν τα ερυθροκύτταρα τους. (και σε αυτό το σημείο οι ομάδες δουλεύουν ανά 2)

Επιμένετε οι ομάδες που δέχονται αίμα να πάρουν μόνο τα ερυθροκύτταρα του δότη (όπως τους επισημαίνεται και στο φύλλο εργασίας τους)

#### στο ζευγάρι δέκτης A /δότης 0

η ομάδα A  
θα πρέπει να δείξει ότι δεν γίνεται συγκόλληση  
μετάγγιση επιτρεπτή

στην αντίστροφη μετάγγιση:

η ομάδα 0

θα πρέπει να δείξει την συγκόλληση ενώνοντας

ερυθροκύτταρο με αντιγόνο A (που πήρε από την ομάδα A) -αντίσωμα αντι-A (που είχε) -

ερυθροκύτταρο με αντιγόνο A (που πήρε από την ομάδα A)

απαντά ότι γίνεται συγκόλληση

μετάγγιση μη επιτρεπτή

#### στο ζευγάρι δέκτης B /δότης AB

η ομάδα B θα πρέπει να δείξει την συγκόλληση ενώνοντας

ερυθροκύτταρο με αντιγόνο A (που πήρε από την ομάδα AB) -αντίσωμα αντι-A (που είχε) -

ερυθροκύτταρο με αντιγόνο A (που πήρε από την ομάδα AB)

απαντά ότι γίνεται συγκόλληση

μετάγγιση μη επιτρεπτή

στην αντίστροφη μετάγγιση:

η ομάδα AB

θα πρέπει να δείξει ότι δεν γίνεται συγκόλληση

μετάγγιση επιτρεπτή

Στον παρακάτω πίνακα που θα συμπληρώσουν οι ομάδες θα πρέπει να είναι:.

|                     |   |   |    |   |
|---------------------|---|---|----|---|
| Δότης<br>\<br>Δέκτη | A | B | AB | O |
|---------------------|---|---|----|---|

|    |     |     |     |     |
|----|-----|-----|-----|-----|
| ς  |     |     |     |     |
| A  |     |     |     | ναι |
| B  |     |     | όχι |     |
| AB |     | ναι |     |     |
| O  | όχι |     |     |     |

### Κλείσιμο

- 1.μετά από 2 γύρους μεταγγίσεων μπορεί ο εκπαιδευτικός να το κλείσει σε αυτό το σημείο χωρίς να έχει ολοκληρώσει όλους τους πιθανούς συνδυασμούς.
- 2.θα μπορούσε να ζητήσει από τους μαθητές να συμπληρώσουν πλέον τον πίνακα κατ' εκτίμηση
- 3.αν έχει περισσότερο χρόνο στη διάθεσή του μπορεί να τον συμπληρώσει με άλλους 2 γύρους μεταγγίσεων
- 4.επίσης επειδή τα τμήματα είναι πολλές φορές πολυάριθμα θα μπορούσε να γίνουν με 2 σετ υλικών 8 οι ομάδες οπότε και να γίνουν όλοι οι συνδυασμοί στην τάξη.

Συμπληρωμένος πίνακας όλων των συνδυασμών μεταγγίσεων:

| Δότης<br>\<br>Δέκτη<br>ς | A   | B   | AB  | O   |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|
| A                        | ναι | όχι | όχι | ναι |
| B                        | όχι | ναι | όχι | ναι |
| AB                       | ναι | ναι | ναι | ναι |
| O                        | όχι | όχι | όχι | ναι |

### Ομάδες αίματος – φύλλο εργασίας (ομάδα Α)

Ονοματεπώνυμο:.....  
.....

**Πορεία:**

**A) δημιουργία ομάδας**

Στην ομάδα σας ζητείται να φτιάξετε την ομάδα Α.

Βλέπετε στις παρακάτω εικόνες τα υλικά από τα οποία θα πρέπει να διαλέξετε:

|                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |  |
| ερυθροκύτταρα                                                                     | αντιγόνο A<br>(τετράγωνο)                                                         | αντιγόνο B<br>(τρίγωνο)                                                           | αντίσωμα αντι-B<br>(τρίγωνο)                                                       | αντίσωμα αντι-A<br>(τετράγωνο)                                                      |

Θα πρέπει να πάρετε

1. 2 ερυθροκύτταρα

2. για την ομάδα σας στην επιφάνεια καθενός από τα 2 ερυθροκύτταρά σας θα πρέπει να υπάρχουν

α) κανένα αντιγόνο A ή B    β) 1 αντιγόνο A    γ) 1 αντιγόνο B    δ) από 1 αντιγόνο A και 1 B

επιλέγετε το σωστό από τα παραπάνω και τα παίρνετε από το σετ υλικών.

3. για την ομάδα σας ελεύθερα στο αίμα θα κυκλοφορούν

α) κανένα αντίσωμα αντι-A ή αντι-B    β) 1 αντίσωμα αντι-A

γ) 1 αντίσωμα αντι-B    δ) από 1 αντίσωμα αντι-A και αντίσωμα αντι-B

Επιλέγετε το σωστό από τα παραπάνω και τα παίρνετε από το σετ υλικών.

Προσπαθήστε να τοποθετήσετε τα αντισώματα που πήρατε (από 0 ως 4 αναλόγως την ομάδα σας) στους κατάλληλους υποδοχείς μοιρασμένα στα 2 ερυθροκύτταρά σας.

Όταν είστε έτοιμοι καλείτε τον εκπαιδευτικό για να επιβεβαιώσει την ομάδα σας.

### **B) 1η μετάγγιση αίματος.**

Στην ομάδα σας ζητείται να πάρετε αίμα (είστε δέκτης) από την ομάδα αίματος B (βρείτε την ομάδα εργασίας που έχει το αίμα B και ζητήστε της τα ερυθροκύτταρά της (ΔΕΝ παίρνετε τα αντισώματα αυτής της ομάδας γιατί σε πραγματικές συνθήκες αυτά είναι πολύ λίγα και δεν επηρεάζουν).

Εξετάστε αν γίνεται συγκόλληση. α) ναι β) όχι

Όταν είστε έτοιμοι καλείτε τον εκπαιδευτικό για να επιβεβαιώσει την ομάδα σας.

Ποιο είναι το συμπέρασμα που εξαγάγετε; Είναι επιτρεπτή αυτή η μετάγγιση; α) ναι β) όχι

Στη συνέχεια επιστρέφετε τα υλικά που πήρατε πίσω και δίνεται εσείς τα ερυθροκύτταρά σας για να εξετάσει η άλλη ομάδα αν γίνεται η αντίστροφη μετάγγιση.

### **Γ) 2η μετάγγιση αίματος.**

Στην ομάδα σας ζητείται να πάρετε αίμα (είστε δέκτης) από την ομάδα αίματος 0 (βρείτε την ομάδα εργασίας που έχει το αίμα 0 και ζητήστε της τα ερυθροκύτταρά της (ΔΕΝ παίρνετε τα αντισώματα αυτής της ομάδας γιατί σε πραγματικές συνθήκες αυτά είναι πολύ λίγα και δεν επηρεάζουν).

Εξετάστε αν γίνεται συγκόλληση. α) ναι β) όχι

Όταν είστε έτοιμοι καλείτε τον εκπαιδευτικό για να επιβεβαιώσει την ομάδα σας.

Ποιο είναι το συμπέρασμα που εξαγάγετε; Είναι επιτρεπτή αυτή η μετάγγιση; α) ναι β) όχι



Στη συνέχεια επιστρέφετε τα υλικά που πήρατε πίσω και δίνεται εσείς τα ερυθροκύτταρά σας για να εξετάσει η άλλη ομάδα αν γίνεται η αντίστροφη μετάγγιση.

#### Δ) πίνακας μεταγγίσεων.

Να περάσετε τα αποτελέσματά σας στον παρακάτω πίνακα

| Δότης<br>\<br>Δέκτης | A | B | AB | O |
|----------------------|---|---|----|---|
| A                    |   |   |    |   |
| B                    |   |   |    |   |
| AB                   |   |   |    |   |
| O                    |   |   |    |   |

Θα μπορούσατε να κάνετε μια εκτίμηση για τις υπόλοιπες μεταγγίσεις ομάδων αίματος;

### Ομάδες αίματος – φύλλο εργασίας (ομάδα B)

Ονοματεπώνυμο:.....  
.....

#### Πορεία:

##### A) δημιουργία ομάδας

Στην ομάδα σας ζητείται να φτιάξετε την ομάδα B.

Βλέπετε στις παρακάτω εικόνες τα υλικά από τα οποία θα πρέπει να διαλέξετε:

|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |  |
| ερυθροκύτταρα                                                                       | αντιγόνο A<br>(τετράγωνο)                                                           | αντιγόνο B<br>(τρίγωνο)                                                             | αντίσωμα αντι-B<br>(τρίγωνο)                                                          | αντίσωμα αντι-A<br>(τετράγωνο)                                                        |

Θα πρέπει να πάρετε

- 2 ερυθροκύτταρα
- για την ομάδα σας στην επιφάνεια καθενός από τα 2 ερυθροκύτταρά σας θα πρέπει να υπάρχουν

α) κανένα αντιγόνο Α ή Β    β) 1 αντιγόνο Α    γ) 1 αντιγόνο Β    δ) από 1 αντιγόνο Α και 1 Β

Επιλέγετε το σωστό από τα παραπάνω και τα παίρνετε από το σετ υλικών.

3. για την ομάδα σας ελεύθερα στο αίμα θα κυκλοφορούν

α) κανένα αντίσωμα αντι-Α ή αντι-Β    β) 1 αντίσωμα αντι-Α

γ) 1 αντίσωμα αντι-Β    δ) από 1 αντίσωμα αντι-Α και αντίσωμα αντι-Β

Επιλέγετε το σωστό από τα παραπάνω και τα παίρνετε από το σετ υλικών.

Προσπαθήστε να τοποθετήσετε τα αντισώματα που πήρατε (από 0 ως 4 αναλόγως την ομάδα σας) στους κατάλληλους υποδοχείς μοιρασμένα στα 2 ερυθροκύτταρά σας.

Όταν είστε έτοιμοι καλείτε τον εκπαιδευτικό για να επιβεβαιώσει την ομάδα σας.

## **Β) 1η μετάγγιση αίματος.**

Στην ομάδα σας ζητείται να δώσετε αίμα (είστε δότης) στην ομάδα αίματος Α (βρείτε την ομάδα εργασίας που έχει το αίμα ομάδας Α και δώστε της τα ερυθροκύτταρά σας (ΔΕΝ δίνετε τα αντισώματα σας γιατί σε πραγματικές συνθήκες αυτά είναι πολύ λίγα και δεν επηρεάζουν).

Περιμένετε την ομάδα Α να εξετάσει αν γίνεται συγκόλληση.

Στη συνέχεια παίρνετε πίσω τα υλικά που είχατε δώσει και ζητάτε να σας δώσουν τα δικά τους ερυθροκύτταρα για να εξετάσετε εσείς με τη σειρά σας αν γίνεται αυτή η μετάγγιση.

Εξετάστε αν γίνεται συγκόλληση. α) ναι β) όχι

Όταν είστε έτοιμοι καλείτε τον εκπαιδευτικό για να επιβεβαιώσει την ομάδα σας.

Ποιο είναι το συμπέρασμα που εξάγετε; Είναι επιτρεπτή αυτή η μετάγγιση; α) ναι β) όχι

Στη συνέχεια επιστρέφετε τα υλικά που πήρατε πίσω

## **Γ) 2η μετάγγιση αίματος.**

Στην ομάδα σας ζητείται να πάρετε αίμα (είστε δέκτης) από την ομάδα αίματος ΑΒ (βρείτε την ομάδα εργασίας που έχει το αίμα ΑΒ και ζητήστε της τα ερυθροκύτταρά της (ΔΕΝ παίρνετε τα αντισώματα αυτής της ομάδας γιατί σε πραγματικές συνθήκες αυτά είναι πολύ λίγα και δεν επηρεάζουν).

Εξετάστε αν γίνεται συγκόλληση. α) ναι β) όχι

Όταν είστε έτοιμοι καλείτε τον εκπαιδευτικό για να επιβεβαιώσει την ομάδα σας.

Ποιο είναι το συμπέρασμα που εξάγετε; Είναι επιτρεπτή αυτή η μετάγγιση; α) ναι β) όχι

Στη συνέχεια επιστρέφετε τα υλικά που πήρατε πίσω και δίνεται εσείς τα ερυθροκύτταρά σας για να εξετάσει η άλλη ομάδα αν γίνεται η αντίστροφη μετάγγιση.

## **Δ) πίνακας μεταγγίσεων.**

Να περάσετε τα αποτελέσματά σας στον παρακάτω πίνακα

| Δότης<br>\<br>Δέκτης | Α | Β | ΑΒ | Ο |
|----------------------|---|---|----|---|
| ς                    |   |   |    |   |

|    |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|
| A  |  |  |  |  |
| B  |  |  |  |  |
| AB |  |  |  |  |
| O  |  |  |  |  |

Θα μπορούσατε να κάνετε μια εκτίμηση για τις υπόλοιπες μεταγίσεις ομάδων αίματος;

### Ομάδες αίματος – φύλλο εργασίας (ομάδα AB)

Ονοματεπώνυμο:.....  
.....

#### Πορεία:

##### A) δημιουργία ομάδας

Στην ομάδα σας ζητείται να φτιάξετε την ομάδα AB.

Βλέπετε στις παρακάτω εικόνες τα υλικά από τα οποία θα πρέπει να διαλέξετε:

|                                                                                    |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |  |
| ερυθροκύτταρα                                                                      | αντιγόνο A<br>(τετράγωνο)                                                          | αντιγόνο B<br>(τρίγωνο)                                                            | αντίσωμα αντι-B<br>(τρίγωνο)                                                        | αντίσωμα αντι-A<br>(τετράγωνο)                                                       |

Θα πρέπει να πάρετε

- 2 ερυθροκύτταρα
- Για την ομάδα σας στην επιφάνεια καθενός από τα 2 ερυθροκύτταρά σας θα πρέπει να υπάρχουν: α) κανένα αντιγόνο A ή B β) 1 αντιγόνο A γ) 1 αντιγόνο B δ) από 1 αντιγόνο A και 1 B

Επιλέγετε το σωστό από τα παραπάνω και τα παίρνετε από το σετ υλικών.

- Για την ομάδα σας ελεύθερα στο αίμα θα κυκλοφορούν:

α) κανένα αντίσωμα αντι-A ή αντι-B β) 1 αντίσωμα αντι-A

γ) 1 αντίσωμα αντι-B δ) από 1 αντίσωμα αντι-A και αντίσωμα αντι-B

Επιλέγετε το σωστό από τα παραπάνω και τα παίρνετε από το σετ υλικών.

Προσπαθήστε να τοποθετήσετε τα αντισώματα που πήρατε (από 0 ως 4 αναλόγως την ομάδα σας) στους κατάλληλους υποδοχείς μοιρασμένα στα 2 ερυθροκύτταρά σας.

Όταν είστε έτοιμοι καλείτε τον εκπαιδευτικό για να επιβεβαιώσει την ομάδα σας.

### **Β) 1η μετάγγιση αίματος.**

Στην ομάδα σας ζητείται να πάρετε αίμα (είστε δέκτης) από την ομάδα αίματος 0 (βρείτε την ομάδα εργασίας που έχει το αίμα ομάδας 0 και ζητήστε της τα ερυθροκύτταρά της (ΔΕΝ παίρνετε τα αντισώματα αυτής της ομάδας γιατί σε πραγματικές συνθήκες αυτά είναι πολύ λίγα και δεν επηρεάζουν).

Εξετάστε αν γίνεται συγκόλληση. α) ναι β) όχι

Όταν είστε έτοιμοι καλείτε τον εκπαιδευτικό για να επιβεβαιώσει την ομάδα σας.

Ποιο είναι το συμπέρασμα που εξάγετε; Είναι επιτρεπτή αυτή η μετάγγιση; α) ναι β) όχι

Στη συνέχεια επιστρέφετε τα υλικά που πήρατε πίσω και δίνεται εσείς τα ερυθροκύτταρά σας για να εξετάσει η άλλη ομάδα αν γίνεται η αντίστροφη μετάγγιση.

### **Γ) 2η μετάγγιση αίματος.**

Στην ομάδα σας ζητείται να δώσετε αίμα (είστε δότης) στην ομάδα αίματος Β (βρείτε την ομάδα εργασίας που έχει το αίμα ομάδας Β και δώστε της τα ερυθροκύτταρά σας (ΔΕΝ δίνετε τα αντισώματα σας γιατί σε πραγματικές συνθήκες αυτά είναι πολύ λίγα και δεν επηρεάζουν).

Περιμένετε την ομάδα Α να εξετάσει αν γίνεται συγκόλληση.

Στη συνέχεια παίρνετε πίσω τα υλικά που είχατε δώσει και ζητάτε να σας δώσουν τα δικά τους ερυθροκύτταρα για να εξετάσετε εσείς με τη σειρά σας αν γίνεται αυτή η μετάγγιση.

Εξετάστε αν γίνεται συγκόλληση. α) ναι β) όχι

Όταν είστε έτοιμοι καλείτε τον εκπαιδευτικό για να επιβεβαιώσει την ομάδα σας.

Ποιο είναι το συμπέρασμα που εξάγετε; Είναι επιτρεπτή αυτή η μετάγγιση; α) ναι β) όχι

Στη συνέχεια επιστρέφετε τα υλικά που πήρατε πίσω

### **Δ) πίνακας μεταγγίσεων.**

Να περάσετε τα αποτελέσματά σας στον παρακάτω πίνακα

| Δότης<br>\<br>Δέκτης | A | B | AB | O |
|----------------------|---|---|----|---|
| A                    |   |   |    |   |
| B                    |   |   |    |   |
| AB                   |   |   |    |   |
| O                    |   |   |    |   |

Θα μπορούσατε να κάνετε μια εκτίμηση για τις υπόλοιπες μεταγγίσεις ομάδων αίματος;

## Ομάδες αίματος – φύλλο εργασίας (ομάδα 0)

Ονοματεπώνυμο:.....  
.....

**Πορεία:**

### A) δημιουργία ομάδας

Στην ομάδα σας ζητείται να φτιάξετε την ομάδα 0.

Βλέπετε στις παρακάτω εικόνες τα υλικά από τα οποία θα πρέπει να διαλέξετε:

|                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |  |
| ερυθροκύτταρα                                                                     | αντιγόνο Α<br>(τετράγωνο)                                                         | αντιγόνο Β<br>(τρίγωνο)                                                           | αντίσωμα αντι-Β<br>(τρίγωνο)                                                        | αντίσωμα αντι-Α<br>(τετράγωνο)                                                      |

Θα πρέπει να πάρετε:

- 2 ερυθροκύτταρα
- Για την ομάδα σας στην επιφάνεια καθενός από τα 2 ερυθροκύτταρά σας θα πρέπει να υπάρχουν: α) κανένα αντιγόνο Α ή Β β) 1 αντιγόνο Α γ) 1 αντιγόνο Β δ) από 1 αντιγόνο Α και 1 Β

Επιλέγετε το σωστό από τα παραπάνω και τα παίρνετε από το σετ υλικών.

- Για την ομάδα σας ελεύθερα στο αίμα θα κυκλοφορούν  
α) κανένα αντίσωμα αντι-Α ή αντι-Β β) 1 αντίσωμα αντι-Α  
γ) 1 αντίσωμα αντι-Β δ) από 1 αντίσωμα αντι-Α και αντίσωμα αντι-Β

Επιλέγετε το σωστό από τα παραπάνω και τα παίρνετε από το σετ υλικών.

Προσπαθήστε να τοποθετήσετε τα αντισώματα που πήρατε (από 0 ως 4 αναλόγως την ομάδα σας) στους κατάλληλους υποδοχείς μοιρασμένα στα 2 ερυθροκύτταρά σας.

Όταν είστε έτοιμοι καλείτε τον εκπαιδευτικό για να επιβεβαιώσει την ομάδα σας.

### B) 1η μετάγγιση αίματος.

Στην ομάδα σας ζητείται να δώσετε αίμα (είστε δότης) στην ομάδα αίματος AB (βρείτε την ομάδα εργασίας που έχει το αίμα ομάδας AB και δώστε της τα ερυθροκύτταρά σας (ΔΕΝ δίνετε τα αντισώματα σας γιατί σε πραγματικές συνθήκες αυτά είναι πολύ λίγα και δεν επηρεάζουν).

Περιμένετε την ομάδα AB να εξετάσει αν γίνεται συγκόλληση.

Στη συνέχεια παίρνετε πίσω τα υλικά που είχατε δώσει και ζητάτε να σας δώσουν τα δικά τους ερυθροκύτταρα για να εξετάσετε εσείς με τη σειρά σας αν γίνεται αυτή η μετάγγιση.

Εξετάστε αν γίνεται συγκόλληση. α) ναι β) όχι

Όταν είστε έτοιμοι καλείτε τον εκπαιδευτικό για να επιβεβαιώσει την ομάδα σας.  
Ποιο είναι το συμπέρασμα που εξάγετε; Είναι επιτρεπτή αυτή η μετάγγιση; α) ναι β) όχι  
Στη συνέχεια επιστρέφετε τα υλικά που πήρατε πίσω

### Γ) 2η μετάγγιση αίματος.

Στην ομάδα σας ζητείται να δώσετε αίμα (είστε δότης) στην ομάδα αίματος Α (βρείτε την ομάδα εργασίας που έχει το αίμα ομάδας Α και δώστε της τα ερυθροκύτταρά σας (ΔΕΝ δίνετε τα αντισώματα σας γιατί σε πραγματικές συνθήκες αυτά είναι πολύ λίγα και δεν επηρεάζουν).

Περιμένετε την ομάδα Α να εξετάσει αν γίνεται συγκόλληση.

Στη συνέχεια παίρνετε πίσω τα υλικά που είχατε δώσει και ζητάτε να σας δώσουν τα δικά τους ερυθροκύτταρα για να εξετάσετε εσείς με τη σειρά σας αν γίνεται αυτή η μετάγγιση.

Εξετάστε αν γίνεται συγκόλληση. α) ναι β) όχι

Όταν είστε έτοιμοι καλείτε τον εκπαιδευτικό για να επιβεβαιώσει την ομάδα σας.

Ποιο είναι το συμπέρασμα που εξάγετε; Είναι επιτρεπτή αυτή η μετάγγιση; α) ναι β) όχι

Στη συνέχεια επιστρέφετε τα υλικά που πήρατε πίσω

### Δ) πίνακας μεταγγίσεων.

Να περάσετε τα αποτελέσματά σας στον παρακάτω πίνακα

| Δότης<br>\<br>Δέκτης | A | B | AB | O |
|----------------------|---|---|----|---|
| A                    |   |   |    |   |
| B                    |   |   |    |   |
| AB                   |   |   |    |   |
| O                    |   |   |    |   |

Θα μπορούσατε να κάνετε μια εκτίμηση για τις υπόλοιπες μεταγγίσεις ομάδων αίματος;

\*Το copyright των φωτογραφιών και των σχημάτων ανήκει στους συγγραφείς.



## **Ένα arduino, δύο κινητά τηλέφωνα, τα μυστικά τους, η ποδηλάτισσα και ο ποδηλάτης: συνομιλία με ένα chatbot**

*Ποτηριάδου Ευγενία, Φυσικός MSc, MEd, υποψήφια PhD, 2<sup>ο</sup> Γενικό Λύκειο Καματερού,  
[tabula.jenny\[a\]gmail.com](mailto:tabula.jenny[a]gmail.com)*

### **Περίληψη**

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο σχεδιασμός τεσσάρων πειραματικών διαδικασιών στο πεδίο της κυκλικής κίνησης στο πλαίσιο της μεθοδολογίας Inquiry Based Science Education (IBSE) των τριών σταδίων και με τη χρήση ενός chatbot ως συμπληρωματικού διδακτικού εργαλείου για την κατανόηση εννοιών, την επεξεργασία δεδομένων, τη διερεύνηση συμπερασμάτων και την υποστήριξη της εξατομικευμένης μάθησης μέσω της άμεσης ανατροφοδότησης. Οι συγκεκριμένες διδακτικές παρεμβάσεις αφορούν σε μαθητές Λυκείου και αποσκοπούν στην αντιμετώπιση των δυσκολιών που συναντούν οι μαθητές στο πεδίο της κυκλικής κίνησης. Η πρώτη πειραματική διαδικασία πραγματοποιείται μέσω της πλατφόρμας μικροελεγκτή Arduino Uno και απλών καθημερινών υλικών και στοχεύει στη διερεύνηση της έννοιας της γωνιακής ταχύτητας  $\omega$  στην περίπτωση στερεού σώματος καθώς και στην επαλήθευση της σχέσης ανάμεσα στην γωνιακή ταχύτητα  $\omega$  και την περίοδο  $T$ . Η δεύτερη πειραματική διαδικασία βασίζεται και αξιοποιεί την ομαλή κυκλική κίνηση και τη διανυσματική ανάλυση με σκοπό την εύρεση της ακριβούς θέσης του αισθητήρα μέσα στη συσκευή του κινητού τηλεφώνου. Η πειραματική διαδικασία επαναλαμβάνεται για δύο διαφορετικούς τύπους κινητών τηλεφώνων. Η γνώση με ακρίβεια της θέσης του αισθητήρα μέσα στη συσκευή κινητού τηλεφώνου συνεισφέρει στη μείωση των σφαλμάτων μέτρησης στις επόμενες πειραματικές διαδικασίες της παρούσας εργασίας καθώς και στην αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών σχετικά με το τι υπάρχει μέσα στο κινητό τηλέφωνο που χρησιμοποιούν καθημερινά. Η τρίτη πειραματική διαδικασία πραγματοποιείται με τη χρήση ενός ποδηλάτου και δύο συσκευών κινητών τηλεφώνων. Ο σκοπός της συγκεκριμένης πειραματικής διαδικασίας είναι η επαλήθευση της σχέσης της κεντρομόλου επιτάχυνσης  $a$  και του τετραγώνου της γωνιακής ταχύτητας,  $\omega^2$ , ο υπολογισμός της ακτίνας της κυκλικής τροχιάς που διαγράφει ο αισθητήρας της κεντρομόλου επιτάχυνσης, ο υπολογισμός της κυκλικής τροχιάς που διαγράφει το κέντρο συμμετρίας CM του κινητού τηλεφώνου και η επαλήθευση του τελευταίου αποτελέσματος με τη μέτρηση που είχε ληφθεί στην αρχή της πειραματικής διαδικασίας με τη βοήθεια της μετροταινίας. Στην τέταρτη πειραματική διαδικασία χρησιμοποιείται το λογισμικό ανάλυσης βίντεο και μοντελοποίησης κινήσεων, Tracker, δύο κινητά τηλέφωνα και συμμετέχουν η ποδηλάτισσα και ο ποδηλάτης. Ο σκοπός της συγκεκριμένης πειραματικής διαδικασίας είναι η μέλετη της συνθήκης κύλισης χωρίς ολίσθηση για ένα στερεό σώμα και η διερεύνηση της έννοιας της γωνιακής ταχύτητας  $\omega$  για την περίπτωση στερεού σώματος.

Η παρούσα εργασία η οποία αποτελεί μέρος της διδακτορικής εργασίας της γράφουσας, υπογραμμίζει τις δυνατότητες της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) ως υποστηρικτικό διδακτικό εργαλείο στο πλαίσιο της μεθοδολογίας IBSE για τη διδασκαλία της κυκλικής κίνησης η οποία αποτελεί ένα δύσκολο πεδίο κατανόησης για τους μαθητές.

## Abstract

The purpose of this paper is to design four experimental procedures in the field of circular motion within the framework of the three-stage Inquiry Based Science Education (IBSE) methodology and using a chatbot as a complementary teaching tool for understanding concepts, processing data, exploring conclusions and supporting personalized learning through direct feedback. These specific teaching interventions concern a general lyceum students and aim to address the difficulties that students encounter in the field of circular motion. The first experimental procedure is carried out using the Arduino Uno microcontroller platform and simple everyday materials and aims to investigate the concept of angular velocity  $\omega$  in the case of a solid body as well as to verify the relationship between angular velocity  $\omega$  and period  $T$ . The second experimental procedure is based on and utilizes uniform circular motion and vector analysis in order to find the exact position of the sensor inside the smartphone device. The experimental procedure is repeated for two different types of smartphones. Knowing the exact position of the sensor inside the smartphone device contributes to reducing measurement errors in the subsequent experimental procedures of this paper as well as increasing students' interest in what is inside the mobile phone they use every day. The third experimental procedure is carried out using a bicycle and two smartphone devices. The purpose of this specific experimental procedure is to verify the relationship between the centripetal acceleration  $a$  and the square of the angular velocity,  $\omega^2$ , to estimate the radius of the circular path traced by the centripetal acceleration sensor, the circular path traced by the center of symmetry CM of the mobile phone, and the verification of the last result with the measurement taken at the beginning of the experimental procedure with the help of the measuring tape. In the fourth experimental procedure, the video analysis and modeling software Tracker is used, two smartphones and the two cyclists, a girl and a boy, participate. The purpose of this specific experimental procedure is to study the «rolling without slipping» condition for a solid body and to investigate the concept of angular velocity  $\omega$  for the case of a solid body.

This paper, which is part of the author's doctoral thesis, highlights the potential of Artificial Intelligence (AI) as a supportive teaching tool within the framework of the IBSE methodology for teaching circular motion, which is a difficult field of understanding for students.

## Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

Οι πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνητή νοημοσύνη (TN) είναι αποτέλεσμα σημαντικών εξελίξεων σε τρεις κρίσιμους τομείς γνώσης: την εξέλιξη της αρχιτεκτονικής των νευρωνικών δικτύων, τη βελτίωση των αλγορίθμων μηχανικής μάθησης και την εξάπλωση των μεθοδολογιών βαθιάς μάθησης. Οι συγκεκριμένες τεχνολογικές καινοτομίες έχουν οδηγήσει στην εμφάνιση μιας μεγάλης ποικιλίας γλωσσικών μοντέλων. Τα παραγωγικά μοντέλα TN, όπως τα ChatGPT, Gemini και Claude, επιδεικνύουν εντυπωσιακά αποτελέσματα στην επίλυση διαφόρων εργασιών, όπως η επικοινωνία, η δημιουργία περιεχομένου, η επίλυση σύνθετων προβλημάτων και η ανάλυση δεδομένων (Ali, Shamsan, Hezam, & Mohammed, 2023). Ο αντίκτυπος των εξελίξεων αυτών στην εκπαίδευση έχει ως αποτέλεσμα τον μετασχηματισμό των διδακτικών πρακτικών υποστηρίζοντας την εξατομικευμένη μάθηση

μέσω της άμεσης ανατροφοδότησης, την βαθύτερη κατανόηση εννοιών και αντιμετώπιση κενών γνώσης στην εκπαίδευση STEM (Xu & Ouyang, 2022).

Η κυκλική κίνηση είναι ένα σημαντικό θέμα στη διδασκαλία της Φυσικής καθώς συναντάται επανειλημμένα σε φαινόμενα καθημερινής ζωής και χρειάζεται να ερμηνευτεί και να διερευνηθεί (Mendes, Calazans, e Silva, Souza, & Rebouças, 2025). Είναι ένα από τα θέματα της Φυσικής που οι μαθητές/τριες αντιμετωπίζουν ιδιαίτερη δυσκολία και ένας λόγος που συμβαίνει αυτό είναι η έλλειψη ποικίλων και εναλλακτικών πειραματικών διατάξεων στο συγκεκριμένο πεδίο της διδασκαλίας της Φυσικής (Azizahwati, Rahmad, & Hidayat, 2020). Ένα πείραμα Φυσικής που βασίζεται στο Arduino είναι δημοφιλές λόγω της εύκολης πρόσβασης και χρήσης του σε απλά και σύνθετα συστήματα (Mendes et al., 2025).

Τα smartphones χρησιμεύουν ως υποκατάστατα ενός ακριβούς εξοπλισμού που υπάρχει στα παραδοσιακά εργαστήρια και διευκολύνουν την αυτοκατευθυνόμενη, διερευνητική μάθηση εκτός τάξης (Vazquez et al., 2025). Μια ανασκόπηση πρόσφατων πειραμάτων με τη χρήση αισθητήρων επιτάχυνσης οι οποίοι βρίσκονται στο εσωτερικό συσκευών κινητών τηλεφώνων, υποδεικνύει την ανάγκη για προσεκτική εξέταση του ερωτήματος σχετικά με το πού ακριβώς βρίσκεται ο ίδιος ο αισθητήρας επιταχυνσιόμετρου μέσα στη συσκευή που φιλοξενεί τις υπηρεσίες που απαιτούνται για τη λειτουργία του (Larnder & Larade, 2019).

Το Phyrphox είναι μια ευέλικτη εφαρμογή για κινητά που μετατρέπει τα smartphones σε ισχυρά επιστημονικά όργανα χρησιμοποιώντας τους ενσωματωμένους αισθητήρες της συσκευής. Επιτρέπει στους χρήστες να διεξάγουν διάφορα πειράματα Φυσικής και να οπτικοποιούν τα συλλεγόμενα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο (Milner-Bolotin & Milner, 2025).

Το λογισμικό ανοιχτού κώδικα Tracker είναι ένα εργαλείο ανάλυσης βίντεο. Τα δεδομένα που λαμβάνονται από τη θέση του κινητού συναρτήσει του χρόνου αναλύονται μέσω του πίνακα τιμών και των γραφημάτων. Τα δεδομένα μπορούν επίσης να εξαχθούν σε υπολογιστικά φύλλα ή άλλα προγράμματα (Brown & Cox, 2009). Το λογισμικό υπολογίζει κινηματικές μεταβλητές, όπως η θέση, η ταχύτητα και η επιτάχυνση, από τις καταγεγραμμένες συντεταγμένες και τον γνωστό ρυθμό καρέ του βίντεο. Τα δεδομένα στη συνέχεια εμφανίζονται σε μορφή πίνακα ή γραφήματος και αναλύονται περαιτέρω για την εξαγωγή σχετικών φυσικών παραμέτρων (Mellinger, 2025).

Η διδακτική μέθοδος Inquiry Based Science Education (IBSE) κερδίζει ολοένα και μεγαλύτερη δημοτικότητα ως μια ισχυρή παιδαγωγική μέθοδος για την ανάπτυξη των ικανοτήτων επίλυσης προβλημάτων και κριτικής σκέψης των μαθητών στην εκπαίδευση STEM (Επιστήμη, Τεχνολογία, Μηχανική και Μαθηματικά) (Soomro, Soomro, & Memon, 2025). Στην παρούσα εργασία εφαρμόστηκε η διερευνητική μάθηση IBSE των τριών φάσεων: εισαγωγικό σενάριο, έρευνα στο εργαστήριο ή το προαύλιο του σχολείου και λήψη αποφάσεων (Kyza & Georgiou, 2014).

Η ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) στο σχεδιασμό της διδασκαλίας καθώς και η χρήση κινητών τηλεφώνων (smartphones) μπορούν να συμβάλουν στις συνεχείς προσπάθειες επαναπροσδιορισμού της πειραματικής διδασκαλίας της Φυσικής (Zhao, 2025).

Με βάση τα παραπάνω, η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στον σχεδιασμό τεσσάρων πειραματικών διαδικασιών στο πεδίο της κυκλικής κίνησης, στο πλαίσιο της μεθοδολογίας IBSE και με τη χρήση ενός chatbot ως συμπληρωματικού διδακτικού εργαλείου. Ενώ τα παιδαγωγικά εργαλεία που βασίζονται στην TN εισάγονται ολοένα και περισσότερο στην εκπαιδευτική διαδικασία, λίγες μελέτες έχουν επικεντρωθεί στην εφαρμογή τους στο μάθημα της Φυσικής. Η παρούσα εργασία στοχεύει να καλύψει τα κενά συμβάλλοντας στον διάλογο σχετικά με την ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης στη διδασκαλία της Φυσικής.

Ο σκοπός του σχεδιασμού των τεσσάρων πειραματικών διαδικασιών είναι η διερεύνηση εννοιών της κυκλικής κίνησης στο πλαίσιο της μεθοδολογίας IBSE και αξιοποιώντας τις δυνατότητες της TN.

## Περιγραφή εργασίας

Τα τέσσερα πειράματα που περιγράφονται στην παρούσα ενότητα πραγματοποιούνται στο πλαίσιο των αρχών και της λογικής της διερευνητικής μάθησης (Inquiry Based Science Education, IBSE) των τριών φάσεων: 1) Εισαγωγικό σενάριο, 2) Έρευνα στο εργαστήριο ή το προαύλιο του σχολείου και 3) Λήψη αποφάσεων (Inquiry-based Science Education in Europe: Reflections from the PROFILES Project, 2012).

1. **Εισαγωγικό Σενάριο** – Παρατίθεται στους μαθητές απόσπασμα από το βιβλίο του Ιουλίου Βερν «Από τη Γη στη Σελήνη» και συγκεκριμένα τα κεφάλαια «Η ανακοίνωση του προέδρου της λέσχης» και «Η κατάκτηση της Σελήνης» όπου συναντώνται έντονα στοιχεία αστρονομικής-κυκλικής κίνησης. Επίσης, δίνεται στους μαθητές ένα απόσπασμα από την *Ιλιάδα* του Ομήρου. Οι ομηρικοί στίχοι δε διατυπώνουν άμεσα τις έννοιες της κυκλικής κίνησης, ωστόσο περιλαμβάνουν αστρονομικές αναφορές σχετικά με τις κινήσεις των πλανητών και αστερισμών. Η *Ιλιάδα* εκτός από ιστορικό έπος ίσως είναι και ένα αστρονομικό εγχειρίδιο όπου συνδέονται αστρονομικά φαινόμενα με την πτώση της Τροίας και ο Αχιλλέας συμβολίζει τον Σείριο (Wood, 1999). Το ενδεικτικό φύλλο εργασίας<sup>18</sup> για το 1<sup>ο</sup> στάδιο της μεθοδολογίας IBSE λειτουργεί ως έναυσμα για τη διατύπωση ερωτήσεων και την εισαγωγή των εννοιών της κυκλικής κίνησης.

2. **Έρευνα στο Εργαστήριο** – Η εργαστηριακή έρευνα αποτελείται από τέσσερις πειραματικές διαδικασίες οι οποίες αναλύονται στη συνέχεια της παρούσας παραγράφου.

3. **Λήψη Αποφάσεων** – Δίνεται στους μαθητές φύλλο εργασίας<sup>19</sup> όπου καλούνται:

- Να κατασκευάσουν, από πίνακα τιμών, και να ερμηνεύσουν τις γραφικές παραστάσεις  $a - \omega$  και  $a - \omega^2$ . Μπορούν να ελέγξουν τα αποτελέσματά τους με τη βοήθεια ενός chatbot. Επίσης τους δίνονται ερωτήσεις αξιολόγησης.
- Με τη βοήθεια της Τεχνητής Νοημοσύνης, ζητείται από τους μαθητές να δημιουργήσουν ένα σενάριο βασισμένο σε μια επιστημονική διαμάχη ανάμεσα στον Ευγένιο Βούλγαρη (1716 – 1806), διαπρεπή στοχαστή του Νεοελληνικού Διαφωτισμού, ο οποίος είναι οπαδός του γεωκεντρικού συστήματος και στον Έλληνα λόγιο, θεολόγο και φυσικό Νικηφόρο Θεοτόκη (1731-1800), μαθητή του Ευγένιου Βούλγαρη, ο οποίος είναι ο πρώτος που εισηγήθηκε την ορθότητα του ηλιοκεντρικού συστήματος στον ελληνόφωνο πνευματικό χώρο. Η επιστημονική διαμάχη ανάμεσα στον Ευγένιο Βούλγαρη και τον Νικηφόρο Θεοτόκη, φέρνει στο φως και τις έννοιες της "περίοδου" και της "γωνιακής ταχύτητας".

Για το 2<sup>ο</sup> στάδιο της διδακτικής μεθοδολογίας IBSE, την έρευνα στο εργαστήριο, οι πειραματικές δραστηριότητες περιγράφονται στη συνέχεια.

### Πείραμα 1: Πειραματική διάταξη για τη μελέτη της ομαλής κυκλικής κίνησης με τη χρήση της πλατφόρμας μικροελεγκτή Arduino Uno

## Σκοπός

<sup>18</sup> <https://drive.google.com/file/d/1ui1BzBC8JmWN3fdkwRzKqb1RsBGVRW8K/view?usp=sharing>

<sup>19</sup> <https://drive.google.com/file/d/10hnwegihdQD3PxKqJ8vnXqevHJITGKcE/view?usp=sharing>

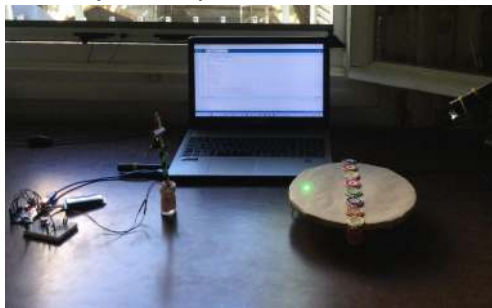
Ο σκοπός του πειράματος 1 είναι η ανάπτυξη μιας πειραματικής διάταξης βασισμένης στην πλατφόρμα μικροεπεξεργαστή Arduino Uno για τη μελέτη της ομαλής κυκλικής κίνησης. Συγκεκριμένα, πρόκειται να διερευνηθεί η έννοια της γωνιακής ταχύτητας  $\omega$  για διαφορετικά σημεία στερεού σώματος και παράλληλα να επαληθευτεί η σχέση ανάμεσα στη γωνιακή ταχύτητα  $\omega$  και την περίοδο  $T$ .

## Πειραματική διάταξη και διαδικασία

Ο σχεδιασμός της πειραματικής διάταξης περιλαμβάνει software και hardware. Το software αφορά στον προγραμματισμό της πλατφόρμας μικροελεγκτή Arduino Uno μέσω της δημιουργίας κώδικα στο λογισμικό Arduino IDE. Ο hardware σχεδιασμός της πειραματικής διάταξης περιλαμβάνει:

- Μία επίπεδη κυκλική περιστρεφόμενη βάση η οποία παράγει την ομαλή κυκλική κίνηση.
- Μία πηγή laser.
- Μία φωτοδίοδο η οποία λειτουργεί ως αισθητήρας που λαμβάνει τη δέσμη από το laser.
- Μια σειρά από μικρούς καθρέπτες, τοποθετημένοι ακτινικά επάνω στην κυκλική περιστρεφόμενη βάση και σε διαφορετικές αποστάσεις ο καθένας από το κέντρο της περιστρεφόμενης βάσης. Οι μικροί καθρέπτες αντανακλούν τη δέσμη από το laser και την οδηγούν στη φωτοδίοδο.
- Μια οθόνη LCD 16x2 η οποία συνδέεται με το Arduino Uno και προβάλλει τις τιμές των:  $T$  (περίοδος),  $f$  (συχνότητα),  $n$  (αριθμός περιστροφών) και  $\omega$  (γωνιακή ταχύτητα).
- Αντίσταση  $10k\Omega$ .
- Κουμπί (pushbutton).
- Καλώδια breadboard.
- Arduino Uno.

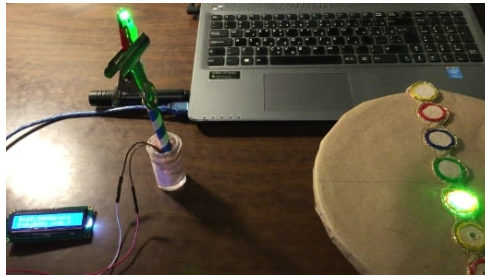
Η πειραματική διάταξη απεικονίζεται στην εικόνα 1.1.



*Εικόνα 1.1: Η πειραματική διάταξη.*

Η ακτίνα laser προσπίπτει στον έναν καθρέπτη από τον οποίον ανακλάται και καταλήγει στη φωτοδίοδο όπως φαίνεται στην εικόνα 1.2. Η φωτοδίοδος είναι συνδεδεμένη με την πλατφόρμα Arduino και μέσω της οθόνης LCD παίρνουμε μετρήσεις για τα μεγέθη  $T$ ,  $f$ ,  $n$  και  $\omega$ . Το βίντεο<sup>20</sup> καταγράφει την πειραματική διάταξη και διαδικασία.

<sup>20</sup><https://drive.google.com/file/d/1r33tXxaeT9hteN047ENI9678qReS2wbb/view?usp=sharing>



**Εικόνα 1.2: Η ακτίνα laser ανακλάται από τον καθρέπτη και προσπίπτει στη φωτοδίοδο.**

Κατά τη διάρκεια μιας περιστροφής ( $n=1$ ) της επίπεδης κυκλικής βάσης, η δέσμη laser προσπίπτει δύο φορές στον καθρέπτη. Στην οθόνη LCD καταγράφεται η περίοδος  $T$ , η συχνότητα  $f$ , ο αριθμός περιστροφών ( $n=1$ ) και η γωνιακή ταχύτητα  $\omega$ . Στην εικόνα 1.3 φαίνονται οι ενδείξεις στην οθόνη LCD για την 4<sup>η</sup> μέτρηση με τον πρώτο καθρέπτη ο οποίος απέχει  $r_1 = 3,5$  cm από το κέντρο της επίπεδης περιστρεφόμενης κυκλικής βάσης.



**Εικόνα 1.3: Οι τιμές των  $T$ ,  $f$ ,  $n$  και  $\omega$  για το πείραμα με τον πρώτο καθρέπτη (4<sup>η</sup> μέτρηση του πίνακα 1.1).**

Η πειραματική διαδικασία επαναλήφθηκε πέντε φορές για κάθε καθρέπτη ξεχωριστά και διαδοχικά για κάθε έναν από τους τέσσερις (4) καθρέπτες.

Οι αποστάσεις των τεσσάρων καθρεπτών από το κέντρο της κυκλικής βάσης είναι αντίστοιχα:  $r_1 = 3,5$  cm,  $r_2 = 5$  cm,  $r_3 = 8,5$  cm και  $r_4 = 12$  cm. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων για τον 1<sup>ο</sup> καθρέπτη καταγράφονται στον πίνακα 1.1. Τα αποτελέσματα και για τους τέσσερις καθρέπτες έχουν καταγραφεί σε αρχείο<sup>21</sup>.

**Πίνακας 1.1: Οι τιμές των  $T$ ,  $f$ ,  $n$  και  $\omega$  για τον 1<sup>ο</sup> καθρέπτη ο οποίος βρίσκεται σε απόσταση  $r_1 = 3,5$  cm από το κέντρο της κυκλικής τροχιάς.**

| <b>ΚΑΘΡΕΠΤΗΣ 1 (<math>r_1 = 3,5</math> cm)</b> |                           |                            |                       |                                    |
|------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------|------------------------------------|
| <b><math>a/a</math></b>                        | <b><math>T</math> (s)</b> | <b><math>f</math> (Hz)</b> | <b><math>n</math></b> | <b><math>\omega</math> (rad/s)</b> |
| <b>1</b>                                       | 23,5888                   | 0,04                       | 1                     | 0,3                                |
| <b>2</b>                                       | 23,5633                   | 0,04                       | 1                     | 0,3                                |
| <b>3</b>                                       | 24,4108                   | 0,04                       | 1                     | 0,3                                |
| <b>4</b>                                       | 23,5007                   | 0,04                       | 1                     | 0,3                                |
| <b>5</b>                                       | 23,5463                   | 0,04                       | 1                     | 0,3                                |

<sup>21</sup> [https://docs.google.com/document/d/1olXXKfzhNRHx1xesG-6FZM2YwmK1\\_YLC/edit?usp=sharing&ouid=109437441098602152332&rtfpof=true&sd=true](https://docs.google.com/document/d/1olXXKfzhNRHx1xesG-6FZM2YwmK1_YLC/edit?usp=sharing&ouid=109437441098602152332&rtfpof=true&sd=true)



## Χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης

1. Η χρήση της TN στη συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία είναι καθοριστικής σημασίας καθώς παρέχει τον κώδικα για τον μικροελεγκτή της πλακέτας Arduino για μαθητές/τριες που δεν είναι εξοικειωμένοι με προγραμματισμό. Σε κάθε περίπτωση μπορεί να γίνει σύγκριση και έλεγχος του σωστού κώδικα ανάμεσα στον μαθητή και ένα chatbot.
2. Οι μαθητές μπορούν να απευθύνουν ερωτήσεις σε ένα chatbot, σε κάθε στάδιο της πειραματικής διαδικασίας. Το chatbot μπορεί να απαντά σε απορίες των μαθητών σε πραγματικό χρόνο.

## Συμπεράσματα

Διερευνήθηκε η έννοια της γωνιακής ταχύτητας  $\omega$  στην περίπτωση στερεού σώματος και οδηγηθήκαμε στο συμπέρασμα ότι η γωνιακή ταχύτητα  $\omega$  είναι η ίδια για όλα τα σημεία του στερεού σώματος ανεξάρτητα από την απόστασή τους από το κέντρο της κυκλικής τροχιάς.

Παράλληλα, επαληθεύτηκε η σχέση ανάμεσα στην περίοδο και την γωνιακή ταχύτητα και διαπιστώθηκε ότι τα μεγέθη αυτά είναι αντιστρόφως ανάλογα. Συγκεκριμένα, οι μετρήσεις για την περίοδο  $T$ , τη συχνότητα  $f$ , τον αριθμό περιστροφών  $n$  και τη γωνιακή ταχύτητα  $\omega$ , οι οποίες λήφθηκαν για διαφορετικές ακτίνες ( $r_1 = 3,5 \text{ cm}$ ,  $r_2 = 5 \text{ cm}$ ,  $r_3 = 8,5 \text{ cm}$  και  $r_4 = 12 \text{ cm}$ ), έδειξαν μικρές αποκλίσεις αλλά σταθερή τιμή της γωνιακής ταχύτητας, γεγονός που επιβεβαιώνει τη θεωρητική σχέση  $\omega = 2\pi/T$ .

Η χρήση του Arduino, του αισθητήρα της φωτοδιόδου και του laser, επέτρεψε την αυτοματοποιημένη συλλογή ακριβών δεδομένων και την άμεση απεικόνισή τους στην οθόνη LCD, καθιστώντας πιο εύκολη την πειραματική διαδικασία. Η επανάληψη του πειράματος για κάθε καθρέπτη, έδειξε ότι τα πειραματικά αποτελέσματα είναι αξιόπιστα και έγκυρα.

Η Τεχνητή Νοημοσύνη ήταν καθοριστικής σημασίας στη δημιουργία κώδικα για τον μικροελεγκτή της πλακέτας Arduino δεδομένου ότι δεν είναι όλοι οι μαθητές εξοικειωμένοι με τον προγραμματισμό.

## Πείραμα 2: Δύο κινητά τηλέφωνα και τα μυστικά τους. Εντοπισμός θέσης αισθητήρα κεντρομόλου επιτάχυνσης στη συσκευή κινητού τηλεφώνου

### Σκοπός

Ο σκοπός του πειράματος 2 είναι η εύρεση της ακριβούς θέσης του αισθητήρα της κεντρομόλου επιτάχυνσης μέσα στη συσκευή του κινητού τηλεφώνου. Αναμένεται να εντοπιστεί η θέση του σε δύο διαφορετικές συσκευές κινητού τηλεφώνου. Η αξία της πειραματικής διαδικασίας της εύρεσης της θέσης του αισθητήρα της κεντρομόλου επιτάχυνσης έγκειται αφενός στη βελτιωμένη ακρίβεια των μετρήσεων, αφετέρου στο γεγονός ότι, από μόνη της, αποτελεί μια πολύτιμη και ολοκληρωμένη παιδαγωγική εμπειρία για την μελέτη φυσικών μεγεθών που εμπλέκονται στην κυκλική κίνηση και τη διανυσματική ανάλυση. Επιπλέον, προσφέρει μια μεθοδολογία για τον εντοπισμό και την εξοικείωση με την εσωτερική δομή των ψηφιακών συσκευών της τρέχουσας γενιάς (Larnder & Larade, 2019).

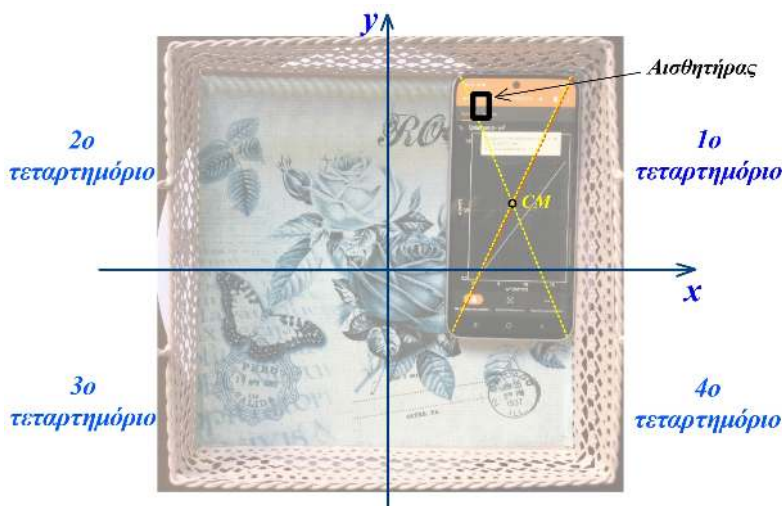
## Πειραματική διάταξη και διαδικασία

Η πειραματική διάταξη αποτελείται από μια κυκλική περιστρεφόμενη βάση επάνω στην οποία προσαρμόζεται ένα τετράγωνο πλαίσιο και πάνω στο πλαίσιο τοποθετείται το κινητό τηλέφωνο, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.1. Δίνεται ιδιαίτερη προσοχή έτσι ώστε το κέντρο του τετραγώνου πλαισίου να συμπίπτει με το κέντρο της κυκλικής περιστρεφόμενης βάσης.



Εικόνα 2.1: Η πειραματική διάταξη

Στην εικόνα 2.2 απεικονίζονται οι δύο κάθετοι άξονες αναφοράς  $x$ ,  $y$  οι οποίοι αποτελούν το σύστημα συντεταγμένων και των οποίων η τομή προσδιορίζει την αρχή και τον άξονα περιστροφής.



Εικόνα 2.2: Το σύστημα συντεταγμένων και τα τέσσερα τεταρτημόρια.

Τα πειράματα συνίστανται στην τοποθέτηση της συσκευής του κινητού τηλεφώνου σε διάφορες θέσεις, διαδοχικά στα τέσσερα τεταρτημόρια όπως φαίνονται στην εικόνα 2.2, εντός του τετραγώνου πλαισίου, διατηρώντας τον ίδιο προσανατολισμό ως προς το πλαίσιο και μία άκρη της συσκευής σε πλήρη επαφή με την άκρη του πλαισίου, εξασφαλίζοντας τη σωστή ευθυγράμμιση. Η περιστρεφόμενη κυκλική βάση τίθεται σε ομαλή κυκλική κίνηση και τα δεδομένα καταγράφονται από την εφαρμογή «Phyphox» και τον αισθητήρα της κεντρομόλου επιτάχυνσης.

Για ένα σύστημα που εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση με γωνιακή ταχύτητα  $\omega$ , το διάνυσμα της κεντρομόλου επιτάχυνσης  $\vec{a}$  στη θέση  $\vec{R}$  δίνεται από τη σχέση:

$$\vec{a} = -\omega^2 \cdot \vec{R} \quad (2.1)$$

Όπου τα  $\vec{R}$  και  $\vec{a}$  διανύσματα στο επίπεδο διδιάστατο σύστημα συντεταγμένων του οποίου η αρχή συμπίπτει με τον άξονα περιστροφής.

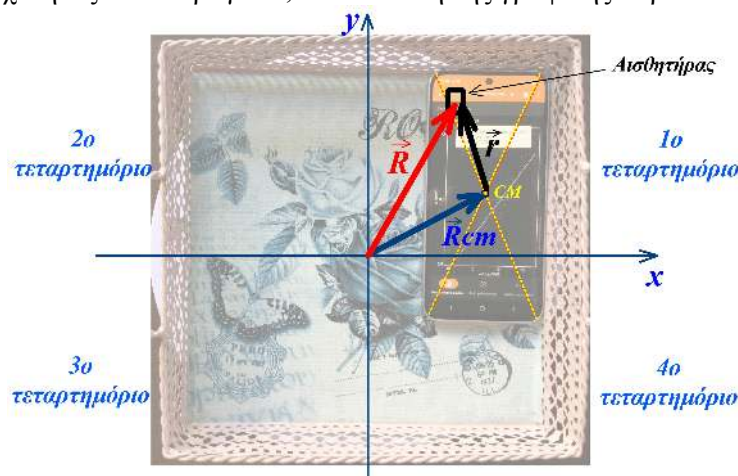
Το κέντρο συμμετρίας CM της συσκευής κινητού τηλεφώνου τοποθετείται στη θέση  $\vec{R}_{cm}$  του περιστρεφόμενου συστήματος συντεταγμένων.

Θεωρούμε ότι ο αισθητήρας της κεντρομόλου επιτάχυνσης ο οποίος βρίσκεται στο εσωτερικό της συσκευής κινητού τηλεφώνου είναι σημειακός και το διάνυσμα θέσης του στο σύστημα αξόνων  $x, y$  όπως απεικονίζεται στην εικόνα 2.3, είναι  $\vec{R}$ . Για τα διανύσματα  $\vec{R}$ ,  $\vec{R}_{cm}$  και  $\vec{r}$  ισχύει:

$$\vec{R} = \vec{r} + \vec{R}_{cm} \quad (2.2)$$

Το μέτρο του διανύσματος  $\vec{r}$  αντιστοιχεί στην απόσταση του αισθητήρα από το CM του κινητού. Η διανυσματική σχέση (2.2) απεικονίζεται στην εικόνα 2.3 για την περίπτωση της τοποθέτησης της συσκευής του κινητού τηλεφώνου στο 1<sup>ο</sup> τεταρτημόριο. Οι θέσεις του κινητού για όλα τα τεταρτημόρια αποτυπώνονται στις εικόνες αρχείου <sup>22</sup>.

Από τα δεδομένα που λαμβάνουμε από τη συσκευή του κινητού τηλεφώνου, μπορούμε να έχουμε την κλίση της γραφικής παράστασης της κεντρομόλου επιτάχυνσης,  $a$ , συναρτήσει της γωνιακής ταχύτητας στο τετράγωνο,  $\omega^2$ . Η κλίση της γραφικής παραάστασης  $a - \omega^2$ ,



**Εικόνα 2.3: Η σχέση των διανυσμάτων στο περιστρεφόμενο σύστημα συντεταγμένων όταν η συσκευή κινητού τηλεφώνου βρίσκεται στο 1<sup>ο</sup> τεταρτημόριο.**

δίνει την τιμή του διανύσματος  $\vec{R}$ . Στη συνέχεια, λαμβάνοντας υπόψη τις σχέσεις (2.1) και (2.2), μπορούμε να υπολογίσουμε το διάνυσμα  $\vec{r}$  από τη σχέση:

$$\vec{r} = -\frac{1}{\omega^2} \vec{a} - \vec{R}_{cm} \quad (2.3)$$

Αφού επαναληφθεί η διαδικασία για καθεμία από τις τέσσερις θέσεις της συσκευής, είναι δυνατό να υπολογιστεί ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση για κάθε συνιστώσα του

<sup>22</sup> <https://docs.google.com/document/d/1tyiYPw30zYz0wOn-zcH3opPIz2VHZCRa/edit?usp=sharing&ouid=109437441098602152332&rtpof=true&sd=true>

διανύσματος  $\vec{r}$ . Η απόδειξη, με τη βοήθεια της διανυσματικής ανάλυσης, των σχέσεων που δίνουν τις συνιστώσες  $r_x$  και  $r_y$  καθώς και τα αντίστοιχα σφάλματα, βρίσκονται στο αρχείο<sup>23</sup>. Η πλευρά του τετράγωνου δίσκου ο οποίος προσαρμόζεται επάνω στην περιστρεφόμενη βάση είναι 24 cm και η απόσταση του κέντρου συμμετρίας της συσκευής κινητού τηλεφώνου από την αρχή του περιστρεφόμενου συστήματος συντεταγμένων  $x, y$  είναι  $R_{cm} = 6$  cm.

## Αποτελέσματα

Τα μεγέθη των σχέσεων που προέκυψαν κατά την απόδειξη με διανυσματική ανάλυση στο προαναφερθέν αρχείο, υπολογίζονται μέσω φύλλου Excel<sup>24</sup> για κάθε κινητό ξεχωριστά.

Η πειραματική διαδικασία πραγματοποιείται για δύο συσκευές κινητών τηλεφώνων. Για το κινητό 1 προκύπτει ότι ο αισθητήρας της κεντρομόλου επιτάχυνσης βρίσκεται 2,2 cm από το κέντρο συμμετρίας της συσκευής και στο 1<sup>ο</sup> τεταρτημόριο καθώς τα  $r_x$  και  $r_y$  είναι θετικά. Συγκεκριμένα, υπολογίστηκε ότι το διάνυσμα θέσης του αισθητήρα (με κέντρο αναφοράς το CM) σχηματίζει γωνία 35,2<sup>ο</sup> με τον άξονα  $x$ .

Για το κινητό 2 προκύπτει ότι ο αισθητήρας της κεντρομόλου επιτάχυνσης βρίσκεται 2,5 cm από το κέντρο συμμετρίας της συσκευής και αριστερά από το CM καθώς  $r_x = -2,5$  cm και  $r_y \approx 0$ . Συγκεκριμένα, υπολογίστηκε ότι το διάνυσμα θέσης του αισθητήρα (με κέντρο αναφοράς το CM) σχηματίζει γωνία 1,5<sup>ο</sup> με τον άξονα  $x$ .

**Πίνακας 2.1:** Οι τιμές των διανυσμάτων  $\vec{R}$  για τα τέσσερα τεταρτημόρια για το κινητό 1 και το κινητό 2.

| Τεταρτημόριο | Κινητό 1                           | Κινητό 2                           |
|--------------|------------------------------------|------------------------------------|
|              | Θέση του διανύσματος $\vec{R}$ (m) | Θέση του διανύσματος $\vec{R}$ (m) |
| 1            | 0.109087                           | 0.0523952                          |
| 2            | 0.0732269                          | 0.0938752                          |
| 3            | 0.0735506                          | 0.0957007                          |
| 4            | 0.0804906                          | 0.0522226                          |

Οι θέσεις των διανυσμάτων  $\vec{R}$  προκύπτουν από τα δεδομένα που λαμβάνουμε από το κινητό τηλέφωνο ως κλίση της γραφικής παράστασης της γωνιακής επιτάχυνσης  $\alpha$  συναρτήσει της γωνιακής ταχύτητας στο τετράγωνο,  $\alpha - \omega^2$ .

Έχουν ληφθεί εικόνες, στιγμιότυπα<sup>25</sup>, από τη συσκευή κινητού τηλεφώνου που απεικονίζουν τη γραφική παράσταση  $\alpha - \omega^2$  για το κάθε τεταρτημόριο όπου τοποθετείται το κινητό 1. Επίσης, έχουν ληφθεί εικόνες, στιγμιότυπα<sup>26</sup>, από τη συσκευή κινητού τηλεφώνου που απεικονίζουν τη γραφική παράσταση  $\alpha - \omega^2$  για το κάθε τεταρτημόριο όπου τοποθετείται το κινητό 2. Οι τιμές των διανυσμάτων  $\vec{R}$  για τα τέσσερα τεταρτημόρια και για κάθε κινητό ξεχωριστά, φαίνονται στον Πίνακα 2.1.

<sup>23</sup>

<https://docs.google.com/document/d/1A1gx8KczaIslwbhZSmKFji3BGmEi4c5T/edit?usp=sharing&ouid=109437441098602152332&rtopf=true&sd=true>

<sup>24</sup>

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1q1NKqTmE0PLV4sm8tUZ9urmzfqb0y70F/edit?usp=sharing&ouid=109437441098602152332&rtopf=true&sd=true>

<sup>25</sup> <https://drive.google.com/drive/folders/1H7p0m5I-X5N6wefk8wSq0ZX3L9SjriQG?usp=sharing>

<sup>26</sup> <https://drive.google.com/drive/folders/10Ncu-yscveVBir1dU7oAfYmDpcLBv7oi?usp=sharing>

Η θέση του αισθητήρα όπως προσδιορίζεται από τις τιμές των  $r_x$ ,  $r_y$ ,  $r$  και  $\varphi$  για τις δύο συσκευές κινητού τηλεφώνου, φαίνεται στον Πίνακα 2.2

**Πίνακας 2.2:** Η θέση του αισθητήρα

| Κι<br>νή<br>τό | $r_x$<br>(m) | $r_y$<br>(m) | $r$<br>(m) | Γωνία $\varphi$ που<br>→<br>σχηματίζει το $r$ με<br>τον άξονα x (°) | Τεταρτημόριο που<br>βρίσκεται ο αισθητήρας   |
|----------------|--------------|--------------|------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1              | 0,018        | 0,013        | 0,022      | 35,2                                                                | 1°                                           |
| 2              | -0,025       | 0            | 0,025      | 1,5                                                                 | Στα αρνητικά του άξονα<br>x, αριστερά του CM |

## Χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης

Στην παρούσα πειραματική διαδικασία αξιοποιήθηκε η Τεχνητή Νοημοσύνη ως εξής:

1. Αναζητήθηκε με ερώτηση σε chatbot η ακριβής θέση του αισθητήρα της κεντρομόλου επιτάχυνσης σε δύο τύπους συσκευών κινητού τηλεφώνου. Δεν ήταν δυνατή η άμεση απάντηση από το chatbot, υπέδειξε ωστόσο την εργασία των Larnder & Larade (2019) όπου προτείνεται πειραματική διαδικασία εύρεσης της θέσης του αισθητήρα βασισμένη στην κυκλική κίνηση. Η παρούσα πειραματική διαδικασία αποτέλεσε μια τροποποίηση της προτεινόμενης εργασίας και εμπλουτίστηκε με την απαραίτητη διανυσματική ανάλυση για την εύρεση της θέσης του αισθητήρα.
2. Η μελέτη της κυκλικής κίνησης και η διανυσματική ανάλυση κατά την 2<sup>η</sup> πειραματική διαδικασία της παρούσας εργασίας κατέληξαν σε σχέσεις μεγεθών οι οποίες δόθηκαν σε ένα chatbot το οποίο παρήγαγε σε σύντομο χρονικό διάστημα ένα φύλλο Excel με τα αποτελέσματα από τα δεδομένα του πειράματος και τις σχέσεις των μεγεθών. Πραγματοποιήθηκε έλεγχος των αποτελεσμάτων.

## Συμπεράσματα

Η 2<sup>η</sup> πειραματική διαδικασία της παρούσας εργασίας κατέστησε σαφές ότι η θέση του αισθητήρα της κεντρομόλου επιτάχυνσης δεν βρίσκεται στο γεωμετρικό κέντρο της συσκευής των δύο κινητών τηλεφώνων που χρησιμοποιήθηκαν αλλά πιθανότατα υπαγορεύεται από άλλες προτεραιότητες των κατασκευαστών. Η πειραματική διαδικασία πρότεινε έναν τρόπο εύρεσης της θέσης του αισθητήρα της κεντρομόλου επιτάχυνσης μέσα στη συσκευή του κινητού τηλεφώνου. Με τη συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία οι μαθητές/τριες εξοικειώνονται τόσο με τις έννοιες της κυκλικής κίνησης όσο και με την διανυσματική ανάλυση η οποία αποτελεί πολύτιμο εργαλείο στην κατανόηση φυσικών εννοιών. Η παιδαγωγική της αξία έγκειται στη δυνατότητα να δημιουργήσει ενθουσιασμό και προσμονή στους μαθητές, καθώς η επαναλαμβανόμενη εφαρμογή των κλασικών αρχών της κυκλικής κίνησης αποκαλύπτει, με αυξανόμενη εμπιστοσύνη, μια κρυφή ιδιότητα πίσω από τα κινητά τηλέφωνα με τα οποία οι μαθητές/τριες αλληλεπιδρούν σε καθημερινή βάση. Επιπλέον, ο εντοπισμός της θέσης του αισθητήρα παρέχει ακρίβεια στις μετρήσεις των επόμενων δύο πειραματικών διαδικασιών της παρούσας εργασίας οι οποίες βασίζονται στη χρήση κινητού



τηλεφώνου. Η αξιοποίηση της Τεχνητής Νοημοσύνης ήταν καθοριστική στην πραγματοποίηση της πειραματικής διαδικασίας.

### **Πείραμα 3: Η ποδηλάτισσα και ο ποδηλάτης Νο1: Επαλήθευση της σχέσης $\alpha - \omega^2$ στην ομαλή κυκλική κίνηση με τη χρήση ποδηλάτου και κινητού τηλεφώνου. Αξιοποίηση του πειράματος 2 για ακρίβεια των μετρήσεων.**

#### **Σκοπός**

Ο σκοπός της συγκεκριμένης πειραματικής διαδικασίας είναι η επαλήθευση της σχέσης της κεντροδούλου επιτάχυνσης με το τετράγωνο της γωνιακής ταχύτητας,  $\omega^2$ ,  $\alpha - \omega^2$ , ο υπολογισμός της ακτίνας της κυκλικής τροχιάς  $R_1$  που διαγράφει ο αισθητήρας, ο υπολογισμός της κυκλικής τροχιάς  $r_1$  που διαγράφει το κέντρο συμμετρίας CM του κινητού τηλεφώνου και η επαλήθευση του τελευταίου αποτελέσματος με τη μέτρηση που είχε ληφθεί στην αρχή της πειραματικής διαδικασίας με τη βοήθεια της μετροταινίας για το  $r_1$ .

#### **Πειραματική διάταξη και διαδικασία**



*Εικόνα 3.1: Η πειραματική διάταξη*

Η πειραματική διάταξη περιλαμβάνει ένα ποδήλατο τοποθετημένο στο έδαφος όπως φαίνεται στην εικόνα 3.1 και από δύο συσκευές κινητών τηλεφώνων τοποθετημένες επάνω στις ακτίνες της ρόδας και σε διαφορετικές αποστάσεις από το κέντρο της ρόδας. Ο ποδηλάτης θέτει τη ρόδα σε περιστροφή και η κίνηση, για ικανοποιητικό χρονικό διάστημα, προσομοιάζει την ομαλή κυκλική κίνηση. Στο βίντεο<sup>27</sup> φαίνεται η επίδειξη της πειραματικής διαδικασίας. Τα φυσικά μεγέθη και οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις αποτυπώνονται μέσω της εφαρμογής Phyrhox η οποία είναι εγκατεστημένη και στα δύο κινητά τηλέφωνα.

Η ακτίνα  $r_1$  με τη βοήθεια της μετροταινίας λήφθηκε ίση με:

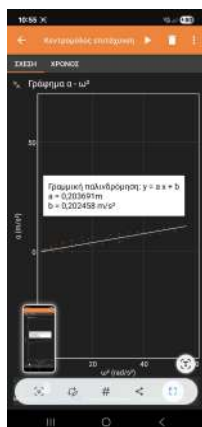
$$r_1(\text{μετροταινία}) = 0,19 \text{ m} \quad (3.1)$$

Στην εικόνα 3.2 απεικονίζεται ένα στιγμιότυπο οθόνης από την εφαρμογή Phyrhox και την μέτρηση της ακτίνας  $R_1$  της κυκλικής τροχιάς που διαγράφει ο αισθητήρας της κεντροδούλου

<sup>27</sup>[https://drive.google.com/file/d/1V1Q8uadSn\\_JNj9neefoUGVhVt\\_OpTl6Z/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1V1Q8uadSn_JNj9neefoUGVhVt_OpTl6Z/view?usp=sharing)



επιτάχυνσης. Η συγκεκριμένη τιμή προκύπτει από την κλίση της ευθείας της γραφικής παράστασης  $\alpha - \omega^2$ .



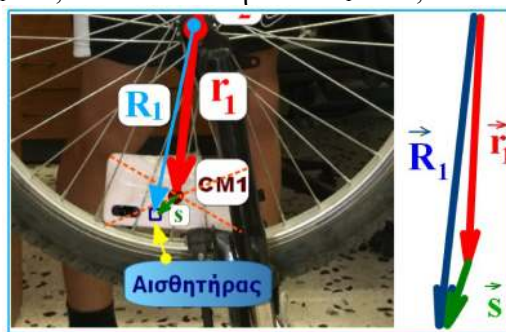
**Εικόνα 3.2:** Η κλίση της γραφικής παράστασης  $\alpha - \omega^2$  δίνει το μέτρο του διανύσματος  $\vec{R}_1$  ( $R_1 = 0,203691 \text{ m}$ ) το οποίο εκφράζει την ακτίνα της κυκλικής τροχιάς που διαγράφει ο αισθητήρας της κεντρομόλου επιτάχυνσης του κινητού τηλεφώνου 1.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε με την μέτρηση της ακτίνας  $r$  της κυκλικής τροχιάς που διαγράφει το κέντρο συμμετρίας CM του κάθε κινητού τηλεφώνου. Το κέντρο συμμετρίας CM θεωρήθηκε ως κατάλληλο σημείο για τη βέλτιστη δυνατή ακρίβεια της μέτρησης με τη χρήση μετροταινίας. Στη συνέχεια, για την περαιτέρω ακρίβεια της μέτρησης, λήφθηκε υπόψη η πειραματική διαδικασία 2 της παρούσας εργασίας όπου εντοπίστηκε η ακριβής θέση του αισθητήρα της κεντρομόλου επιτάχυνσης.

Για το κινητό 1, θεωρούμε ότι  $r_1$  είναι η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς του κέντρου συμμετρίας CM του κινητού 1,  $R_1$  είναι η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς του αισθητήρα και  $s$  είναι η απόσταση του αισθητήρα από το CM όπως υπολογίστηκε από πείραμα 2 της παρούσας εργασίας. Το διάγραμμα των αντίστοιχων διανυσμάτων απεικονίζεται στην εικόνα 3.3.

Με τη βοήθεια της εφαρμογής Phyrhox και όπως φαίνεται στην εικόνα 3.2, υπολογίστηκε η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς  $R_1$  που διαγράφει ο αισθητήρας. Είναι:

$$R_1 = 0,204 \text{ m} \quad \text{ή} \quad R_1 = 20,4 \text{ cm} \quad (3.2)$$



**Εικόνα 3.3:** Η απεικόνιση των διανυσμάτων  $\vec{R}_1$ ,  $\vec{r}_1$  και  $\vec{s}$  όπου  $R_1$  είναι η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς που διαγράφει ο αισθητήρας,  $r_1$  η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς που διαγράφει το κέντρο συμμετρίας CM του κινητού τηλεφώνου και  $s$  η απόσταση του αισθητήρα από το CM όπως υπολογίστηκε στο πείραμα 2 της παρούσας εργασίας.

Από την εικόνα 3.3 μπορούμε με καλή προσέγγιση να γράψουμε:

$$R_1 = r_1 + s_x \quad (3.3)$$

Η συνιστώσα  $s_x$  η οποία βρίσκεται επάνω στη διεύθυνση του διανύσματος  $\vec{r}_1$  έχει υπολογιστεί στο πείραμα 2 της παρούσας εργασίας και είναι ίση με:

$$s_x = 0,018 \text{ m} \quad (3.4)$$

Από τις σχέσεις (3.2), (3.3) και (3.4) υπολογίζουμε την ακτίνα της κυκλικής τροχιάς:

$$r_1 = 0,19 \text{ m} \quad (3.5)$$

Η τιμή του  $r_1$  που δίνει η σχέση (3.5) και προκύπτει από την πειραματική διαδικασία συμπίπτει με την τιμή του  $r_1$  που δίνει η σχέση (3.1) και προκύπτει από τη μέτρηση της συγκεκριμένης απόστασης με τη βοήθεια της μετροταινίας.

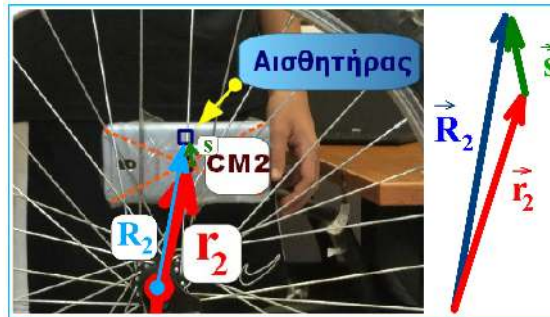
Η επεξεργασία των μετρήσεων επαναλαμβάνεται για το κινητό 2. Η μέτρηση με τη βοήθεια της μετροταινίας για την ακτίνα της κυκλικής τροχιάς  $r_2$  του κέντρου συμμετρίας του κινητού τηλεφώνου 2 δίνει:

$$r_{2(\text{μετροταινία})} = 0,1 \text{ m} \quad (3.6)$$

Αντίστοιχα με την περίπτωση του κινητού 1, με τη βοήθεια της εφαρμογής Phyrhox υπολογίστηκε η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς  $R_2$  που διαγράφει ο αισθητήρας. Είναι:

$$R_2 = 0,123 \text{ m} \quad \text{ή} \quad R_2 = 12,3 \text{ cm} \quad (3.7)$$

Για το κινητό 2, θεωρούμε ότι  $r_2$  είναι η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς του κέντρου συμμετρίας CM,  $R_2$  είναι η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς του αισθητήρα και  $s$  είναι η απόσταση του αισθητήρα από το CM όπως υπολογίστηκε από πείραμα 2 της παρούσας εργασίας. Το διάγραμμα των αντίστοιχων διανυσμάτων απεικονίζεται στην εικόνα 3.4.



**Εικόνα 3.4:** Η απεικόνιση των διανυσμάτων  $\vec{R}_2$ ,  $\vec{r}_2$  και  $\vec{s}$  όπου  $R_2$  είναι η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς που διαγράφει ο αισθητήρας,  $r_2$  η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς που διαγράφει το κέντρο συμμετρίας CM του κινητού τηλεφώνου και  $s$  η απόσταση του αισθητήρα από το CM όπως υπολογίστηκε στο πείραμα 2 της παρούσας εργασίας.

Αντίστοιχα με τη διαδικασία που ακολουθήθηκε για το κινητό 1, για το κινητό 2 έχουμε:

$$R_2 = r_2 + s_x \quad (3.8)$$

Η συνιστώσα  $s_x$  η οποία βρίσκεται επάνω στη διεύθυνση του διανύσματος  $\vec{r}_2$  έχει υπολογιστεί στο πείραμα 2 της παρούσας εργασίας και είναι ίση με:

$$s_x = 0,025 \text{ m} \quad (3.9)$$

Από τις σχέσεις (3.7), (3.8) και (3.9) υπολογίζουμε την ακτίνα της κυκλικής τροχιάς:

$$r_2 = 0,1 \text{ m} \quad (3.10)$$

Η τιμή του  $r_2$  που δίνει η σχέση (3.10) και προκύπτει από την πειραματική διαδικασία συμπίπτει με την τιμή του  $r_2$  που δίνει η σχέση (3.6) και προκύπτει από τη μέτρηση της συγκεκριμένης απόστασης με τη βοήθεια της μετροταινίας.

Τα προηγούμενα αποτελέσματα για τις τιμές των  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_{1(\text{μετροταινία})}$ ,  $r_{2(\text{μετροταινία})}$  καταγράφονται στον πίνακα 3.1:

**Πίνακας 3.1: Οι ακτίνες των κυκλικών τροχιών  $R_1$ ,  $R_2$  των αισθητήρων των δύο κινητών, οι ακτίνες των κυκλικών τροχιών των  $CM$  των δύο κινητών όπως μετριοούνται με μετροταινία ( $r_{1(\text{μετροταινία})}$  και  $r_{2(\text{μετροταινία})}$ ) και όπως μετριοούνται μέσω της πειραματικής διαδικασίας ( $r_1$ ,  $r_2$ ) καθώς και τα αντίστοιχα σφάλματα.**

| Κινητό 1                                                         |           |                                 | Κινητό 2                                                         |           |                                 |
|------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------|
| $R_1$ (m)                                                        | $r_1$ (m) | $r_{1(\text{μετροταινία})}$ (m) | $R_2$ (m)                                                        | $r_2$ (m) | $r_{2(\text{μετροταινία})}$ (m) |
| 0,204                                                            | 0,19      | 0,19                            | 0,123                                                            | 0,1       | 0,1                             |
| <b>Σχετικό σφάλμα</b><br>( $\frac{ \Delta r }{r} \cdot 100 \%$ ) |           | 0 %                             | <b>Σχετικό σφάλμα</b><br>( $\frac{ \Delta r }{r} \cdot 100 \%$ ) |           | 0 %                             |
| $r_1$                                                            |           |                                 | $r_2$                                                            |           |                                 |

## Χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης

Στην παρούσα πειραματική διαδικασία αξιοποιήθηκε η Τεχνητή Νοημοσύνη ως εξής:

1. Οι μαθητές ζητούν από ένα chatbot να τους εξηγήσει με απλά λόγια τις έννοιες: κεντρομόλος επιτάχυνση, γωνιακή ταχύτητα καθώς και τη σχέση  $a = \omega^2 r$ . Οι απαντήσεις δίνονται εξατομικευμένα καθώς οι μαθητές μπορούν να απευθύνουν ένα πλήθος ερωτήσεων ανάλογα με το επίπεδο κατανόησής τους.
2. Δίνονται στους μαθητές οι πίνακες τιμών φυσικών μεγεθών (χρόνος, γωνιακή ταχύτητα, κεντρομόλος επιτάχυνση) σε αρχεία Excel. Τα αρχεία Excel ελήφθησαν μέσω της εφαρμογής Phyrhox που ήταν εγκατεστημένη στα δύο κινητά. Συγκεκριμένα δίνονται στους μαθητές ένας πίνακας τιμών για το κινητό 1 (κινητό ποδηλάτισσας)<sup>28</sup> και ένας πίνακας τιμών για το κινητό 2 (κινητό ποδηλάτη)<sup>29</sup>. Οι μαθητές κατασκευάζουν γραφικές παραστάσεις, υπολογίζουν κλίσεις και επιβεβαιώνουν τις αρχές της κυκλικής κίνησης, αναζητούν υποστήριξη στην επεξεργασία δεδομένων από ένα chatbot. Συγκεκριμένα, ανεβάζουν τις μετρήσεις σε ένα chatbot και λαμβάνουν αυτόματα γραφήματα και υπολογισμούς κλίσεων. Με αυτόν τον τρόπο επιβεβαιώνουν τα αποτελέσματά τους.

## Συμπεράσματα

Στην 3<sup>η</sup> πειραματική διαδικασία επαληθεύτηκε η σχέση της ομαλής κυκλικής κίνησης  $a = \omega^2 r$ , από την αντίστοιχη γραφική παράσταση υπολογίστηκε η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς του αισθητήρα κεντρομόλου επιτάχυνσης του κινητού, αξιοποιήθηκε το πείραμα 2 της παρούσας εργασίας για τη βελτίωση της ακρίβειας των μετρήσεων και μέσω της συγκεκριμένης διόρθωσης επαληθεύτηκε η αρχική μέτρηση με τη βοήθεια της μετροταινίας της ακτίνας της κυκλικής τροχιάς του κέντρου συμμετρίας του κινητού τηλεφώνου. Όπως καταγράφεται στα αποτελέσματα του πίνακα 3.1, η μέθοδος που ακολουθήθηκε αποδείχθηκε ιδιαίτερα ακριβής

<sup>28</sup> <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1tkI3d0hZviyk1yHQdnIs0AfLGFTE3Y-C/edit?usp=sharing&ouid=109437441098602152332&rtpof=true&sd=true>

<sup>29</sup> [https://docs.google.com/spreadsheets/d/1uVyKpqNbK4jao9qrX\\_EsFMWSS-of8Stm/edit?usp=sharing&ouid=109437441098602152332&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1uVyKpqNbK4jao9qrX_EsFMWSS-of8Stm/edit?usp=sharing&ouid=109437441098602152332&rtpof=true&sd=true)

(σχετικό σφάλμα ίσο με 0%). Αξιοποιήθηκε η Τεχνητή Νοημοσύνη για την κατανόηση των εννοιών της κυκλικής κίνησης και τον έλεγχο των αποτελεσμάτων.

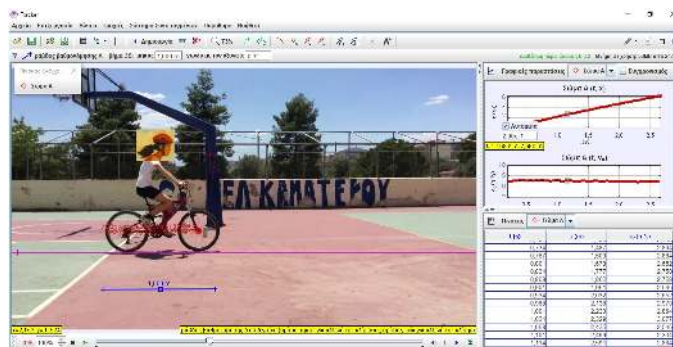
#### Πείραμα 4: Η ποδηλάτισσα και ο ποδηλάτης Νο2: Κύλιση χωρίς ολίσθηση, επαλήθευση της συνθήκης $v_{\gamma\rho} = v_{cm}$ με τη χρήση ποδηλάτου, κινητών τηλεφώνων και του λογισμικού Tracker. Διερεύνηση της έννοιας $\omega$ για την περίπτωση στερεού σώματος

##### Στόχοι

- Αναμένεται να διερευνηθεί εάν κατά τη διάρκεια της ποδηλασίας, η ρόδα του ποδηλάτου εκτελεί κύλιση χωρίς ολίσθηση ελέγχοντας την ισχύ της συνθήκης  $v_{\gamma\rho} = v_{cm}$ .
- Επιπλέον, πρόκειται να διερευνηθεί εάν όλα τα σημεία ενός στερεού σώματος κινούνται με την ίδια γωνιακή ταχύτητα  $\omega$ .

##### Πειραματική διάταξη και διαδικασία

Η πειραματική διάταξη αποτελείται από ένα ποδήλατο, δύο κινητά τηλέφωνα, μία συσκευή καταγραφής βίντεο και το λογισμικό Tracker όπως φαίνεται στην εικόνα 4.1. Τα δύο κινητά τηλέφωνα τοποθετούνται στη μία ρόδα του ποδηλάτου σε διαφορετικές αποστάσεις από το κέντρο της ρόδας όπως φαίνεται στην εικόνα 4.2. Πραγματοποιούνται δύο ποδηλασίες, με ποδηλάτισσα και ποδηλάτη για τη βέλτιστη επαλήθευση των αποτελεσμάτων.



Εικόνα 4.1: Η πειραματική διάταξη/διαδικασία.

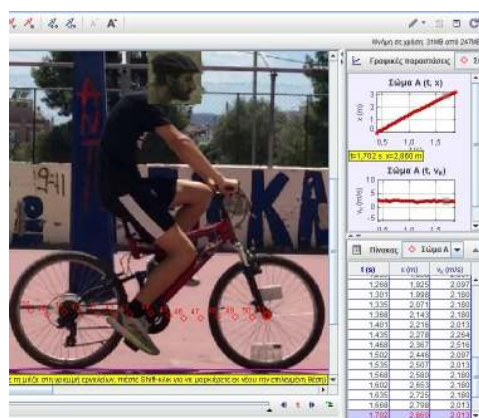
Κατά τη διάρκεια της ποδηλασίας της ποδηλάτισσας και του ποδηλάτη λήφθηκαν μετρήσεις τόσο από τα δύο κινητά τηλέφωνα που ήταν προσαρμοσμένα στη ρόδα του ποδηλάτου όσο και από το λογισμικό Tracker.

Για τα κινητά 1 και 2 λήφθηκαν από την εφαρμογή Phyrhox πίνακες τιμών σε Excel για τα μεγέθη  $t$ ,  $\omega$  και  $a$ . Επιλέχθηκε το χρονικό διάστημα που αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα της κίνησης προς τα δεξιά, της ποδηλάτισσας/του ποδηλάτη. Υπολογίστηκε η μέση τιμή της γωνιακής ταχύτητας για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και από τη σχέση

$$v_{\gamma\rho} = \omega \cdot \frac{d}{2} \quad (4.1)$$

(όπου  $d = 60 \text{ cm}$  η διάμετρος της ρόδας) υπολογίστηκε η γραμμική ταχύτητα ενός σημείου της περιφέρειας της ρόδας.

Μέσω του λογισμικού Tracker υπολογίστηκε η ταχύτητα του κέντρου μάζας CM,  $v_{cm}$ , της ρόδας.



Εικόνα 4.2: Η πειραματική διάταξη/διαδικασία. Η τοποθέτηση των κινητών τηλεφώνων.

## Η ποδηλάτισσα

Κατά τη διάρκεια της πρώτης ποδηλασίας, από την ποδηλάτισσα, λαμβάνονται δεδομένα από την εφαρμογή Phyrhox που είναι εγκατεστημένη και στα δύο κινητά τηλέφωνα τα οποία είναι τοποθετημένα στη ρόδα του ποδηλάτου. Από την εφαρμογή, για το κινητό 1, λαμβάνουμε τον πίνακα τιμών και κατασκευάζουμε την γραφική παράσταση  $\omega - t^{30}$ . Από τον πίνακα τιμών υπολογίστηκε η μέση τιμή της γωνιακής ταχύτητας  $\omega$  για το χρονικό διάστημα που αντιστοιχεί στην κίνηση της ποδηλάτισσας στον θετικό άξονα x (όπως έχει οριστεί στο λογισμικό Tracker):

$$\bar{\omega} = 8,517739 \text{ rad/s} \approx 8,518 \text{ rad/s} \quad (4.2)$$

Αντικαθιστώντας την (4.2) στην σχέση (4.1) και δεδομένου ότι η διάμετρος της ρόδας είναι  $d = 0,6 \text{ m}$ , προκύπτει:

$$v_{\gamma\rho} = 2,55 \text{ m/s} \quad (4.3)$$

Αντίστοιχα, για το κινητό 2, από την εφαρμογή Phyrhox λαμβάνουμε τον πίνακα τιμών για τα μεγέθη  $t$ ,  $\omega$  και  $a$ . Για το χρονικό διάστημα που αντιστοιχεί στην κίνηση της ποδηλάτισσας στον θετικό άξονα x (όπως έχει οριστεί στο λογισμικό Tracker) ο πίνακας τιμών και η αντίστοιχη γραφική παράσταση  $\omega - t^{31}$  μας δίνουν τη μέση τιμή της γωνιακής ταχύτητας  $\omega$ :

$$\bar{\omega} = 8,513949 \text{ rad/s} \approx 8,514 \text{ rad/s} \quad (4.4)$$

Αντικαθιστώντας την (4.4) στην σχέση (4.1) και δεδομένου ότι η διάμετρος της ρόδας είναι  $d = 0,6 \text{ m}$ , προκύπτει:

$$v_{\gamma\rho} = 2,55 \text{ m/s} \quad (4.5)$$

<sup>30</sup> [https://docs.google.com/spreadsheets/d/1wS8sFojtKFwEa0Idf2FYjgtEow\\_VZXdJ/edit?usp=sharing&ouid=109437441098602152332&rtmpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1wS8sFojtKFwEa0Idf2FYjgtEow_VZXdJ/edit?usp=sharing&ouid=109437441098602152332&rtmpof=true&sd=true)

<sup>31</sup>

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1RFgE7O21C7qDkn4j0prj5il9ov7tbM0L/edit?usp=sharing&ouid=109437441098602152332&rtmpof=true&sd=true>

Από το λογισμικό Tracker, λαμβάνουμε τον πίνακα τιμών<sup>32</sup> για τα μεγέθη χρόνος  $t$  και ταχύτητα του κέντρου μάζας της ρόδας,  $v_{cm}$ . Από τον συγκεκριμένο πίνακα τιμών προκύπτει η μέση τιμή της ταχύτητας  $v_{cm}$ :

$$v_{cm} = 2,56 \text{ m/s} \quad (4.6)$$

### Ο ποδηλάτης

Κατά τη διάρκεια της δεύτερης ποδηλασίας, από τον ποδηλάτη, λαμβάνεται αντίστοιχα, για το κινητό 1, ο αντίστοιχος πίνακας τιμών<sup>33</sup> από τον οποίο υπολογίζεται η μέση τιμή για τη γωνιακή ταχύτητα  $\omega$ :

$$\bar{\omega} = 7,368921 \text{ rad/s} \approx 7,369 \text{ rad/s} \quad (4.7)$$

και από τη σχέση (4.1) και δεδομένου ότι η διάμετρος της ρόδας είναι  $d = 0,6 \text{ m}$ , προκύπτει:

$$v_{\gamma\rho} = 2,21 \text{ m/s} \quad (4.8)$$

Αντίστοιχα για το κινητό 2 έχουμε και τον αντίστοιχο πίνακα τιμών<sup>34</sup> έχουμε:

$$\bar{\omega} = 7,36526009 \text{ rad/s} \approx 7,365 \text{ rad/s} \quad (4.9)$$

και

$$v_{\gamma\rho} = 2,21 \text{ m/s} \quad (4.10)$$

Από το λογισμικό Tracker λαμβάνουμε τον πίνακα τιμών<sup>35</sup> για τα μεγέθη χρόνος  $t$  και ταχύτητα του κέντρου μάζας της ρόδας,  $v_{cm}$ . Από τον συγκεκριμένο πίνακα τιμών προκύπτει η μέση τιμή της ταχύτητας  $v_{cm}$ :

$$v_{cm} = 2,21 \text{ m/s} \quad (4.11)$$

Για την ποδηλασία της ποδηλάτισσας, τα αποτελέσματα των μετρήσεων καταγράφονται στον πίνακα 4.1:

**Πίνακας 4.1:** Για κάθε κινητό τηλέφωνο που βρίσκεται στη ρόδα του ποδηλάτου κατά την ποδηλασία της ποδηλάτισσας, υπολογίζονται τα μεγέθη  $\omega$  και  $v_{\gamma\rho}$ . Από το λογισμικό Tracker, υπολογίζεται η ταχύτητα του κέντρου μάζας της ρόδας,  $v_{cm}$ . Για κάθε κινητό, υπολογίζονται τα αντίστοιχα σφάλματα.

| ΠΟΔΗΛΑΤΙΣΣΑ                                                    |                        |                |                                                                |                        |                |
|----------------------------------------------------------------|------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------|------------------------|----------------|
| Κινητό 1                                                       |                        |                | Κινητό 2                                                       |                        |                |
| Tracker                                                        |                        |                | Tracker                                                        |                        |                |
| $\omega$ (rad/s)                                               | $v_{\gamma\rho}$ (m/s) | $v_{cm}$ (m/s) | $\omega$ (rad/s)                                               | $v_{\gamma\rho}$ (m/s) | $v_{cm}$ (m/s) |
| 8,518                                                          | 2,55                   | 2,56           | 8,514                                                          | 2,55                   | 2,56           |
| Σχετικό σφάλμα<br>( $\frac{ \Delta v }{v_{cm}} \cdot 100 \%$ ) |                        |                | Σχετικό σφάλμα<br>( $\frac{ \Delta v }{v_{cm}} \cdot 100 \%$ ) |                        |                |
| 0,39 %                                                         |                        |                | 0,39 %                                                         |                        |                |

<sup>32</sup> [https://docs.google.com/spreadsheets/d/1BFNAwJtoam6Masy58\\_-gOFM5wMubbT8V/edit?usp=sharing&ouid=109437441098602152332&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1BFNAwJtoam6Masy58_-gOFM5wMubbT8V/edit?usp=sharing&ouid=109437441098602152332&rtpof=true&sd=true)

<sup>33</sup> <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1IBPU6-GnhGqMHbaOBQiwQuND7Re7QpZ/edit?usp=sharing&ouid=109437441098602152332&rtpof=true&sd=true>

<sup>34</sup> <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1-zwKQ5kFB8LiiKAHWNppdHb8LXgY6SQI/edit?usp=sharing&ouid=109437441098602152332&rtpof=true&sd=true>

<sup>35</sup> [https://docs.google.com/spreadsheets/d/1mL-a\\_49PsOY6Y8J5jQpBisyRkCxGc2h8/edit?usp=sharing&ouid=109437441098602152332&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1mL-a_49PsOY6Y8J5jQpBisyRkCxGc2h8/edit?usp=sharing&ouid=109437441098602152332&rtpof=true&sd=true)



Για την ποδηλασία του ποδηλάτη, τα αποτελέσματα των μετρήσεων καταγράφονται στον πίνακα 4.2:

**Πίνακας 4.2:** Για κάθε κινητό τηλέφωνο που βρίσκεται στη ρόδα του ποδηλάτου κατά την ποδηλασία του ποδηλάτη, υπολογίζονται τα μεγέθη  $\omega$  και  $v_{γρ}$ . Από το λογισμικό Tracker, υπολογίζεται η ταχύτητα του κέντρου μάζας της ρόδας,  $v_{cm}$ . Για κάθε κινητό, υπολογίζονται τα αντίστοιχα σφάλματα.

| ΠΟΔΗΛΑΤΗΣ                                                      |                |                |                                                                |                |                |
|----------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------------------------------------------------------|----------------|----------------|
| Κινητό 1 Tracker                                               |                |                | Κινητό 2 Tracker                                               |                |                |
| $\omega$ (rad/s)                                               | $v_{γρ}$ (m/s) | $v_{cm}$ (m/s) | $\omega$ (rad/s)                                               | $v_{γρ}$ (m/s) | $v_{cm}$ (m/s) |
| 7,369                                                          | 2,21           | 2,21           | 7,365                                                          | 2,21           | 2,21           |
| Σχετικό σφάλμα<br>( $\frac{ \Delta v }{v_{cm}} \cdot 100 \%$ ) |                |                | Σχετικό σφάλμα<br>( $\frac{ \Delta v }{v_{cm}} \cdot 100 \%$ ) |                |                |
| 0 %                                                            |                |                | 0 %                                                            |                |                |

**Διερεύνηση των εννοιών: γραμμική ταχύτητα  $v_{γρ}$ , γωνιακή ταχύτητα  $\omega$  και της μεταξύ τους σχέσης, της συνθήκης «κύλιση χωρίς ολίσθηση» και της έννοιας, γωνιακή ταχύτητα,  $\omega$ , στερεού σώματος. Παραδείγματα προτροπών για chatbot.**

Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης διερεύνησης έχει σχεδιαστεί φύλλο εργασίας<sup>36</sup> για μαθητές. Στην παράγραφο αυτή θα παρουσιάσουμε, ενδεικτικά μόνο, κάποιες προτροπές που διατυπώθηκαν σε chatbot για τη διερεύνηση των παραπάνω εννοιών.

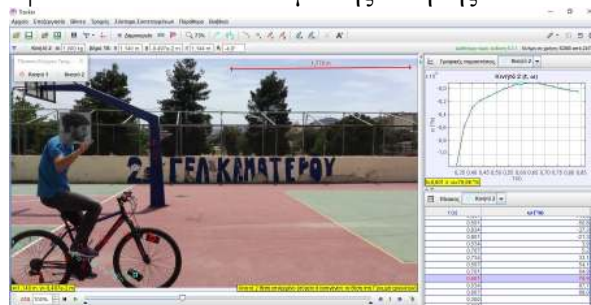
Χρησιμοποιούμε και πάλι το λογισμικό Tracker, λογισμικό ανάλυσης βίντεο και μοντελοποίησης κινήσεων, αυτή τη φορά για να εντοπίσουμε το είδος της κίνησης που εκτελεί ένα υλικό σημείο Α στο κέντρο μάζας του κινητού τηλεφώνου 1. Η τροχιά του σημείου Α και τα αντίστοιχα σημεία των γραφικών παραστάσεων σημειώνονται με κόκκινο χρώμα. Το αποτέλεσμα της κίνησης αποτυπώνεται στην εικόνα 4.3. Επιλέγουμε τη γραφική παράσταση γωνιακή ταχύτητα συναρτήσει του χρόνου,  $\omega$ -t.



**Εικόνα 4.3:** Η γωνιακή ταχύτητα  $\omega$  συναρτήσει του χρόνου  $t$  για το κέντρο συμμετρίας του κινητού 1 (κόκκινα ίχνη).

<sup>36</sup> [https://drive.google.com/file/d/1QWAvI3-mBL2dd55\\_gKgtA21spqIVdupd/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1QWAvI3-mBL2dd55_gKgtA21spqIVdupd/view?usp=sharing)

Αντίστοιχα, επιλέγουμε ένα σημείο B (γαλάζιο χρώμα) το οποίο βρίσκεται στο κέντρο μάζας του κινητού τηλεφώνου 2. Το αποτέλεσμα της κίνησης αποτυπώνεται στην εικόνα 4.4.



**Εικόνα 4.4:** Η γωνιακή ταχύτητα  $\omega$  συναρτήσει του χρόνου  $t$  για το κέντρο συμμετρίας του κινητού 2 (γαλάζια ίχνη).

Από την επεξεργασία όπως αναλύεται στο φύλλο εργασίας και από τα δεδομένα που λαμβάνονται μέσω του λογισμικού Tracker, προκύπτει ότι οι γωνιακές ταχύτητες των κέντρων συμμετρίας των δύο κινητών είναι ίσες.

**Χρήση TN:** Ανεβάζουμε σε ένα chatbot τις δύο προηγούμενες γραφικές παραστάσεις  $\omega$ - $t$  για το Κινητό 1 και για το Κινητό 2. Επαληθεύουμε το συμπέρασμα που βγάλαμε ζητώντας από το chatbot, με την κατάλληλη προτροπή, να συγκρίνει τις γωνιακές ταχύτητες των δύο κινητών. Ενδεικτικά, η απάντηση του chatbot αποτυπώνεται σε αρχείο εικόνας<sup>37</sup>.

## Χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης

- Αξιοποιήθηκε ένα πρόγραμμα Τεχνητής Νοημοσύνης που αφορά στην επεξεργασία φωτογραφιών έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα θόλωμα στην περιοχή του προσώπου των παιδιών που συμμετείχαν σε βιντεοσκόπηση. Το παραγόμενο βίντεο εισήχθη στο λογισμικό Tracker και θεωρήθηκε απαραίτητη η προστασία των προσωπικών δεδομένων και η μη ταυτοποίηση των παιδιών.

- Τα δεδομένα όπως η ακτίνα της ρόδας, οι σχέσεις της κυκλικής κίνησης και οι πίνακες τιμών εισήχθησαν σε ένα chatbot από όπου ελήφθησαν αποτελέσματα τα οποία ελέγχθηκαν και συγκρίθηκαν με εκείνα της παρούσας επεξεργασίας της 4<sup>ης</sup> πειραματικής διαδικασίας.

- Τα συμπεράσματα από τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την πειραματική διαδικασία, ελέγχθηκαν και επαληθεύτηκαν από ένα chatbot.

## Συμπεράσματα

Από τους πίνακες 4.1 και 4.2 συμπεραίνουμε ότι:

- Ισχύει  $v_{yp} = v_{cm}$  (με μια μικρή απόκλιση 0,39% για την περίπτωση της ποδηλάτισσας και με μηδενική απόκλιση, 0%, στην περίπτωση του ποδηλάτη). Η συγκεκριμένη σχέση αποτελεί τη συνθήκη σύμφωνα με την οποία ένα στερεό σώμα εκτελεί κύλιση χωρίς ολίσθηση.
- Η γωνιακή ταχύτητα  $\omega$  και για τα δύο κινητά τηλέφωνα τα οποία βρίσκονται σε διαφορετικές αποστάσεις από το κέντρο της ρόδας, είναι η ίδια (με μια μικρή απόκλιση ίση με 0,005%). Το συμπέρασμα αυτό αποτελεί βασική ιδιότητα των στερεών σωμάτων

<sup>37</sup> <https://drive.google.com/file/d/1eE0z5PqHvoZY-M3zWzzIL4eeQsLkaehF/view?usp=sharing>

σύμφωνα με την οποία όλα τα σημεία ενός στερεού σώματος περιστρέφονται με την ίδια γωνιακή ταχύτητα.

- Η Τεχνητή Νοημοσύνη αξιοποιήθηκε τόσο σε θέματα προστασίας προσωπικών δεδομένων όσο και στον έλεγχο των αποτελεσμάτων (επαλήθευση σχέσεων, γραφικών παραστάσεων και τιμών).

## Βιβλιογραφία

1. Ali, J. K. M., Shamsan, M. A. A., Hezam, T. A., & Mohammed, A. A. Q. (2023). *Impact of ChatGPT on Learning Motivation: Journal of English Studies in Arabia Felix*, 2, 41–49. <https://doi.org/10.56540/jesaf.v2i1.51>
2. Azizahwati, A., Rahmad, M., & Hidayat, F. (2020). *Development of a Circular Motion Experimental Device Using an Arduino Uno Microcontroller*. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1655). IOP Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1655/1/012154>
3. Brown, D., & Cox, A. J. (2009). *Innovative Uses of Video Analysis*. *The Physics Teacher*, 47, 145–150. <https://doi.org/10.1119/1.3081296>
4. Inquiry-based Science Education in Europe: *Reflections from the PROFILES Project, 2012*. Inquiry-based Science Education in Europe: Reflections from the PROFILES Project. (C. Bolte, J. Holbrook, & F. Rauch, Eds.). Berlin. Retrieved from [http://www.profiles-project.eu/Dissemination/PROFILES\\_Book/index.html](http://www.profiles-project.eu/Dissemination/PROFILES_Book/index.html)
5. Kyza, E. A., & Georgiou, Y. (2014). *Teaching and learning in Science Education through the European project PROFILES 2010-14*. Cyprus University of Technology.
6. Larnder, C. I., & Larade, B. (2019). *On the determination of accelerometer positions within host devices*. *American Journal of Physics*, 87(130). <https://doi.org/https://doi.org/10.1119/1.5082536>
7. Mellinger, A. (2025). *Correcting the rolling shutter effect in a video analysis experiment*. *Physics Education*, 60. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/adf2f0>
8. Mendes, G. A., Calazans, F. F. M., e Silva, J. C., Souza, H. T. C. M., & Rebouças, G. (2025). *Uniform circular movement Arduino-based apparatus*. *Physics Education*, 60. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/adedef>
9. Milner-Bolotin, M., & Milner, V. (2025). *Increasing student science, technology, engineering and mathematics engagement through phyphox activities: Three practical examples*. *Future in Educational Research*, 3, 111–126. <https://doi.org/10.1002/fer3.50>
10. Soomro, R. B. K., Soomro, A. B., & Memon, I. (2025, April). *Inquiry-Based Science Teaching and Its Impact on Critical Thinking and Problem-Solving Skills: A Meta-Analysis of STEM Education*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-6365963/v1>
11. Vazquez, C., Espinosa, J., Larrosa, A., Perez, J., Hernandez, C., Perales, E., & Domenech, B. (2025). *Using Mobile Phones to Enhance Optics Education: A Motivational Strategy*. In *2025 IEEE Conference on Education and Training in Optics and Photonics, ETOP 2025 - Proceedings*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ETOP64842.2025.11030691>
12. Wood, F. (1999). *Homer's secret Iliad: the epic of the night skies decoded*. (K. Wood, Ed.). book, London: John Murray.
13. Xu, W., & Ouyang, F. (2022, December). *The application of AI technologies in STEM education: a systematic review from 2011 to 2021*. *International Journal of STEM Education*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH.

- <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00377-5>
14. Yamane, T. (1967). *Statistics; An Introductory Analysis* (2nd Editio). New York: Harper & Row.
  15. Zhao, Y. (2025). *Smartphone-Based Undergraduate Physics Labs: A Comprehensive Review of Innovation, Accessibility, and Pedagogical Impact*. *Physics Education*, 3. <https://doi.org/https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.11363>

\*Το copyright των φωτογραφιών και των σχημάτων ανήκει στην συγγραφέα.

## Υπέρυθρη (IR) φωτογράφιση, ματιές σ' έναν αόρατο κόσμο

*Χαλκιαδάκης Κωνσταντίνος, φυσικός Med, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Ρεθύμνου,  
[chalkia.duck\[a\]gmail.com](mailto:chalkia.duck[a]gmail.com)*

*Λάζος Παναγιώτης, φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Ηλιούπολης, [taklazos\[a\]gmail.com](mailto:taklazos[a]gmail.com)*

### Περίληψη

Οι θερμικές κάμερες ή κάμερες υπέρυθρου είναι συσκευές οι οποίες μπορούν να παράγουν μια εικόνα του περιβάλλοντος με βάση την ένταση της υπέρυθρης ακτινοβολίας που τα σώματα εκπέμπουν. Με τον τρόπο αυτό επιτρέπουν την οπτικοποίηση θερμοκρασιακών διαφορών. Μέσω της οπτικοποίησης σε πραγματικό χρόνο μπορούν να προσεγγιστούν με ελκυστικό τρόπο θέματα που δύσκολα μπορούν να μελετηθούν ποιοτικά με κλασσικά εργαλεία όπως το θερμόμετρο. Στο εργαστήριο θα παρουσιαστούν δραστηριότητες που αφορούν στην αγωγιμότητα, στη διατήρηση, τη μεταφορά και υποβάθμιση της ενέργειας, το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα κ.α. που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μαθήματα των Φυσικών επιστημών στην Δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

### Abstract

Thermal or IR cameras are devices that can produce an image of the environment based on the intensity of the infrared radiation that bodies emit. In this way they allow the visualisation of temperature differences. Through real-time visualisation, subjects that are difficult to study qualitatively with traditional tools such as the thermometer can be approached in an attractive way. In the workshop, activities will be presented on conduction, conservation, energy transfer and degradation, the electromagnetic spectrum, etc. that can be used in secondary school science lessons.

### Εισαγωγή

Οι θερμικές κάμερες ή κάμερες υπέρυθρου (IR-cameras) είναι συσκευές που λειτουργούν με αισθητήρες ευαίσθητους στο υπέρυθρο. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούν μια εικόνα του περιβάλλοντος (ή και απόσπασμα βίντεο) αποδίδοντας σε μια κλίμακα με ψευδοχρώματα τις διαφορετικές τιμές της έντασης της υπέρυθρης ακτινοβολίας που λαμβάνουν από τα σώματα του περιβάλλοντος.

Κάθε σώμα του περιβάλλοντός μας εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που τα χαρακτηριστικά της εξαρτώνται από τη θερμοκρασία του, και βρίσκεται κυρίως στην υπέρυθρη περιοχή του φάσματος. Η θερμική κάμερα ανιχνεύει αυτή την ακτινοβολία και υπολογίζει τη θερμοκρασία με βάση τη θεωρία του «μέλανος σώματος».

Οι περισσότερες θερμικές κάμερες δουλεύουν στο υπέρυθρο φάσμα 8–14  $\mu\text{m}$ , που είναι ιδανικό για μετρήσεις θερμοκρασίας σε καθημερινά υλικά. Η συμπεριφορά όμως των πραγματικών σωμάτων ενδέχεται να διαφέρει πολύ από το εξιδανικευμένο μέλαν σώμα της θεωρίας, το οποίο έχει τη μεγαλύτερη εκπομπή ακτινοβολίας. Για να είναι έγκυροι οι υπολογισμοί χρησιμοποιούμε έναν διορθωτικό παράγοντα, την εκπεμπτικότητα των σωμάτων (emissivity) που αντιστοιχεί στο ποσοστό της ακτινοβολίας του μέλανος σώματος που

εκπέμπει το πραγματικό υλικό. Έτσι αν π.χ  $\varepsilon=1$  τότε το σώμα συμπεριφέρεται σαν «τέλειο» μέλαν σώμα ενώ αν  $\varepsilon=0,1$  τότε το σώμα εκπέμπει το 10% της ακτινοβολίας που θα εξέπεμπε το μέλαν σώμα στην ίδια θερμοκρασία. Οι θερμικές κάμερες επιτρέπουν στον χρήστη να μεταβάλλει την τιμή της εκπνεμπτικότητας ώστε να γίνει η διόρθωση που απαιτείται στον υπολογισμό της θερμοκρασίας. Από τα σώματα της καθημερινότητας τα γυαλισμένα μέταλλα έχουν πολύ μικρή εκπνεμπτικότητα ( $\varepsilon < 0,1$ ).

Οι θερμικές κάμερες χρησιμοποιούνται εδώ και πολλά χρόνια σε πλήθος διαφορετικών εφαρμογών, από τον έλεγχο της θερμικής μόνωσης κτιρίων μέχρι την νυχτερινή όραση σε στρατιωτικές εφαρμογές. Τα τελευταία χρόνια έχουν κατασκευαστεί θερμικές κάμερες σαν εξαρτήματα κινητών τηλεφώνων. Η παραλλαγή αυτή έχει πολλά πλεονεκτήματα που σε συνδυασμό με την οικονομικότερη τιμή τους βρίσκει εφαρμογή εδώ και μερικά χρόνια και στα σχολικά εργαστήρια. Στην εκπαίδευση χρησιμοποιούνται κυρίως για τη μελέτη φαινομένων που σχετίζονται με τη μεταφορά θερμότητας, την αγωγιμότητα, την υποβάθμιση της ενέργειας, το φαινόμενο Joule στον ηλεκτρισμό, τη θερμοκρασία κ.λ.π. Για τις δραστηριότητες που παρουσιάστηκαν χρησιμοποιήθηκε θερμική κάμερα του παραπάνω τύπου.

Η οπτικοποίηση των θερμοκρασιακών διαφορών που προσφέρουν οι θερμικές κάμερες επιτρέπει την προσέγγιση θεμάτων όπως τη διατήρηση της ενέργειας κάνοντας ορατές μικροσκοπικές θερμοκρασιακές διαφορές, σε φαινόμενα μεταφορά ενέργειας που είναι δύσκολο να παρατηρηθούν με άλλο τρόπο (Netzell et al., 2017).

Εκτός από τα θερμικά φαινόμενα όμως οι θερμικές κάμερες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την παρουσίαση φαινομένων οπτικής, αφού στην πράξη αποτελούν όργανα καταγραφής ακτινοβολίας. Η υπέρυθρη ακτινοβολία είναι ηλεκτρομαγνητικό κύμα έτσι ανακλάται, διαθλάται και απορροφάται καθώς διέρχεται μέσα από υλικά (Wong & Subramaniam, 2019).

Σε ένα επόμενο επίπεδο έχει προταθεί η αξιοποίηση των θερμικών καμερών ως εργαλείων μέσω του οποίου οι μαθητές μπορούν να μάθουν σύγχρονα θέματα Φυσικής χρησιμοποιώντας τη γνώση σχετικά με την λειτουργία της, όπως π.χ το φαινόμενο του μέλανος σώματος (Planinšič, et al., 2022).

## Περιγραφή των δραστηριοτήτων

Οι δραστηριότητες που παρουσιάστηκαν εντάσσονται στο μάθημα της Φυσικής, μπορούν δε να πραγματοποιηθούν τόσο στην πρωτοβάθμια όσο και στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση πλασιωμένες με διαφορετικούς εκπαιδευτικούς στόχους. Από αυτές οι τέσσερις πρώτες αφορούν την ενέργεια, την μεταφορά και τις μετατροπές της ενώ οι δύο τελευταίες αφορούν κυματικές ιδιότητες της υπέρυθρης ακτινοβολίας οι οποίες πολύ συχνά είναι πηγές σφαλμάτων στις μετρήσεις θερμοκρασίας.

### 1. Μετατροπές της μηχανικής ενέργειας σε θερμική

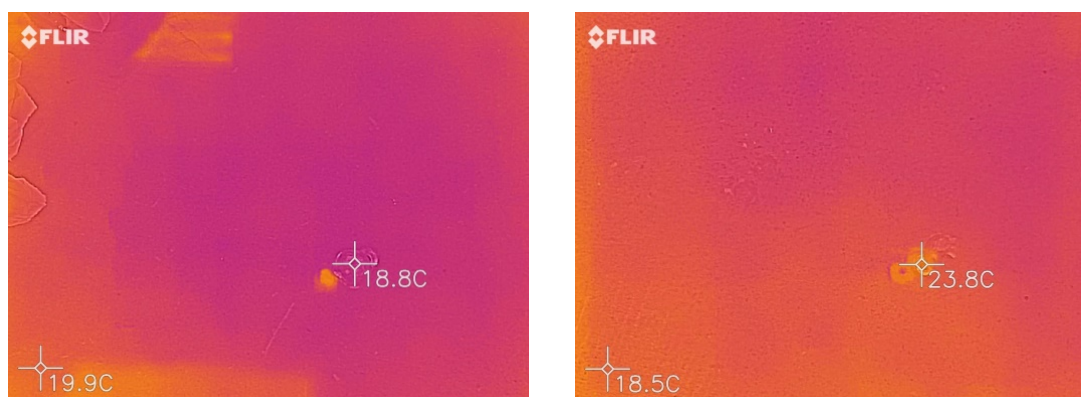
Μία απλή δραστηριότητα για την ανάδειξη της φυσικής σημασίας του έργου της τριβής ολίσθησης είναι η βιντεοσκόπηση ή φωτογράφιση της ολίσθησης ενός σώματος πάνω στο πάτωμα ή σε έναν πάγκο με στόχο να γίνει ορατή η αύξηση της θερμοκρασίας τόσο στην περιοχή από την οποία διέρχεται το σώμα όσο και στο ίδιο το σώμα (εικόνα 1 (Haglund et al., 2015 · Vollmer et al., 2001)).



Σε μία δεύτερη δραστηριότητα ένα μολύβδινο βαρίδι αφήνεται να πέσει δέκα συνεχόμενες φορές από ύψος περίπου 1 m. Στο βαρίδι έχει δεθεί ένα μικρό νήμα ώστε να ο πειραματιστής να το επαναφέρει στο αρχικό ύψος χωρίς να το αγγίζει. Οι φωτογραφίες πριν και μετά τις δέκα πτώσεις δείχνουν αύξηση της θερμοκρασίας του, η οποία οφείλεται σε μετατροπή μέρους της κινητικής ενέργειας σε θερμική ενέργεια εξαιτίας της πλαστικής παραμόρφωσης του σώματος (εικόνα 2) (Haglund et al., 2015).



*Εικόνα 1. Μεταβολή της θερμοκρασίας σε πάγκο εξαιτίας της τριβής ολίσθησης*

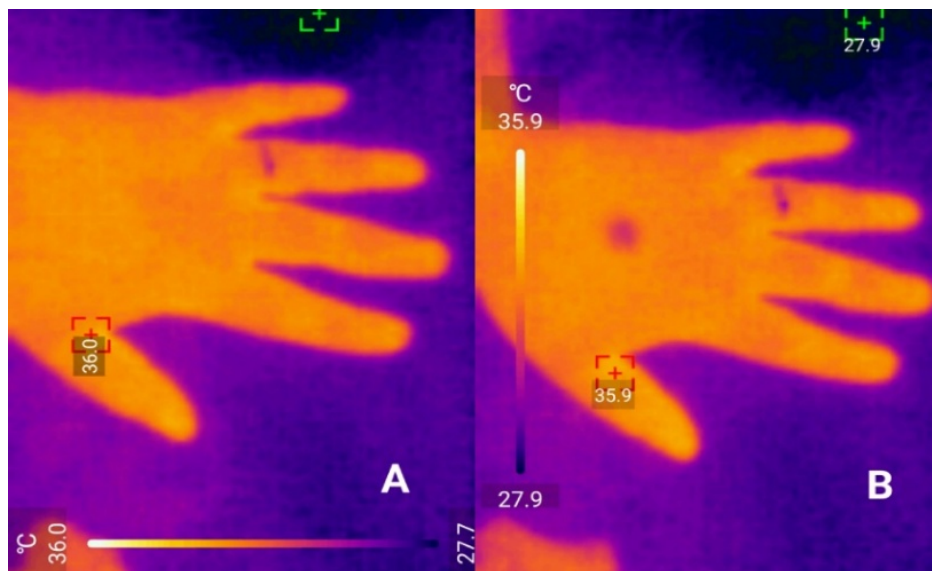


*Εικόνα 2. Μεταβολή της θερμοκρασίας ενός σώματος εξαιτίας της πρόσκρουσής του στο έδαφος*

## 2. Ψύξη από την εξάτμιση ενός υγρού

Είναι γνωστή στους μαθητές η αίσθηση της ψυχρότητας όταν οινόπνευμα ή κάποιο άλλο πτητικό υγρό πέσει πάνω στα χέρια τους. Η αιτία είναι ότι το υγρό εξατμίζεται απορροφώντας θερμότητα από το περιβάλλον του και η θερμοκρασία του σώματος που είναι σε επαφή ελαττώνεται (Κάconský, 2018). Η μείωση αυτή της θερμοκρασίας μπορεί να γίνει εύκολα ορατή αν ρίξουμε λίγο στο χέρι μας όπως φαίνεται στην εικόνα 3 που έχουμε δύο θερμικές καταγραφές ενός χεριού. Χωρίς οινόπνευμα στα αριστερά και με μια σταγόνα στη δεξιά. Παρατηρήστε την μείωση της θερμοκρασίας. Παρατηρήστε επίσης τη βέρα στο δάχτυλο του χεριού, η οποία εμφανίζεται να έχει μικρότερη θερμοκρασία από το δάχτυλο στο οποίο βρίσκεται.

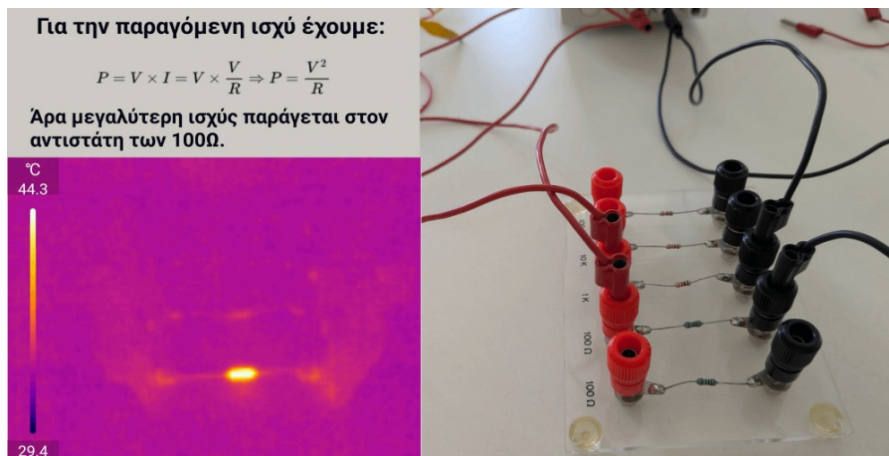
Όπως έχει αναφερθεί στην εισαγωγή για να υπολογιστεί σωστά η θερμοκρασία που υπολογίζεται από το λογισμικό της θερμικής κάμερας θα πρέπει να ρυθμιστεί ο συντελεστής της εκπμπτικότητας (emissivity). Το προφανές λάθος οφείλεται στο ότι η θερμική κάμερα είναι ρυθμισμένη για  $\varepsilon=0.95$  οπότε μετρά αρκετά καλά τη θερμοκρασία του δέρματος ( $\varepsilon=0.98$ ) όχι όμως του μετάλλου της βέρας ( $\varepsilon < 0.1$ ). Αξίζει να υπογραμμιστεί ότι δεν μπορεί στην ίδια εικόνα, με την ίδια ρύθμιση της κάμερας, να καταγράψουμε σωστά τη θερμοκρασία δύο σωμάτων με τόσο διαφορετική τιμή του  $\varepsilon$ .



*Εικόνα 3. Η εξάτμιση του υγρού μειώνει τη θερμοκρασία του δέρματος*

### 3. Ηλεκτρικά κυκλώματα

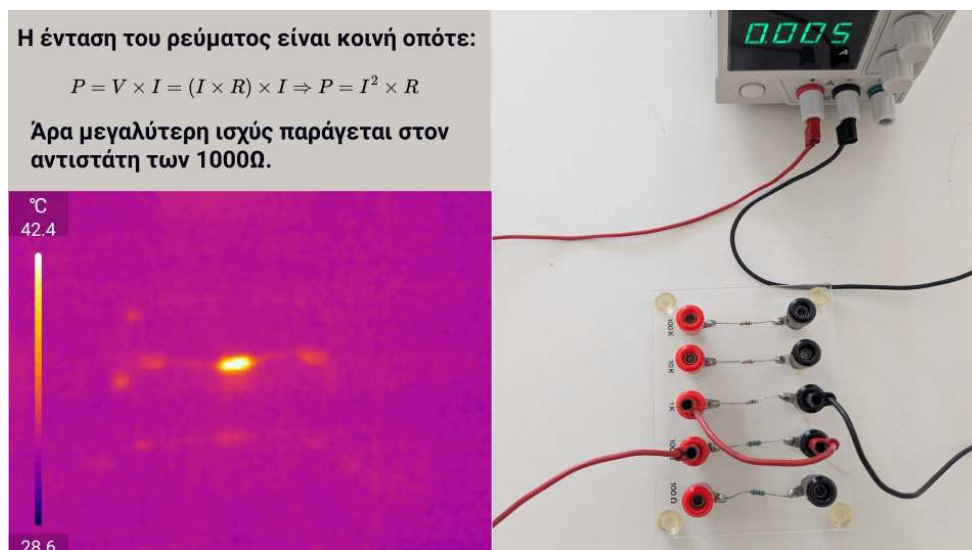
Η χρήση των θερμικών καμερών για τη διερεύνηση του νόμου του Joule έχει προταθεί από τους Baird et al. (2012) και Κάκονσκό, (2018, 2019). Ο νόμος του Joule αναφέρει ότι όλη η ισχύς με την οποία τροφοδοτείται ένας αντιστάτης μετατρέπεται σε θερμότητα.



*Εικόνα 4. Διάταξη αντιστατών σε παράλληλη σύνδεση και η θερμική καταγραφή τους*

Η ακριβής ποσοτική σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται και της ηλεκτρικής ισχύος εξαρτάται από διάφορους παράγοντες και είναι έξω από τους στόχους των προγραμμάτων σπουδών στη σχολική εκπαίδευση, έτσι οι παρακάτω δραστηριότητες προτείνονται για ποιοτική παρουσίαση και διερεύνηση του θέματος.

Στην εικόνα 4 έχουμε συνδέσει παράλληλα δύο αντιστάτες με αντιστάσεις 100Ω και 1000Ω αντίστοιχα. Όταν οι αντιστάτες συνδέονται παράλληλα ο πρώτος από τους δύο (των 100Ω) διαρρέεται από ρεύμα μεγαλύτερης έντασης οπότε και η παραγωγή θερμότητας είναι μεγαλύτερη. Επομένως είναι εκείνος που αποκτά την μεγαλύτερη θερμοκρασία.



**Εικόνα 5. Διάταξη αντιστατών συνδεδεμένων σε σειρά και η θερμική καταγραφή τους**

Στην εικόνα 5 παρουσιάζονται αντιστάτες που συνδέονται σε σειρά. Στην περίπτωση αυτή διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα και ο αντιστάτης των 1000Ω παράγει μεγαλύτερη θερμότητα, οπότε αυτός είναι που αποκτά την υψηλότερη θερμοκρασία.

#### 4. Το φαινόμενο Joule στα δινορεύματα

Τα δινορεύματα (ή ρεύματα Foucault) είναι ηλεκτρικά ρεύματα που επάγονται σε αγωγίμα υλικά όταν αυτά εκτίθενται σε μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο. Το φαινόμενο αυτό εξηγείται μέσω του νόμου του Faraday για την ηλεκτρομαγνητική επαγωγή: καθώς το μαγνητικό πεδίο μεταβάλλεται, δημιουργείται ένα ηλεκτρικό πεδίο με αποτέλεσμα τη δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος.

Τα δινορεύματα βρίσκουν εφαρμογές αλλά και παρουσιάζουν προβλήματα στην τεχνολογία. Για παράδειγμα, αξιοποιούνται σε επαγωγικά φρένα, σε φούρνους επαγωγής, καθώς και σε μη καταστροφικούς ελέγχους μετάλλων. Ωστόσο, μπορεί να οδηγήσουν και σε ανεπιθύμητη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμική σύμφωνα με το νόμο του Joule, ειδικά σε μεταλλικά εξαρτήματα μηχανών και μετασχηματιστών. Γι' αυτόν τον λόγο, στις περισσότερες ηλεκτρικές μηχανές χρησιμοποιούνται λεπτές στρώσεις μετάλλου (λαμαρίνες) για να περιοριστεί η ανάπτυξη δινορευμάτων και να μειωθούν οι απώλειες.

Στη διάταξη της εικόνας 6 ένας μη γυαλιστερός μεταλλικός δίσκος (από λαμπτήρα LED) περιστρέφεται με τη βοήθεια ενός ηλεκτρικού δράπανου. Πολύ κοντά στον δίσκο, αλλά χωρίς να υπάρχει επαφή, είναι σταθερά τοποθετημένοι δύο μαγνήτες νεοδυμίου από σκληρό δίσκο.



**Εικόνα 6. Η προτεινόμενη διάταξη για το φαινόμενο Joule στα δινορεύματα**

Αν ο δίσκος τεθεί σε περιστροφή χωρίς να βρίσκονται δίπλα του οι μαγνήτες δεν παρατηρείται καμία μεταβολή στη θερμοκρασία του. Αν αντίθετα η περιστροφή πραγματοποιηθεί με τους μαγνήτες τότε παρατηρείται άμεση αύξηση της θερμοκρασίας, η οποία στη συγκεκριμένη περίπτωση έφτασε τους 14oC σε χρονικό διάστημα περίπου 30 sec (εικόνα 7).



**Εικόνα 7. Μεταβολή της θερμοκρασίας του δίσκου λόγω δινορευμάτων**

## 5. Ανάκλαση και απορρόφηση.

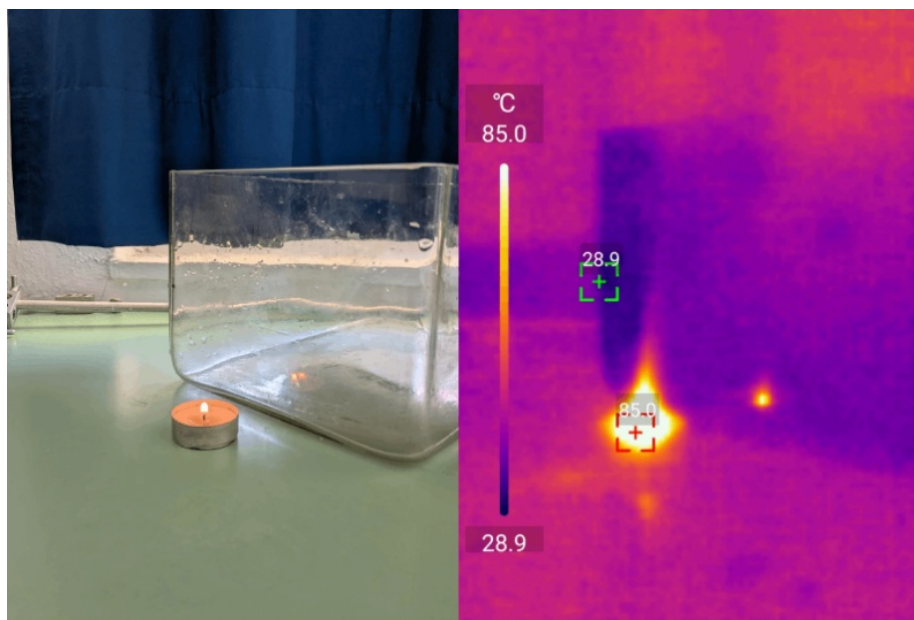
Οι θερμικές κάμερες όπως έχει τονιστεί είναι συσκευές καταγραφής ακτινοβολίας. Οι κυματικές ιδιότητες της υπέρυθρης ακτινοβολίας (ανάκλαση, διάθλαση κ.λπ.) είναι παρούσες και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για να μην οδηγούν σε εσφαλμένες εκτιμήσεις για την τιμή της θερμοκρασίας.

Παρατηρείστε επίσης ότι μπροστά στο κεράκι εμφανίζεται ένα δεύτερο πιο αχνό είδωλο που οφείλεται στην ανάκλαση της ακτινοβολίας στην γυαλιστερή επιφάνεια της έδρας πάνω στην οποία είναι τοποθετημένο. Η υπέρυθρη ακτινοβολία ανακλάται επίσης και σε λείες



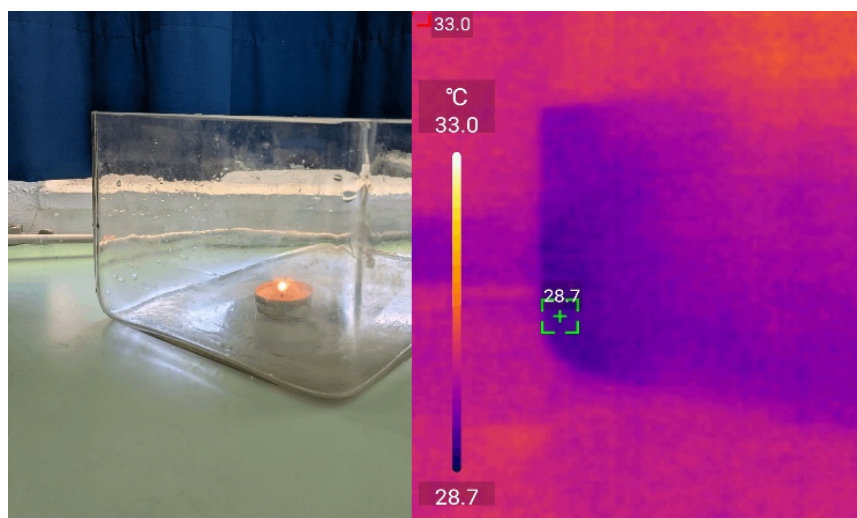
μεταλλικές επιφάνειες. Συνεπώς στις μετρήσεις θερμοκρασίας ενδεχομένως να εμφανίζονται ψευδείς τιμές που προκύπτουν από είδωλα ανακλάσεων.

Παρατηρήστε το είδωλο του κεριού όπως εμφανίζεται στην γυάλινη λεκάνη τόσο στο ορατό φως όσο και στην υπέρυθρη (εικόνα 8).



**Εικόνα 8. Ανάκλαση της υπέρυθρης ακτινοβολίας στην γυάλινη επιφάνεια**

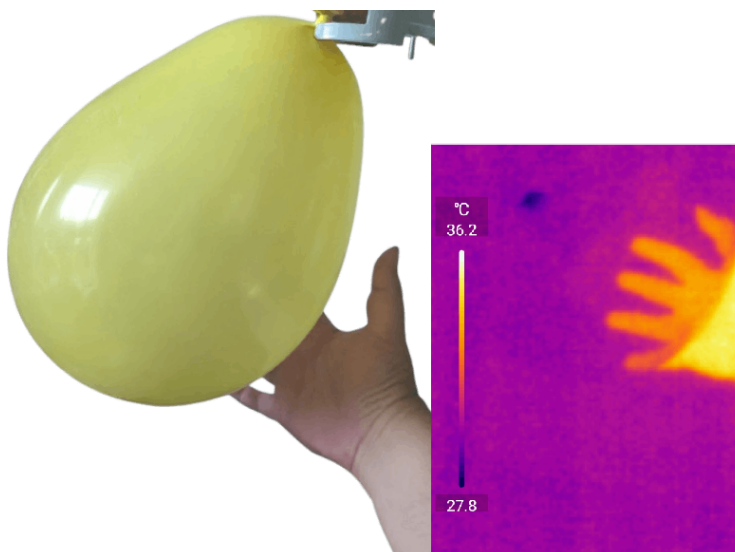
Εδώ παρατηρείται άλλος ένας περιορισμός της θερμικής κάμερας. Η εκτίμηση της μέγιστης θερμοκρασίας στους  $85^{\circ}\text{C}$ , που καταγράφεται πάνω στη φλόγα του κεριού, είναι λανθασμένη, καθώς η φλόγα έχει πάνω από δεκαπλάσια θερμοκρασία από αυτήν. Ο λόγος είναι ότι οι θερμικές κάμερες δεν μπορούν να υπολογίσουν με ακρίβεια θερμοκρασία αερίων για τα οποία δεν μπορούμε να υποθέσουμε ότι προσεγγίζουν το «μέλαν σώμα».



**Εικόνα 9: Το γυαλί απορροφά το υπέρυθρο και το κεράκι «εξαφανίζεται»**

Στην εικόνα 9 παρατηρούμε ότι το κεράκι μέσα στην λεκάνη εξαφανίζεται στο υπέρυθρο και συμπεραίνουμε ότι το γυαλί απορροφά την υπέρυθρη ακτινοβολία. Αντίθετα το κίτρινο μπαλόνι (εικόνα 10) είναι σχεδόν ολότελα διάφανο στο υπέρυθρο και αδιάφανο στο ορατό

Αξίζει εδώ να παρατηρήσουμε κάτι ακόμη στην εικόνα στο υπέρυθρο που σχετίζεται με την προηγούμενη δραστηριότητα. Η μπλε κηλίδα στα αριστερά πάνω στο μπαλόνι δεν υποδηλώνει χαμηλότερη θερμοκρασία από την υπόλοιπη επιφάνεια του μπαλονιού. Πρόκειται για είδωλο ανάκλασης. Προσέξτε στην φωτογραφία στο ορατό φως το είδωλο του ανοιχτού παραθύρου!

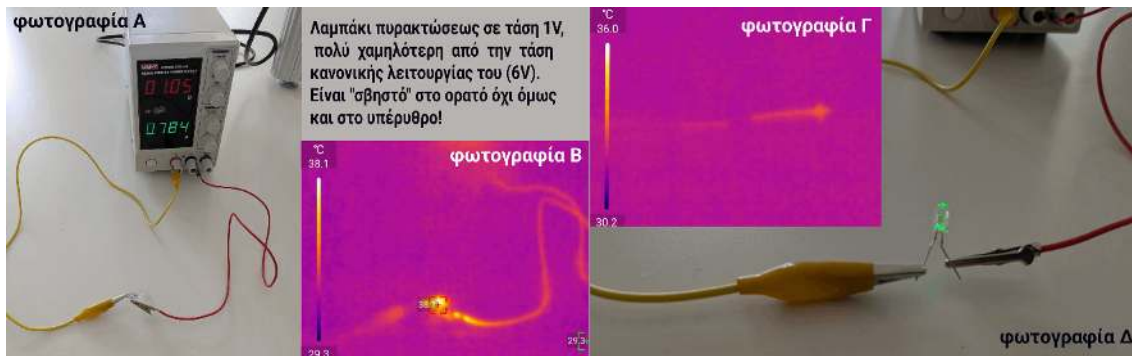


*Εικόνα 10: Το μπαλόνι, είναι αδιαφάνες στο ορατό αλλά διάφανο στο υπέρυθρο*

## 6. Λαμπτήρας πυρακτώσεως έναντι λαμπτήρα LED

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την κάμερα για να καταδείξουμε τη διαφορά ανάμεσα σε λαμπτήρες πυρακτώσεως με φωτεινές πηγές όπως οι λαμπτήρες LED, οι λαμπτήρες φθορισμού ή τα Λείζερ. Από όλες αυτές τις φωτεινές πηγές εκείνες που πλησιάζουν περισσότερο το πρότυπο του μέλανος σώματος είναι οι λαμπτήρες φωτισμού οι οποίοι παράγουν θερμική ακτινοβολία εξαιτίας του φαινομένου Joule. Στην εικόνα 11 παρατηρούμε δύο φωτογραφίες (Α και Β) ενός λαμπτήρα πυρακτώσεως που διαρρέεται από ρεύμα πολύ μικρότερο από το ρεύμα κανονικής λειτουργίας του. Ο λαμπτήρας ακτινοβολεί έντονα στο υπέρυθρο αλλά καθόλου στο ορατό φως. Στην ίδια εικόνα και στις φωτογραφίες Γ και Δ έχουμε τροφοδοτήσει έναν λαμπτήρα LED ο οποίος παράγει πράσινο φως στο ορατό ενώ δεν καταγράφεται καθόλου υπέρυθρη ακτινοβολία γιατί το φως παράγεται από ηλεκτρική διέγερση ημιαγωγών και όχι από θέρμανση. Παρατηρήστε στη φωτογραφία Δ ότι απεικονίζονται τα κροκοδειλάκια που κρατούν το LED τα οποία θερμαίνονται καθώς διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα. Το δεξιό μάλιστα φαίνεται να εκπέμπει εντονότερα επειδή δεν περιβάλλεται από μονωτικό κάλυμμα.





**Εικόνα 11 : Λάμπα πυρακτώσεως στις Α και Β φωτογραφίες και LED στις Γ και Δ**

## Συμπεράσματα

Η θερμική κάμερα, πέρα από ένα εργαλείο μέτρησης, μπορεί να αποτελέσει ένα ισχυρό όχημα διερεύνησης, οπτικοποίησης και κατανόησης φαινομένων που διαφορετικά μπορεί να παραμείνουν αφηρημένα και απροσπέλαστα για κάποιους από τους μαθητές. Η χρήση της μπορεί να εμπλουτίσει τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών ενισχύοντας τον πειραματισμό και την επιστημολογική σκέψη και να προκαλέσει γόνιμο διάλογο για θέματα μέτρησης, ασφαμάτων και επιστημονικών μοντέλων. Αξίζει να διερευνηθούν περαιτέρω τρόποι αξιοποίησης τέτοιων τεχνολογιών στη σχολική εκπαίδευση.

## Βιβλιογραφία

1. W. H. Baird, C. Richards, P. Godbole: 'Advanced Imaging of Elementary Circuits' The Physics Teacher, 50(9), (2012), σελ. 561–562. <https://doi.org/10.1119/1.4767496>
2. J. Haglund, F. Jeppsson, D. Hedberg, K. J. Schönborn: 'Thermal cameras in school laboratory activities' Physics Education, 50(4), (2015), σελ. 424-430. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/50/4/424>
3. P. Kácovský: 'Thermal Imaging Experiments as an Inspiration for Problem-based Learning' The Physics Teacher, 56(9), (2018), σελ. 596–599. <https://doi.org/10.1119/1.5080571>
4. P. Kácovský: 'Electric Circuits as Seen by Thermal Imaging Cameras' The Physics Teacher, 57(9), (2019), σελ. 597–599. <https://doi.org/10.1119/1.5135785>
5. E. Netzell, F. Jeppsson, J. Haglund, K. J. Schönborn: 'Visualising energy transformations in electric circuits with infrared cameras' School Science Review, 98(364), (2017), σελ. 19–22.
6. G. Planinšič, U. Nered & E. Etkina: 'An Infrared Camera: Multiple Ways to Use a Modern Device in Introductory Physics Courses' In Thermal Cameras in Science Education (2022). (σελ. 147-167). Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-85288-7\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-85288-7_10)
7. M. Vollmer, K.-P. Möllmann, F. Pinno, D. Karstädt: 'There is more to see than eyes can detect'. The Physics Teacher, 39(6), (2001), σελ. 371–376. <https://doi.org/10.1119/1.1407135>
8. C. P. Wong, R. Subramaniam: 'Seeing in a different light—using an infrared camera to teach heat transfer and optical phenomena' Physics Education, 53(3), (2018) <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aaa5ee>

\*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στους συγγραφείς.

## Επαγγέλματα STEM ενός ουτοπικού ή δυστοπικού μέλλοντος

*Βίλλιας Γεώργιος, Βιολόγος, Αναξαγόρειο Γενικό Λύκειο Νέας Ερυθραίας  
[gvillias\[a\]hotmail.com](mailto:gvillias[a]hotmail.com)*

*Βαρβάρα Μανά, πληροφορικής, 1ο Γυμνάσιο Χαϊδαρίου, [barbaramama7\[a\]yahoo.gr](mailto:barbaramama7[a]yahoo.gr)*

### Περίληψη

Η τέχνη, εδώ και αιώνες, αποτελεί μέσο έκφρασης, δημιουργίας, και απεικόνισης του πραγματικού και φανταστικού κόσμου. Δεν είναι όμως λίγες οι φορές που έχει διαδραματίσει προφητικό ρόλο στην ανθρώπινη ιστορία και έχει επηρεάσει την εξέλιξή της, με τους αντίστοιχους καλλιτέχνες-δημιουργούς να μοιράζονται μέσα από τα έργα τους αποκαλυπτικές εικόνες ενός ιδανικού (ουτοπία) ή ζοφερού (δυστοπία) μέλλοντος που οραματίζονται ή αναμένουν. Με την πένα τους, σπουδαίοι λογοτέχνες του παρελθόντος, περιέγραψαν για πρώτη φορά κάποια από τα επαγγέλματα της σημερινής εποχής, σε μια χρονική περίοδο που δεν υπήρχαν. Όπως και τότε, έτσι και τώρα, η τέχνη, και κυρίως η «έβδομη τέχνη», δηλαδή ο κινηματογράφος, έχει καταφέρει να οπτικοποιήσει τις δημιουργικές ιδέες διορατικών ανθρώπων σχετικά με τα μελλούμενα.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιώντας μια παιγνιώδη διδακτική προσέγγιση ενθαρρύνεται η έρευνα, ο διάλογος και η κριτική σκέψη των μαθητών σχετικά με τα επαγγέλματα του μέλλοντος. Αντλώντας στοιχεία από τον κινηματογράφο, τις επιστημονικές εξελίξεις και τις κοινωνικές τάσεις, εντοπίσαμε ταχέως αναδυόμενα και πιθανά επαγγέλματα του κλάδου STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics). Με την υποστήριξη της υπάρχουσας βιβλιογραφίας και εργαλείων παραγωγικής τεχνητής νοημοσύνης (generative AI), δημιουργήσαμε περιγραφικά φύλλα καριέρας, διαδραστικές δραστηριότητες και παιχνίδια σχεδιασμένα για ημέρες καριέρας και επιστημονικές εκθέσεις. Αυτοί οι εκπαιδευτικοί πόροι έχουν ως στόχο να ενημερώσουν και να εμπνεύσουν τους μαθητές σχετικά με τις μελλοντικές ευκαιρίες STEM και τις προοπτικές τους, ενώ τους παροτρύνουν να σκεφτούν πώς η επιστήμη και η τεχνολογία μπορούν να διαμορφώσουν τη σύγχρονη κοινωνία.

### Abstract

Art has been a means of expression, creation, and depiction of the real and imaginary world for centuries. However, there are many times when it has played a prophetic role in human history and has influenced its evolution, with the respective artists-creators sharing through their works revealing images of an ideal (utopia) or gloomy (dystopia) future that they envision or expect. With their pen, great writers of the past described for the first time some of the professions of today, in a period of time that did not exist. As then, so now, art, and especially the “seventh art”, namely cinema, has managed to visualize the creative ideas of insightful people regarding the future.

-----  
**Σημείωση υπεύθυνης έκδοσης:** η εργασία παρουσιάστηκε εκτός συναγωνισμού στους 13<sup>ους</sup> Πανελλήνιους Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών και ως join project στο Ευρωπαϊκό φεστιβάλ

In this paper, using a playful teaching approach, we encourage students' research, dialogue and critical thinking about the professions of the future. Drawing on evidence from cinema, scientific developments and social trends, we identified rapidly emerging and potential STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) professions. With the support of existing literature and generative AI tools, we created descriptive career sheets, interactive activities and games designed for career days and science fairs. These educational resources aim to inform and inspire students about future STEM opportunities and their prospects, while encouraging them to think about how science and technology can shape modern society.

## Εισαγωγή / Θεωρητική θεμελίωση

Ανάμεσα στα αναδυόμενα επαγγέλματα του κλάδου STEM, που γνωρίζουν συνεχή ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια ή αναμένεται να εμφανιστούν στο άμεσο μέλλον, ως αποτέλεσμα των επιστημονικών και τεχνολογικών εξελίξεων, συγκαταλέγονται τα ακόλουθα δεκαπέντε (15). Για καθένα από τα επαγγέλματα αυτά παρουσιάζεται μια σύντομη περιγραφή του καθώς και η σχετική σύνδεσή τους με ταινίες επιστημονικής φαντασίας:

| <i>Επάγγελμα STEM</i>                                                                  | <i>Περιγραφή</i>                                                     | <i>Ταινία</i>                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Μηχανικός Γαιοποίησης</b><br>(Terraforming Engineer)                                | Αναπτύσσει τεχνολογία για να καταστήσει τους πλανήτες κατοικήσιμους. | <i>Total recall (1990) / Red planet (2000) / Mission to Mars(2000) / The Martian (2015)</i> – Επιβίωση και πλανητική μηχανική. |
| <b>Γενετικός Μηχανικός και Βιοτεχνολόγος</b><br>(Genetic Engineer and Biotechnologist) | Βελτιώνει τη γενετική και θεραπεύει ασθένειες.                       | <i>Gattaca (1997)</i> – Γενετικές τροποποιήσεις και «σχεδιασμένα» μωρά.                                                        |
| <b>Μηχανικός Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας</b><br>(Renewable Energy Engineer)            | Αναπτύσσει καθαρές και ανεξάντλητες πηγές ενέργειας.                 | <i>Elysium (2013)</i> – Διαστημικοί οικισμοί που τροφοδοτούνται από προηγμένη ενέργεια.                                        |
| <b>Ερευνητής Εξωπλανητών</b><br>(Exoplanet Surveyor)                                   | Εντοπίζει κατοικήσιμους κόσμους για αποικισμό.                       | <i>Prometheus (2012)</i> – Εξερεύνηση του διαστήματος και πλανητών.                                                            |
| <b>Ελεγκτής Διαστημικής Κυκλοφορίας</b><br>(Space Traffic Controller)                  | Διαχειρίζεται τη διαστρική και τροχιακή κυκλοφορία.                  | <i>The Expanse (2015 – Series)</i> – Διαστημική λογιστική και διακυβέρνηση.                                                    |
| <b>Ειδικός Κρυονικής</b><br>(Cryonics Specialist)                                      | Αναπτύσσει τεχνολογίες κατάψυξης και επαναφοράς.                     | <i>Passengers (2016)</i> – Κρυογονικός ύπνος στο διάστημα.                                                                     |
| <b>Επιστήμονας Ηθικής</b>                                                              | Ρυθμίζει και προάγει την                                             | <i>The Island (2005)</i> –                                                                                                     |

|                                                                                                     |                                                                                                  |                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Κλωνοποίησης</b><br>(Ethical Cloning Scientist)                                                  | τεχνολογία ανθρώπινης κλωνοποίησης.                                                              | Ηθική της ανθρώπινης κλωνοποίησης.                                                                                                     |
| <b>Ειδικός Σμηνών Drones</b><br>(Swarm Drone Specialist)                                            | Διαχειρίζεται την ευφυΐα των drones.                                                             | <i>Spider-Man: Far From Home (2019)</i> – Μαζικός έλεγχος ταυτόχρονα λειτουργούντων drones.                                            |
| <b>Ειδικός Κυβερνοασφάλειας</b><br>(Cybersecurity Specialist)                                       | Προστατεύει από επιθέσεις hacking, παρακολούθηση και απειλές TN.                                 | <i>The Matrix (1999)</i> – Δυστοπία ελεγχόμενη από TN.                                                                                 |
| <b>Αναλυτής Προπαγάνδας Τεχνητής Νοημοσύνης</b><br>(AI Propaganda Analyst)                          | Αποκρυπτογραφεί deepfakes και χειραγωγικό περιεχόμενο που παράγεται από TN.                      | <i>1984 (1984)</i> – Παραπληροφόρηση από κυβερνητικά μέσα.                                                                             |
| <b>Ειδικός Παραγωγής Συνθετικής Τροφής</b><br>(Synthetic Food Developer)                            | Δημιουργεί εργαστηριακά καλλιεργημένα τρόφιμα ή πρωτεΐνη από έντομα.                             | <i>Soylent Green (1973)</i> – Επισιτιστικές ελλείψεις σε υπερπληθυσμένο κόσμο.                                                         |
| <b>Ειδικός Νανοϊατρικής</b><br>(Nanomedicine Specialist)                                            | Χρησιμοποιεί νανοτεχνολογία για διάγνωση, στοχευμένη χορήγηση φαρμάκων και θεραπεία ασθενειών.   | <i>Transcendence (2014)</i> / <i>Innerspace (1987)</i> – Εξελίξεις στη θεραπεία καρκίνου, στην επιδιόρθωση ιστών και στην αντιγήρανση. |
| <b>Προγραμματιστής Επαυξημένης (AR) και Εικονικής Πραγματικότητας (VR)</b><br>(AR and VR Developer) | Σχεδιάζει εμπυθιστικούς εικονικούς κόσμους για εργασία, εκπαίδευση και ψυχαγωγία.                | <i>Inception (2010)</i> – Μετασχηματισμός της απομακρυσμένης συνεργασίας και μάθησης.                                                  |
| <b>Ειδικός Διαστημικής Γεωργίας</b><br>(Space Agriculture Specialist)                               | Αναπτύσσει συστήματα καλλιέργειας για παραγωγή τροφής στο διάστημα ή σε ακραίες συνθήκες στη Γη. | <i>The Martian (2015)</i> / <i>Interstellar (2014)</i> – Υποστηρίζει τον μακροχρόνιο αποικισμό του διαστήματος.                        |
| <b>Ειδικός Βιορομποτικής</b><br>(Biorobotics Specialist)                                            | Εφαρμόζει τις αρχές της βιομημητικής για τον σχεδιασμό ρομποτικών μηχανών.                       | <i>Blade Runner (1982)</i> / <i>RoboCop (1987)</i> - Ανδροειδή και βιονικοί άνθρωποι σε δράση.                                         |

## Εκπαιδευτικοί στόχοι

Οι δραστηριότητες που αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας επιδιώκουν:

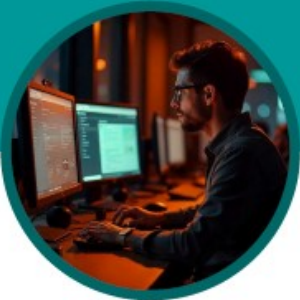
- ☐ να εισαγάγουν τους μαθητές/τριες σε αναδυόμενες σταδιοδρομίες STEM μέσω συστηματικής διερεύνησης μελλοντικών επαγγελματικών προφίλ.
- ☐ να ενισχύσουν την επαγγελματική ευαισθητοποίηση και τον προσανατολισμό σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα όπου τα επίσημα μαθήματα Επαγγελματικού Προσανατολισμού είναι περιορισμένα ή ανύπαρκτα, προσφέροντας ουσιαστικούς πόρους για ενημερωμένες επιλογές καριέρας.
- ☐ να εμπλέξουν τους μαθητές/τριες με διαδραστικές και παιγνιώδεις μεθόδους μάθησης, όπως «Το Μαντείο των STEM Επαγγελλμάτων», το ψηφιακό escape room «Απόδραση από το Elysium», καθώς και άλλα προσαρμοσμένα επιτραπέζια παιχνίδια («Βρες τα ζεύγη», «Μάντεψε Ποιος!», μετατρέποντας την εξερεύνηση επαγγελλμάτων σε μια ευχάριστη και αξέχαστη εμπειρία.
- ☐ να ενθαρρύνουν τη διεπιστημονικότητα, συνδέοντας τις σταδιοδρομίες STEM με την τέχνη, τη λογοτεχνία και την επιστημονική φαντασία, ώστε οι μαθητές/τριες να σκεφτούν κριτικά πώς η δημιουργικότητα και η επιστήμη συνδιαμορφώνουν την κοινωνία και το μέλλον.
- ☐ να προσφέρουν προσαρμόσιμους και αναπαραγώγιμους εκπαιδευτικούς πόρους (ψηφιακούς και εκτυπώσιμους), οι οποίοι μπορούν να αξιοποιηθούν εύκολα από εκπαιδευτικούς σε τάξεις, εκθέσεις επιστήμης ή ημερίδες σταδιοδρομίας σε διαφορετικά εκπαιδευτικά συστήματα.
- ☐ να καλλιεργήσουν την κριτική σκέψη και τον προσανατολισμένο στο μέλλον διάλογο μεταξύ των μαθητών/τριών, αξιοποιώντας πραγματικές επιστημονικές εξελίξεις, κοινωνικές τάσεις και δημιουργικές εικασίες ως αφετηρία για να φανταστούν και να αξιολογήσουν τα επαγγέλματα του αύριο.

## Περιγραφή κατασκευών / δραστηριοτήτων

### Περιγραφικά Φύλλα Καριέρας STEM

Για κάθε αναδυόμενο επάγγελμα στον χώρο του STEM δημιουργήσαμε ένα περιγραφικό φύλλο καριέρας, το οποίο περιλαμβάνει:

- Σύντομη περιγραφή του επαγγέλματος για κατανόηση του αντικειμένου και του ρόλου του.
- Πηγές έμπνευσης, κυρίως από τον κινηματογράφο και την τέχνη, που συνδέουν τη φαντασία με την πραγματικότητα του επαγγέλματος.
- Παρουσίαση μιας τυπικής ημέρας εργασίας, με αναφορά στα καθήκοντα, τις αρμοδιότητες και τις βασικές δραστηριότητες.
- Μονοπάτι σπουδών και σταδιοδρομίας, με τα απαραίτητα βήματα εκπαίδευσης και εξειδίκευσης.
- Απαιτούμενες δεξιότητες, τόσο τεχνικές όσο και οριζόντιες, που είναι κρίσιμες για την επιτυχία στον συγκεκριμένο κλάδο.
- Επαγγελματικές προοπτικές, με ενδεικτικούς χώρους απασχόλησης και εταιρείες στις οποίες μπορεί να εργαστεί κάποιος.
- Προκλήσεις του επαγγέλματος, που ενδέχεται να συναντήσει ένας επαγγελματίας στην πορεία της καριέρας του.



## AI Propaganda Analyst

STEM Career sheet for secondary school students



### Overview of the Job

An **AI Propaganda Analyst** specializes in detecting, analysing, and mitigating the influence of artificial intelligence-driven propaganda. They use machine learning, data analytics, and psychological research to combat misinformation, deepfakes, and algorithmic manipulation in media and political discourse. Their work is crucial in preserving democratic processes, ensuring ethical AI deployment, and maintaining information integrity.



### Inspirations

AI Propaganda Analysts are often **inspired by the increasing role of artificial intelligence in shaping public opinion**. Movies like *The Social Dilemma* and *Minority Report* highlight the dangers of digital manipulation, while *Ghost in the Shell* and *Ex Machina* explore AI's impact on human perception and society. The rise of deepfake technology and AI-generated news has made this field more critical than ever.



### Typical Working Day

- Develop and train AI models to detect disinformation campaigns.
- Analyse social media trends and news sources for propaganda patterns.
- Investigate deepfake videos and synthetic media manipulation.
- Work with cybersecurity teams to counteract AI-generated misinformation attacks.
- Collaborate with policymakers and ethical committees on AI regulations.

**Εικόνα 1: Περιγραφικό φύλλο καριέρας για το επάγγελμα του Αναλυτή Προπαγάνδας Τεχνητής Νοημοσύνης.**

### Παιχνίδι Καρτών «Βρες τα ζεύγη»

Με βάση τα επιλεγμένα επαγγέλματα STEM, σχεδιάσαμε ένα παιχνίδι καρτών με 30 κάρτες (15 ζεύγη, καθεμία αντιπροσωπεύει ένα επάγγελμα STEM). Οι κάρτες τοποθετούνται κλειστές στο τραπέζι και οι παίκτες προσπαθούν εναλλάξ να βρουν τα ζευγάρια. Όταν εντοπίζεται ένα ζευγάρι, οι παίκτες μπορούν να κερδίσουν επιπλέον πόντους απαντώντας



σωστά σε ερωτήσεις που σχετίζονται με το συγκεκριμένο επάγγελμα, συνδυάζοντας μνήμη και γνώση καριέρας.



Εικόνα 2: Κάρτα παιχνιδιού «Βρες τα ζεύγη» (μπροστινή και πίσω πλευρά).

### Παιχνίδι «Το Μαντείο των STEM Επαγγελμάτων»



Εικόνα 3: Screenshots από το διαδραστικό «ψηφιακό» Μαντείο (μέσω tablet).

Το παιχνίδι δημιουργεί μια ατμόσφαιρα μυστηρίου, όπου οι μελλοντικές επαγγελματικές πορείες των μαθητών αποκαλύπτονται μέσα από τη μυστική σφαίρα του Nuru Zuberi, του Μάντη Επαγγελμάτων STEM, ο οποίος εμφανίζεται ειδικά στην Ημέρα Καριέρας του σχολείου. Ως «μέντιουμ», ο Nuru καλεί τους μαθητές-παίκτες να μπουν στον χώρο του και να ανακαλύψουν το επαγγελματικό τους μέλλον. Με τη χρήση καρτών τύπου Ταρώ και σε φυσικό περιβάλλον ή μέσω μιας διαδραστικής παρουσίασης σε ψηφιακό tablet, ο Μάντης καθοδηγεί κάθε μαθητή προς ένα επάγγελμα STEM που ταιριάζει με τα ενδιαφέροντα και τις κλίσεις του. Πέρα από το στοιχείο της διασκέδασης, ο Nuru παρέχει ουσιαστικές πληροφορίες για το αποκαλυπτόμενο επάγγελμα—τις προοπτικές του, τις απαραίτητες δεξιότητες και τα εκπαιδευτικά βήματα που απαιτούνται. Συνδυάζοντας τη «γλώσσα» της μαντείας με την επαγγελματική καθοδήγηση, το παιχνίδι μετατρέπει την εμπειρία πρόβλεψης σε έναν διασκεδαστικό και αξέχαστο τρόπο εξερεύνησης νέων επαγγελμάτων STEM.



*Εικόνα 4: Ειδικές κάρτες τύπου Ταρώ για STEM επαγγελματικό προσανατολισμό.*

### Ψηφιακό Escape Room «Απόδραση από το Elysium»

Αναπτυγμένο στο Genially, το διαδραστικό αυτό ψηφιακό escape room τοποθετεί τους παίκτες στον ρόλο φυλακισμένων στον διαστημικό σταθμό Elysium. Για να αποδράσουν, πρέπει να κινηθούν σε διαφορετικές περιοχές της εγκατάστασης, να συλλέξουν πόρους και να βρουν την έξοδο χωρίς να γίνουν αντιληπτοί. Η πρόοδος εξαρτάται από την ορθή απάντηση



*Εικόνα 4: Screenshots από το Ψηφιακό Escape Room «Απόδραση από το Elysium».*



σε ερωτήσεις σχετικές με διαστημικά επαγγέλματα STEM. Στην πορεία, οι μαθητές έρχονται σε επαφή με πεδία αιχμής όπως η Βιορομποτική, η Νανοϊατρική, τα Συνθετικά Τρόφιμα, η Αστροβιολογία και η Διαστημική Επιστήμη, μετατρέποντας την περιπέτεια σε μια συναρπαστική αλλά και εκπαιδευτική εμπειρία.

### Παιχνίδι «Μάντεψε Ποιος!»

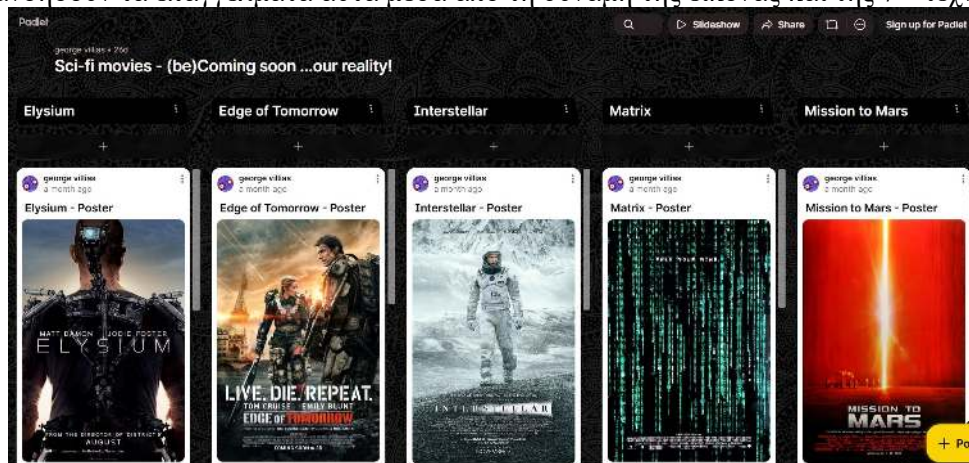
Το «STEM Job Guess Who» είναι μια εκπαιδευτική παραλλαγή του κλασικού επιτραπέζιου παιχνιδιού. Οι παίκτες κάνουν στρατηγικές ερωτήσεις για να αναγνωρίσουν ένα μυστικό επάγγελμα STEM από μια σειρά πτυσσόμενων καρτελών τοποθετημένων σε ειδικό ταμπλό.



*Εικόνα 5: Προσαρμοσμένη κάρτα STEM επαγγελμάτων του Μέλλοντος για το παιχνίδι «Μάντεψε Ποιος!»*

### Παιχνίδι ερωτήσεων «STEM Jobs of the Future - Trivial Pursuit»

Με αφορμή την άμεση σύνδεση που έχουν τα αναδυόμενα επαγγέλματα του κλάδου STEM με γνωστές και εμπορικές ταινίες επιστημονικής φαντασίας (sci-fi), οι μαθητές δοκιμάζουν τις cinefil γνώσεις τους σε αυτές ενώ παράλληλα προσπαθούν να προβλέψουν, περιγράψουν, ή κατανοήσουν τα επαγγέλματα αυτά μέσα από τη δύναμη της εικόνας και της 7<sup>ης</sup> τέχνης.



*Εικόνα 5: Συλλογή sci-fi ταινιών & trailer για την πραγματοποίηση παιχνιδιού ερωτήσεων τύπου «Trivial Pursuit»*

## Βιβλιογραφία και υλικό

<https://padlet.com/gvillias/stem-jobs-of-a-utopian-or-dystopian-future-6idmmd28zfhhv3km>



\*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στους συγγραφείς.

## Από τη Γη στον ....Άρη

**Πούτος Πέτρος**, Ηλεκτρολόγος και Ηλεκτρονικός Μηχανικός (ΠΕ84 και ΠΕ83),  
1ο ΕΠΑ.Λ – Ε.Κ Σαλαμίνας  
[petpoutos\[a\]gmail.com](mailto:petpoutos[a]gmail.com)

*(Highlights στο Ευρωπαϊκό Φεστιβάλ και 3<sup>ο</sup> Βραβείο 10<sup>ου</sup> Πανελλήνιων Αγώνων  
Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών)*

### Περίληψη

Πρόκειται για ένα 100% STEM Project με θέμα την εξερεύνηση άλλων πλανητών. Αποτελείται ουσιαστικά από δύο κύριες και λειτουργικές κατασκευές: α) Ένα ομοίωμα δορυφόρου, και β) ένα ομοίωμα του οχήματος Mars Rover (Curiosity). Επιλέχθηκε η αποστολή στον Άρη λόγω της δημοφιλούς διάχυσης στην κοινωνία, και της μεγάλης διαθέσιμης πληροφόρησης που υπάρχει από τη NASA και την ESA.

Ο σκοπός των κατασκευών είναι η διαδραστική προσομοίωση και παρουσίαση με εντυπωσιακό τρόπο στους μαθητές, των μεθόδων και των μηχανισμών που χρησιμοποιούνται για την πλοήγηση ειδικών οχημάτων στην επιφάνεια άλλων πλανητών, και μέσω αυτών, της λήψης εικόνας και μετρήσεων διαφόρων φυσικών μεγεθών από την ατμόσφαιρα και το έδαφος τους, και την μετάδοσή τους στην γη.

Τα παιδαγωγικά οφέλη που προσδοκούμε από το project είναι οι μαθητές να γνωρίσουν τις επιστήμες που συνεργάζονται για τις διαστημικές αποστολές, να απομυθοποιήσουν την άποψη του βαθμού δυσκολίας τους, και τέλος να δελεαστούν από αυτές - και γιατί όχι - να προσπαθήσουν να τις ακολουθήσουν στο μέλλον.

### Abstract

This is a 100% STEM Project on the theme of exploring other planets. It essentially consists of two main and functional constructions: a) A satellite model, and b) a model of the Mars Rover (Curiosity) vehicle. The mission to Mars was chosen due to its popular diffusion in society, and the large amount of information available from NASA and ESA.

The purpose of the constructions is to interactively simulate and present in an impressive way to students, the methods and mechanisms used to navigate special vehicles on the surface of other planets, and through them, the acquisition of images and measurements of various physical quantities from their atmosphere and soil, and their transmission to Earth.

The pedagogical benefits we expect from the project are for students to learn about the sciences that collaborate on space missions, to demystify the view of their degree of difficulty, and finally to be tempted by them - and why not - to try to follow them in the future.

-----  
**Σημείωση υπεύθυνης έκδοσης:** η εργασία παρουσιάστηκε εκτός συναγωνισμού στους 13<sup>ους</sup> Πανελλήνιους Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών. Αναδημοσίευση από: «10<sup>οι</sup> Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών-11<sup>η</sup> Έκθεση Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Πρακτικά», εκδ. Science on Stage-Greece, Αθήνα, 2026, σελ. 52-65

## Εισαγωγή

Από τη γη στον... Άρη. Μία έκφραση η οποία παραπέμπει στην επί δεκαετίες και εντεινόμενη σήμερα προσπάθεια των επιστημόνων, να εξερευνήσουν τον κόκκινο γειτονικό μας πλανήτη και την γενικότερη προσπάθεια εξερεύνησης του διαστήματος. Όλο αυτό το θέμα εκτός από το τεράστιο επιστημονικό ενδιαφέρον, περιβάλλεται και από ένα «μυστήριο επιστημονικής φαντασίας» για τους περισσότερους ανθρώπους πόσο μάλλον για τους μαθητές. Αυτό συμβαίνει λόγω της άγνοιας και του δέους που νιώθουμε με τις σχετικές επιστήμες και τις τεχνολογίες που εμπλέκονται στις διαστημικές αποστολές και γενικότερα την εξερεύνηση του διαστήματος.

Ο σκοπός αυτού του project, είναι να εισάγει τους μαθητές με μια εντυπωσιακή διαδραστική προσομοίωση, (που μπορεί να λάβει χώρα στην τάξη - ή καλύτερα σε εξωτερικό χώρο του σχολείου) - στις εμπλεκόμενες επιστήμες σχετικά με την εξερεύνηση άλλων πλανητών - όσο είναι αυτό δυνατό βέβαια. Ειδικότερα, να κατανοήσουν τις μεθόδους και τους τρόπους που χρησιμοποιούνται:

**α)** στην τεχνολογία και την πλοήγηση ειδικών οχημάτων που χρησιμοποιούνται στην εξερεύνηση του περιβάλλοντος άλλων πλανητών.

**β)** την συλλογή και επεξεργασία, εικόνων και μετρήσεων, από την ατμόσφαιρα και το έδαφος, ενός υπό εξερεύνηση πλανήτη, καθώς και τη μετάδοση αυτών των «πληροφοριών» στη Γη.

**γ)** στον σημαντικότερο ρόλο των τεχνητών δορυφόρων στις επικοινωνίες γενικότερα και ειδικότερα στην εξερεύνηση του διαστήματος.

Επιλέχθηκε η αποστολή εξερεύνησης του πλανήτη Άρη, λόγω της δημοφιλούς διάχυσης στην κοινωνία, και της μεγάλης πληροφόρησης και εκπαιδευτικού υλικού (videos, animations, φωτογραφίες, παρουσιάσεις κ.τ.λ ) που έχουμε από τη NASA και την ESA, ειδικά για το Mars Rover Curiosity. Ένας άλλος λόγος είναι ότι λόγω της εμφάνισής του και της διαδραστικότητάς του, αναμένεται να έλξει το ενδιαφέρον των μαθητών, ώστε να τους ωθήσει να ακολουθήσουν σχετικές επιστήμες.

Το project αυτό ουσιαστικά αποτελείται από δύο κατασκευές: **1<sup>η</sup>**. Ένα λειτουργικό ομοίωμα του οχήματος Mars Rover (Curiosity), και **2<sup>η</sup>**. Ένα λειτουργικό ως προς τις τηλεπικοινωνίες, ομοίωμα ενός τεχνητού δορυφόρου.

## Περιγραφή κατασκευών

Το πραγματικό Mars Rover (Curiosity) είναι ένα εξειδικευμένο ρομποτικό όχημα που



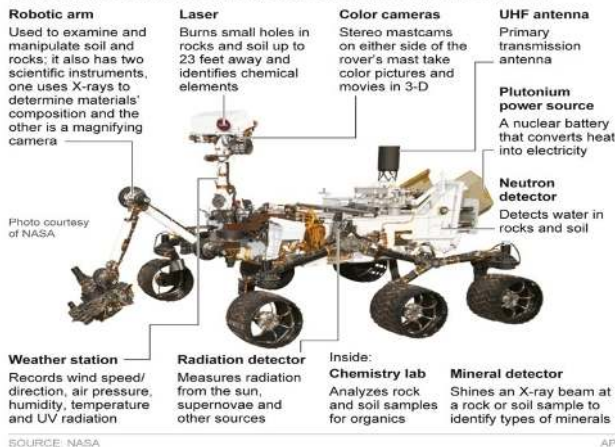
**Εικόνα 1α: Mars Rover Curiosity JPL NASA**

σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε στο Jet Propulsion Laboratory (JPL) στην Καλιφόρνια με χρηματοδότηση από τη NASA με σκοπό την εξερεύνηση του κρατήρα Γκέιλ στον πλανήτη Άρη. Περιλαμβάνει δε από πλευράς εξοπλισμού ότι πιο σύγχρονο και τεχνολογικά προηγμένο υπάρχει σήμερα. (εικόνες 1α,1β )



## NASA Mars mission

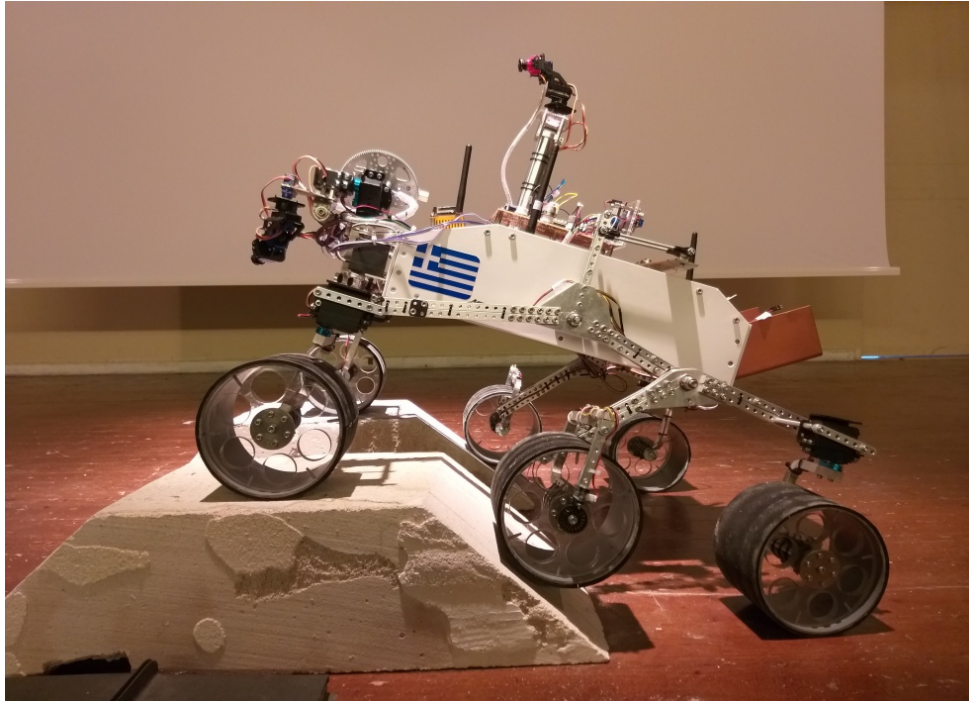
The Curiosity rover is designed to travel Mars studying climate and geology. The rover is looking for signs of carbon, the building blocks of life. Some of the rover's features:



**Εικόνα 1β: Mars Rover Curiosity**  
τα κυριότερα μέρη του εξοπλισμού του

## Το ομοίωμα Mars Rover (Curiosity) του project

Έγινε προσπάθεια η εξωτερική εμφάνιση να μοιάζει έστω και λίγο με το πραγματικό Rover τουλάχιστον στα πολύ βασικά του σημεία ώστε να παραπέμπει τη «φαντασία» των μαθητών στο πραγματικό. (εικόνα 2). Αποτελείται ουσιαστικά από έξι τμήματα: **α)** Τα μηχανολογικά συστήματα, **β)** τα ηλεκτρικά συστήματα (ενέργειας και κίνησης), **γ)** τα ηλεκτρονικά συστήματα ελεγχόμενης και αυτόνομης κίνησης, **δ)** τα ηλεκτρονικά συστήματα συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων, **ε)** το σύστημα λήψης βίντεο και **ζ)** τα συστήματα τηλεπικοινωνίας.



**Εικόνα 2: Ομοίωμα mars Rover Curiosity**

#### α) Μηχανολογικά συστήματα:

ι) **Πλαίσιο:** είναι κατασκευασμένο από φύλλο αλουμινίου και πλεξιγκλάς πλήρως συναρμολογούμενο με βίδες. Το πλεξιγκλάς βοηθά πολύ στο να βλέπουν οι μαθητές το περιεχόμενο, (ηλεκτρονικά κυκλώματα). Οι διαστάσεις του είναι περίπου σε αναλογία 1:5 του πραγματικού δηλ (μήκος 60cm, πλάτος 55cm, Ύψος 55cm).

ιι) **Σύστημα ανάρτησης:** ονομάζεται **Rocker Bogie**. (εικόνα 3α). Με αυτό το σύστημα ανάρτησης μπορεί να ξεπερνά ανωμαλίες του εδάφους, ή να αναρριχάται με ασφάλεια σε εμπόδια π.χ πέτρες, λόφους άμμου κ.τ.λ. Λόγω αυτού του τύπου ανάρτησης, στο πλαίσιο αναπτύσσεται μικρή σχετικά κλίση λόγω του διαφορικού και των πολλών αρθρώσεων και έτσι δεν κινδυνεύει από ανατροπή και βλάβη του εξοπλισμού του. Βέβαια λόγω του ότι ολόκληρο το πλαίσιο στηρίζεται μόνο στο διαφορικό, (εικόνα 3β) έχει ένα όριο στην κλίση του εδάφους (*ανηφόρα*) που μπορεί να ανέβει, η οποία αν ξεπεραστεί το αμάξωμα χάνει την ισορροπία του και αναποδογυρίζει. Συνεπώς υπάρχουν αισθητήρες κλίσης για να αποφεύγονται τέτοιες καταστάσεις.



Εικόνα 3α: ανάρτηση Rocker Bogie



Εικόνα 3β: Το διαφορικό

ιιι) **Σύστημα κίνησης:** η κίνηση είναι ανεξάρτητη στους έξι τροχούς με έξι ξεχωριστά ηλεκτρικά μοτέρ με μειωτήρες. Η στροφή (δεξιά – αριστερά) επιτυγχάνεται με τέσσερις σερβοκινητήρες που βρίσκονται στο πάνω μέρος της στήριξης των ακραίων τροχών (*εμπρός και πίσω*). Επίσης επιτυγχάνεται και στροφή 360° με συνδυασμό της στροφής των σερβοκινητήρων και της *αντίθετης κίνησης των τροχών της κάθε πλευράς*. Η μέγιστη ταχύτητα του πραγματικού οχήματος είναι 140 μέτρα την ώρα, φυσικά είναι πολύ χαμηλή αλλά ασφαλής για τις ανωμαλίες του εδάφους και με τεράστια ροπή. Στο ομοίωμα μας είναι περίπου 540m/h η οποία προκύπτει από τις διαστάσεις των τροχών και τις στροφές ανά λεπτό των μοτέρ κίνησης. (Οι τροχοί έχουν διάμετρο 13cm άρα περίμετρο 40,84cm και τα μοτέρ έχουν μέγιστη ταχύτητα 22 rpm, άρα η μέγιστη ταχύτητα είναι περίπου 540m/h και η μέγιστη ροπή στρέψης στο κάθε μοτέρ 25 Kg cm.).

## β) Ηλεκτρικό σύστημα:

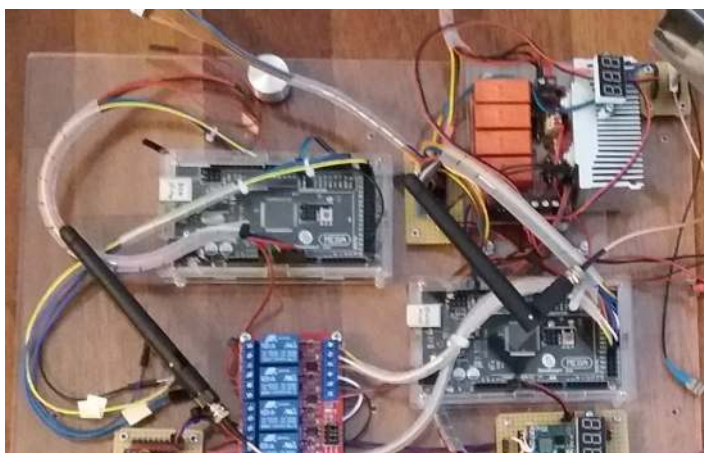
ι) **Παροχή Ενέργειας:** Η παροχή ενέργειας στο πραγματικό όχημα παράγεται από μια θερμοηλεκτρική γεννήτρια ραδιοϊσοτόπων, βασίζεται στη θερμότητα που παράγεται από την αποσύνθεση του διοξειδίου του πλουτωνίου, και η θερμότητα μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.

Στο ομοίωμα μας φυσικά, χρησιμοποιούνται μπαταρίες Ni-MH, μολύβδου οξέως καθώς και Li-ion. Ο λόγος είναι ότι χρειάζονται διαφορετικού επιπέδου τάσεις και ισχύεις στα διάφορα εξαρτήματα του. Π.χ οι μικροεπεξεργαστές, τα ηλεκτρονικά λήψης των μετρήσεων, οι κάμερες και οι πομποδέκτες, τροφοδοτούνται με 12V 4,5Ah συστοιχία μπαταριών Ni-MH, με step down τροφοδοτικά για παροχές (3,3V , 5V και 9V). Τα ηλεκτρικά μοτέρ κίνησης με 14,8 V 5Ah Li-ion. Τα servomotors για τη στροφή της κίνησης με 6V 4Ah Ni-MH και τέλος τα servomotors του ρομποτικού βραχίονα με 7,4V 5Ah Li-ion.

ιι) **Το ηλεκτρικό σύστημα κίνησης:** αποτελείται από 6 ανεξάρτητα ηλεκτρικά μοτέρ με μειωτήρες με χαρακτηριστικά 12V- 18V max Current 1,2A, ροπή στρέψης 25Kg cm και μέγιστη ταχύτητα 22rpm. Για τη στροφή του οχήματος χρησιμοποιούνται 4 RC σερβοκινητήρες ροπής 15Kg cm και γωνίας 180°.

## γ) Ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου της κίνησης:

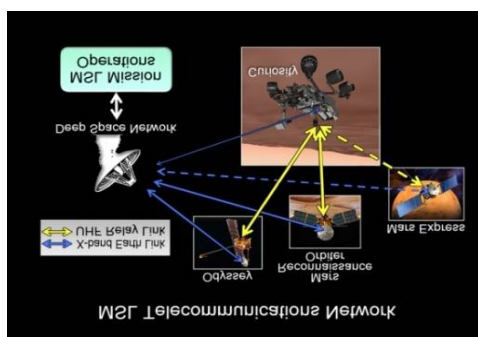
Ο έλεγχος της κατεύθυνσης περιστροφής και η ρύθμιση των στροφών των 6 κινητήρων, πραγματοποιείται με ένα μ/ε Arduino Mega 2560 το οποίο οδηγεί δύο (H) γέφυρες με relays και MOSFET. Οι κινητήρες οδηγούνται σε τριάδες (δεξιά και αριστερά) έτσι επιτυγχάνεται κίνηση του οχήματος μπρος και όπισθεν αλλά και εκατέρωθεν περιστροφή 360°. (εικόνα 4)



Εικόνα 4: Ηλεκτρονικό σύστημα έλεγχου κίνησης και ηλεκτρονικό σύστημα λήψης και επεξεργασίας μετρήσεων



Η διπλή H γέφυρα με τα relay και τα MOSFET και την ανάλογη ψύξη



Εικόνα 5: Mars Science Laboratory (MSL)



Εικόνα 6: Deep Space Network (DSN)



Η κίνηση μπορεί να είναι απευθείας ελεγχόμενη από μακριά, είτε μέσω του δορυφόρου. Επίσης μπορεί να είναι και αυτόνομη με κατάλληλο κώδικα στον μ/ε σε συνεργασία με αισθητήρες υπερήχων. Στην πραγματικότητα τα πράγματα είναι πολύ πιο σύνθετα, γιατί υπάρχει μεγάλη χρονική καθυστέρηση λόγω της απόστασης μεταξύ Γής και Άρη. Η απευθείας μετάδοση των H/M κυμάτων, διαρκεί περίπου 3 λεπτά στη πιο μικρή μεταξύ τους απόσταση και περίπου 22 λεπτά στη μεγαλύτερη. Υπάρχει βέβαια και η εναλλαγή των δορυφόρων που επικοινωνεί το Curiosity, όπως επίσης και η πολύπλοκη επικοινωνία με το DSN (Deep Space Network). (εικόνα 5 και 6). Συνεπώς είναι αδύνατος ο άμεσος τηλεχειρισμός.

#### δ) Σύστημα συλλογής και επεξεργασίας μετρήσεων:

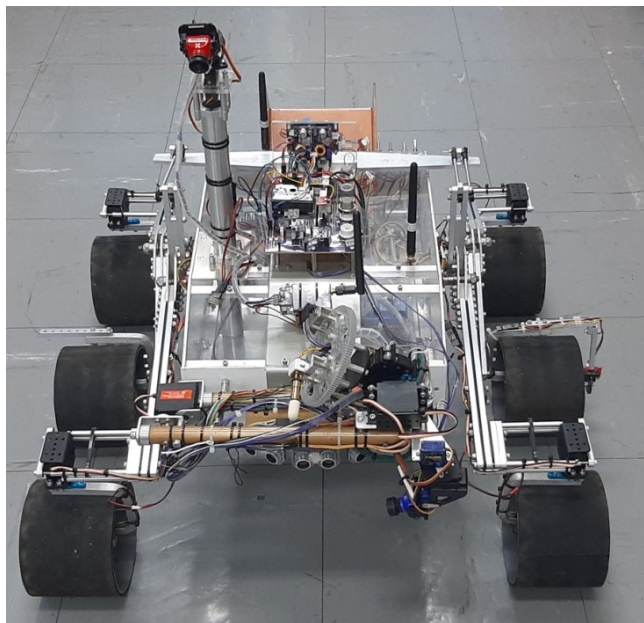
Είναι το πιο απαιτητικό και ταυτόχρονα το πιο ενδιαφέρον σύστημα. Αποτελείται από μία ηλεκτρονική πλακέτα (PCB) στην οποία βρίσκονται οι παρακάτω αισθητήρες: *Gas sensors* (CH<sub>4</sub>, CO, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>), *IR and UV radiation sensor*, *visible light sensor*, *humidity sensor*, *temperature sensor*, *atmospheric pressure*, *dust sensor*, *magnetic field sensor*. Όλοι οι αισθητήρες συνδέονται μέσω I2C πρωτοκόλλου ή και αναλογικών εισόδων σε ένα δεύτερο μ/ε Arduino Mega 2560 που υπάρχει μέσα στο όχημα. Οι μετρήσεις από τους αισθητήρες επεξεργάζονται και μεταδίδονται μέσω σειριακής θύρας, στον πομποδέκτη HC12. Η πλακέτα είναι τοποθετημένη εξωτερικά πάνω στο όχημα και φαίνεται στην (εικόνα 7).



Εικόνα 7: PCB με όλους τους αισθητήρες περιβαλλοντικών μετρήσεων

#### ε) Σύστημα λήψης video:

Αποτελείται από δύο μικρές κάμερες HD οι οποίες συνδέονται μέσω επιλογέα, σε ένα πομπό video στα 5.8 GHz με δυνατότητα εκπομπής σε 48 κανάλια. Η πρώτη κάμερα έχει πιο ευρυγώνιο φακό και είναι τοποθετημένη σε κινούμενη pan tilt βάση με σερβοκινητήρες, πάνω στο όχημα. (κόκκινη). Μπορεί να στρέφεται στο οριζόντιο επίπεδο από 0-360° και στο κάθετο από 0-140°. χρησιμοποιείται κυρίως για πλοήγηση και φωτό. Η δεύτερη κάμερα είναι στηριγμένη στο τελευταίο τμήμα του ρομποτικού βραχίονα του οχήματος, (μπλέ) και χρησιμοποιείται κυρίως για την εξερεύνηση του εδάφους ή την θέαση δύσκολων σημείων, καθώς και τη θέαση του τρυπανιού (εικόνα 8). Το πραγματικό Curiosity έχει 17 κάμερες, και το νέο Mars Rover 2020 έχει 23.



*Εικόνα 8: Οι κάμερες του οχήματος (πλοήγησης κόκκινη) και (η μπλέ παρακολούθησης εδάφους και εργαλείων του ρομποτικού βραχίονα)*

#### **ζ) Τα συστήματα τηλεπικοινωνίας.**

Στο ρομποτικό όχημα υπάρχουν δύο πομποδέκτες στα 433MHz με δυνατότητα 100 καναλιών εκπομπής λήψης και είναι γνωστά με την κωδική ονομασία (HC-12). Οι πομποδέκτες αυτοί εκπέμπουν και λαμβάνουν ψηφιακά δεδομένα με σειριακό πρωτόκολλο. Ο ένας λαμβάνει απ' ευθείας από το σταθμό βάσης, ή μέσω δορυφόρου, δεδομένα που αφορούν γενικότερα τις κινήσεις του οχήματος, (ηλεκτρικά μοτέρ τροχών, σερβοκινητήρες στροφής τροχών, σερβοκινητήρες κάμερας, σερβοκινητήρες του ρομποτικού βραχίονα). Τα δεδομένα τελικά λαμβάνονται σειριακά στον μ/ε Arduino Mega 2560 του Rover, επεξεργάζονται, και οδηγούν τα ηλεκτρονικά κυκλώματα ισχύος για τα ηλεκτρικά μοτέρ που αναφέρθηκαν. Ο έτερος πομποδέκτης είναι συνδεδεμένος σειριακά με το δεύτερο μ/ε Arduino Mega του οχήματος, και εκπέμπει τα δεδομένα από τις μετρήσεις που λαμβάνονται από τους αισθητήρες με την ίδια «μεθοδολογία» όπως πριν. Ο τρίτος πομπός είναι ο πομπός για τη μετάδοση του video όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

### **Το ομοίωμα του τεχνητού δορυφόρου**

Είναι κατασκευασμένο από 3 διάφανους κυλίνδρους πλεξιγκλάς, στηριζόμενους μεταξύ τους με ράβδους αλουμινίου. ( εικόνα 9α, 9β). Οι κύλινδροι πλεξιγκλάς χρησιμοποιήθηκαν για να φαίνεται το εσωτερικό (ηλεκτρονικά κυκλώματα εξαρτήματα, κεραίες κ.τ.λ ) από τους μαθητές και να μπορεί να γίνει παρουσίαση -επεξήγηση. Περιλαμβάνει επίσης φωτοβολταϊκή συστοιχία, περισσότερο για λόγους εμφάνισης και ομοιότητας παρά για λόγους λειτουργικότητας αφού λειτουργεί με μπαταρίες. Η βασική λειτουργία του είναι η αναμετάδοση δεδομένων και εικόνας μεταξύ του σταθμού βάσης που υποτίθεται βρίσκεται στη Γη, και του ρομποτικού οχήματος που υποτίθεται βρίσκεται στον Άρη. Αυτό στην πραγματικότητα γίνεται όταν δεν μπορεί να υπάρξει απ' ευθείας H/M σύζευξη μεταξύ των κεραίων σταθμού βάσης και οχήματος. Περιέχει στο εσωτερικό του τρεις αναμεταδότες. Δύο για δεδομένα και έναν για εικόνα. Οι αναμεταδότες για τα δεδομένα, αποτελούνται από έναν πομποδέκτη RF Bluetooth (BT) στα 2,4GHz ένα ακόμη RF πομποδέκτη (HC-12) στα

433MHz και έναν μ/ε Arduino Uno.(εικόνα 6). Η λειτουργία του αναμεταδότη που διαχειρίζεται τα δεδομένα της κίνησης έχει ως εξής: Το BT συνδέεται σε μια σειριακή Tx1 , Rx1, του μ/ε Arduino και χρησιμοποιείται για να λαμβάνει τα δεδομένα από το σταθμό βάσης (H/Y με BT σε σύζευξη) στην ουσία λαμβάνει μια συμβολοσειρά σε κώδικα ASCII ή οποία είναι οι εντολές για όλες τις κινήσεις του Rover καθώς και για το ρομποτικό βραχίονα . Ο κώδικας στο Arduino είναι αρκετά απλός. Διαβάζει τα δεδομένα που λαμβάνονται μέσω BT στη σειριακή Rx1 και τα περνά σε μία άλλη σειριακή Tx2, του ίδιου μ/ε η οποία συνδέεται με τον RF πομποδέκτη (HC-12) ο οποίος με τη σειρά του εκπέμπει τα δεδομένα **στο αντίστοιχο συντονισμένο (στο ίδιο κανάλι) πομποδέκτη (HC-12) του ρομποτικού οχήματος**. Αυτός με τη σειρά του λαμβάνει τα δεδομένα και τα περνά σε μια σειριακή θύρα (Rx) του μ/ε Arduino Mega στον οποίο έχει γραφτεί κατάλληλος κώδικας για την επεξεργασία των δεδομένων, και τελικά για την εκτέλεση των κατάλληλων κινήσεων.

Το ίδιο ακριβώς λειτουργεί και ο δεύτερος αναμεταδότης, μόνο που η διεργασία γίνεται αντίθετα. Δηλαδή από τον πομπό (HC-12) του ρομποτικού οχήματος σε διαφορετικό κανάλι βέβαια, εκπέμπονται τα δεδομένα των μετρήσεων από τους αισθητήρες. Στο δορυφόρο λαμβάνονται από έναν όμοιο δέκτη (HC-12) συντονισμένο στο ίδιο κανάλι, και με την διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω περνούν στο πομπό BT όπου και εκπέμπονται προς το σταθμό βάσης (mobile PC with BT) όπου επεξεργάζονται και απεικονίζονται στην οθόνη του laptop σε εικονικά όργανα και διαγράμματα με τη βοήθεια του λογισμικού LabView.

Ο **αναμεταδότης** για την εικόνα βρίσκεται μέσα στο ομοίωμα του δορυφόρου αποτελείται δε, από ένα RF δέκτη video στα 5.8GHz συντονισμένο στο ίδιο κανάλι που εκπέμπει ο πομπός video του ρομποτικού οχήματος, (uplink). Στη συνέχεια το λαμβανόμενο video εισέρχεται σε έναν πομπό video και επανεκπέμπεται σε διαφορετική συχνότητα (κανάλι) προς τον δέκτη του σταθμού βάσης στην υποτιθέμενη γη (downlink), όπου και προβάλλεται σε στην οθόνη ενός video monitor (εικόνα 9γ).

Οι διαφορετικές συχνότητες που χρησιμοποιούνται στην αναμετάδοση γενικότερα των H/M κυμάτων των δορυφόρων είναι γνωστές με τα χαρακτηριστικά: Uplink και Downlink, και φυσικά είναι διαφορετικές για λόγους παρεμβολών και αλληλοεπικαλύψεων.

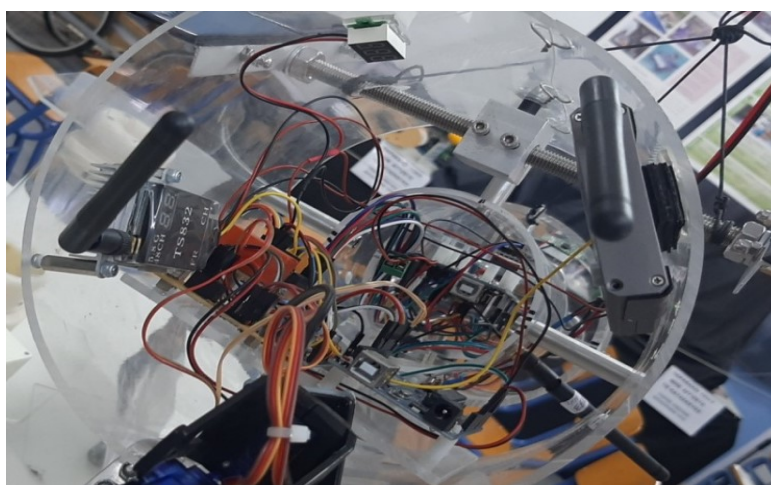


**Εικόνα 9α: Το ομοίωμα του δορυφόρου (φαίνονται οι κεραίες με τους πομποδέκτες καθώς η κινούμενη κάμερα, τα φωτοβολταϊκά πάνελ και οι ρουκέτες διόρθωσης πορείας)**





*Εικόνα 9β: Πανοραμική όψη δορυφόρου*



*Εικόνα 9γ: Πομπός και δέκτης εικόνας και ήχου στα 5.8 MHz*

## Ο σταθμός στη Γη

Βασικά αποτελείται από ένα tablet (windows) με serial transceiver BT device (2.4GHz) και ένα laptop πάλι με ένα serial transceiver BT device (2.4GHz). Στο tablet για την μετάδοση των δεδομένων της πλοήγησης του ρομποτικού οχήματος τα δεδομένα εκπέμπονται με τη βοήθεια του BT προς τον αντίστοιχο δέκτη του αναμεταδότη του δορυφόρου, *μάλιστα στέλνονται όλα μαζί, δηλαδή για όλες τις κινήσεις του οχήματος, τις κινήσεις του ρομποτικού βραχίονα, τις κινήσεις των καμερών*. Αυτό γίνεται και στην πραγματικότητα, γιατί λόγω της καθυστέρησης της μετάδοσης των H/M κυμάτων λόγω της απόστασης Γη – Άρη δε μπορεί να γίνεται ταυτόχρονη πλοήγηση απ' τη Γή. Έτσι λοιπόν στέλνονται όλα τα δεδομένα μαζί για την νέα ημερήσια «αποστολή» του Curiosity στο έδαφος του Άρη. Στο laptop πάλι με τη βοήθεια του LabView έχει δημιουργηθεί ένα περιβάλλον με εικονικά όργανα (μπάρες, δείκτες, displays) αλλά και διαγράμματα, όπου απεικονίζονται οι μετρήσεις των περιβαλλοντικών μεγεθών από τους αισθητήρες του ρομποτικού οχήματος. Τα δεδομένα αυτά

λαμβάνονται με τη βοήθεια του BT από τον αντίστοιχο πομπό του αναμεταδότη του δορυφόρου.

Επίσης υπάρχουν ακόμα: Ένας πομπός RF (HC-12) συνδεδεμένος σε σειριακή θύρα ενός Arduino Uno, σε μια άλλη σειριακή θύρα του ίδιου Arduino συνδέεται η USB θύρα του tablet. Έτσι επιτυγχάνεται η απ' ευθείας επικοινωνία μεταξύ σταθμού Γής και ρομποτικού οχήματος αρκεί τα (HC-12) να είναι συντονισμένα στο ίδιο κανάλι, αυτό βέβαια αφορά τα δεδομένα κίνησης του οχήματος). Με τον ίδιο τρόπο επιτυγχάνεται και η απ' ευθείας λήψη των δεδομένων των μετρήσεων από τους αισθητήρες. Αυτό γίνεται στη πραγματικότητα όταν είναι εφικτή η απ' ευθείας **ηλεκτρομαγνητική ορατότητα** μεταξύ Γής (DSN) και της θέσης του Curiosity Rover (εικόνα 10).

Τέλος σε ένα **τρίτο Η/Υ** υπάρχει πάλι μια εφαρμογή με το λογισμικό LabView που με τη βοήθειά της μπορούμε να επιτυγχάνουμε «διαχείριση» του δορυφόρου (υποτιθέμενη διόρθωση τροχιάς, παρακολούθηση και λήψη φωτογραφιών μέσω κάμερας πάνω στον δορυφόρο, επίσης να λαμβάνουμε μετρήσεις από το διαστημικό περιβάλλον που βρίσκεται ο δορυφόρος)



*Εικόνα 10: Σταθμός Γής, (αποτελείται από δύο ζεύγη Arduino Uno και HC-12, τα οποία αποτελούν τον πομπό για την πλοήγηση του Rover και τον δέκτη που λαμβάνει τις περιβαλλοντικές μετρήσεις από τους αισθητήρες του Rover)*

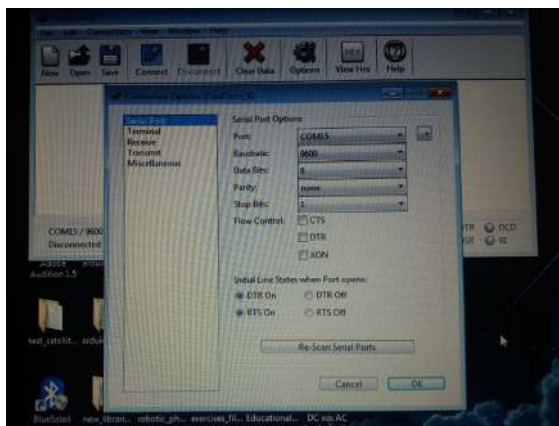
Προφανώς υπάρχει μέσα στο δορυφόρο ένας ξεχωριστός μ/ε Arduino Uno, με σύνδεση στη σειριακή του, ενός BT το οποίο επικοινωνεί με ένα BT στον τρίτο Η/Υ. Με το λογισμικό LabView χειρίζονται τον τρίτο Η/Υ. Με το λογισμικό LabView χειρίζονται οι υποτιθέμενες «ρουκέτες» του δορυφόρου σε περίπτωση που απαιτείται διόρθωση της τροχιάς του.

Επίσης χειρίζεται ο πομπός video του δορυφόρου (μέσω ενός μεταγωγικού ηλεκτρονικού διακόπτη) ο οποίος κατόπιν εντολής απ' το λογισμικό του τρίτου Η/Υ, αποσυνδέει τις κάμερες του Rover απ' τον δέκτη του δορυφόρου και ταυτόχρονα συνδέει την κάμερα του δορυφόρου στον πομπό εικόνας. Έτσι έχουμε εικόνα εναλλακτικά και από τον δορυφόρο. Η κάμερα του δορυφόρου είναι pan tilt με servo motors και χειρίζεται και αυτή από τον τρίτο Η/Υ (που υποτίθεται πως βρίσκεται στο σταθμό της γής). Ο δορυφόρος φέρει και αυτός αισθητήρες UV, IR, Visible radiation καθώς και αισθητήρα θερμοκρασίας, τις μετρήσεις των οποίων τις στέλνει στον προαναφερόμενο τρίτο Η/Υ της βάσης, οι οποίες απεικονίζονται on line σε χρονικά διαγράμματα στο εντυπωσιακό γραφικό περιβάλλον του λογισμικού LabView (εικόνα 11).

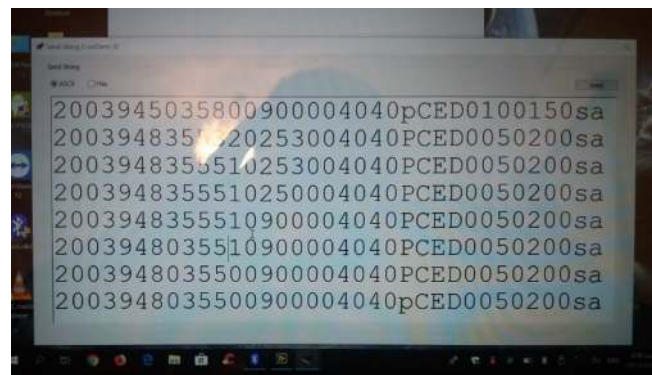


**Εικόνα 11: Στιγμιότυπο στην οθόνη στον τρίτο Η/Υ χειρισμού του δορυφόρου, με το γραφικό περιβάλλον του λογισμικού LabView**

Παρακάτω στις (εικόνες 12α,12β ) φαίνονται απόψεις από το λογισμικό που χρησιμοποιείται για την πλοήγηση και γενικότερα για τις «μηχανικές» κινήσεις του Rover. Είναι ένα απλό σειριακό τερματικό που στέλνει και λαμβάνει χαρακτήρες ASCII.



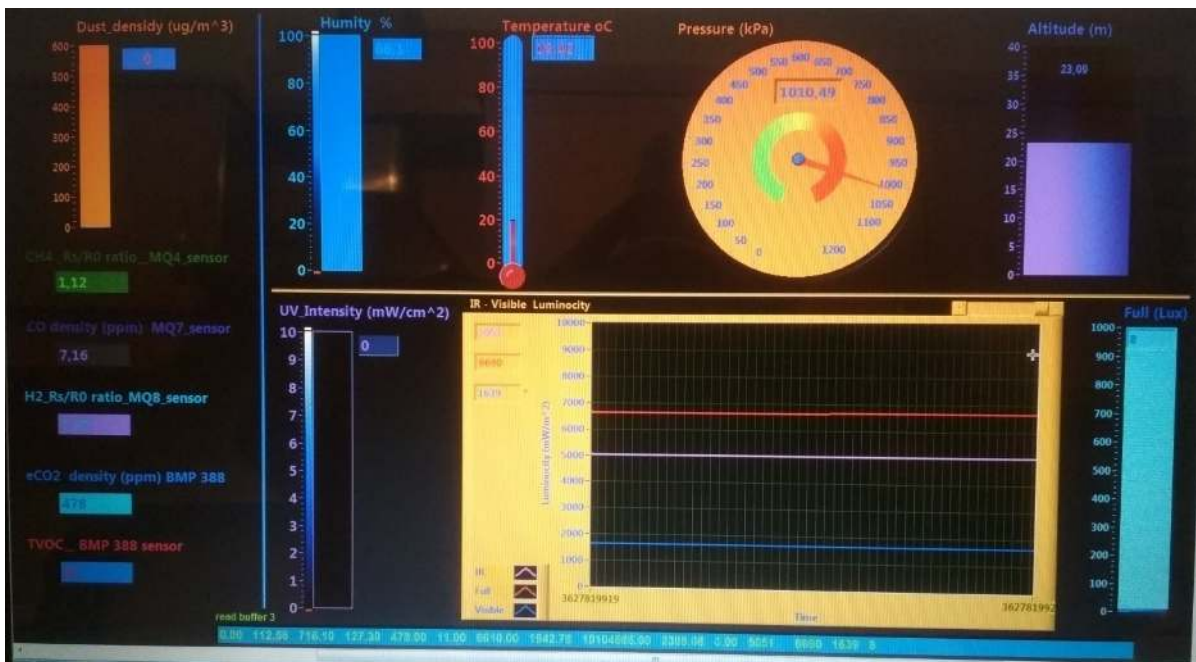
**Εικόνα 12α: Σειριακή επικοινωνία με το τερματικό CoolTerm εδώ φαίνεται η σελίδα των ρυθμίσεων της σειριακής θύρας και τα standards της μετάδοσης**



**Εικόνα 12β : Φαίνονται εδώ 8 σειρές δεδομένων με χαρακτήρες ASCII, που αντιπροσωπεύουν 8 συνεχόμενες κινήσεις διαφορετικές μεταξύ τους .**

Στη παρακάτω (εικόνα 13) φαίνεται το περιβάλλον του λογισμικού LabView που απεικονίζει και αποθηκεύει τις μετρήσεις των αισθητήρων που βρίσκονται στο Rover ( PCB αισθητήρων)





**Εικόνα 13 :** Γραφικό περιβάλλον λήψης μετρήσεων LabView από τους αισθητήρες περιβάλλοντος που βρίσκονται στο Rover και λαμβάνονται στον σταθμό βάσης με αναμετάδοση μέσω του δορυφόρου.

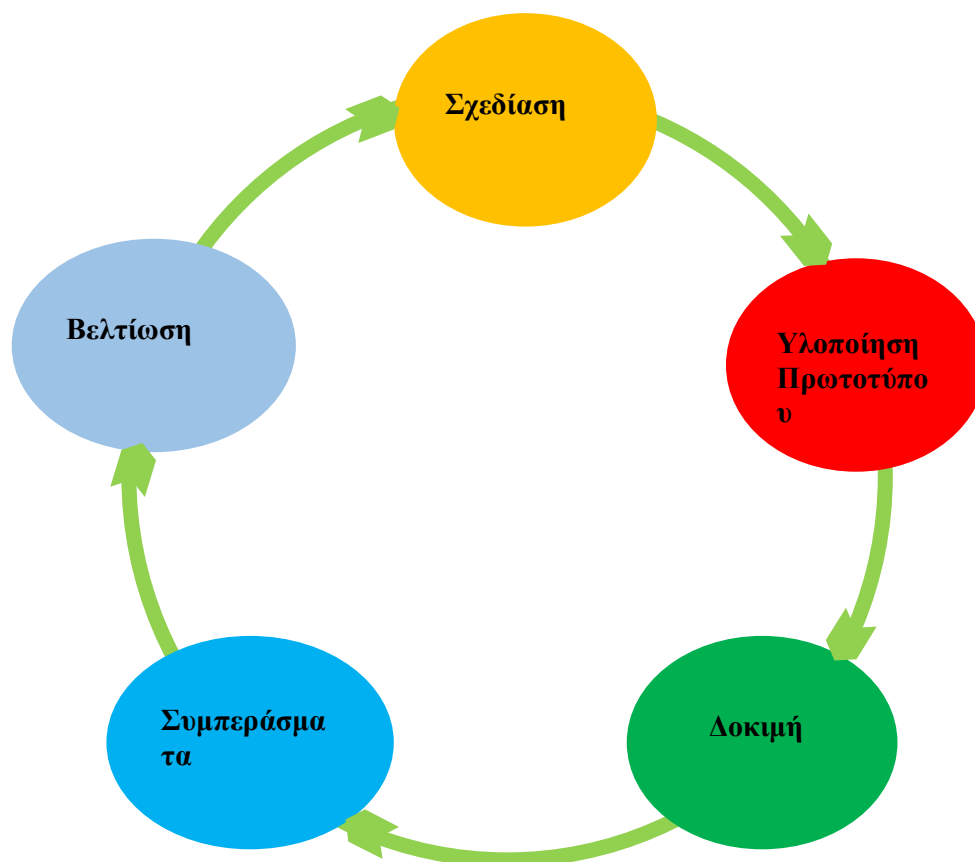


**Εικόνα 14:** Σταθμός βάσης. Φαίνονται οι πομποδέκτες (HC-12) με τους μ/ε Arduino Uno , ο δέκτης εικόνας 5,8MHz με την οθόνη λήψης εικόνας από τις κάμερες του Rover και τον δορυφόρο καθώς και ένα πειραματικό πρόγραμμα γραφικού περιβάλλοντος πλοήγησης του Rover στο tablet.

### Εκπαιδευτική διαδικασία

Η παρούσα εργασία προφανώς είναι μια διεπιστημονική εργασία (STEM) η οποία είναι μακράς διάρκειας (ενός σχολικού έτους) στην οποία οι μαθητές κάνουν χρήση πολλών επιστημονικών πεδίων όπως άλλωστε και το ίδιο το αρκτικόλεξο STEM προτρέπει.

Η κύρια μέθοδος η οποία χρησιμοποιήθηκε είναι η EDP ( Engineer Design Process ) η οποία είναι και η πλέον ενδεδειγμένη για τέτοιου είδους εργασίες.



Επίσης αυτή η κατασκευή μπορεί να καταστεί ένα πολύ καλό εργαστηριακό εποπτικό μέσο για τη διδασκαλία πολλών διεπιστημονικών αναφορών σε διαφορετικά πεδία ( μηχανική, ηλεκτρονική, τηλεπικοινωνίες, ρομποτική, διαστημικές αποστολές, προγραμματιστικές τεχνικές κ.τ.λ). Φαντάζει ίσως αρκετά πολύπλοκη για το επίπεδο των μαθητών Λυκείου, αλλά δεν αποτελεί ανάγκη να σχεδιάσουν, να προγραμματίσουν και να κατασκευάσουν τα δύσκολα μέρη της όλης εργασίας. Μπορούν όμως να εμπνευστούν από την διαδικασίες (STEM) και EDP και να βοηθηθούν να επιλέξουν τη μελλοντική επιστήμη που θα ήθελαν να σπουδάσουν. Εξ άλλου μπορούν να λειτουργήσουν εργαστηριακά την όλη κατασκευή, κατανοώντας έτσι βέβαια, την διαδικασία και την διεπιστημονική συνεργασία που χρειάζεται στις διαστημικές αποστολές. Σίγουρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και τμηματικά σε ξεχωριστά πειράματα π.χ μηχανικής, ηλεκτρονικής, ρομποτικής κ.τ.λ.

## Βιβλιογραφία

1. LabVIEW για Μηχανικούς, Συστήματα Συλλογής Δεδομένων 3<sup>η</sup> Αναθεωρημένη έκδοση Κωνσταντίνος Καλοβρέχτης .....Εκδόσεις Τζιόλα Θεσσαλονίκη
2. *Fundamentals of Power Electronics (3rd ed.)* Robert W. Erickson, Dragan Maksimovic University of Colorado Bulder CO, USA

3.Δορυφορικές Επικοινωνίες, Συστήματα- Τεχνικές και Τεχνολογία ...Maral,Bousquet ...

Εκδόσεις Τζιόλα 5<sup>η</sup> έκδοση Θεσσαλονίκη 2014

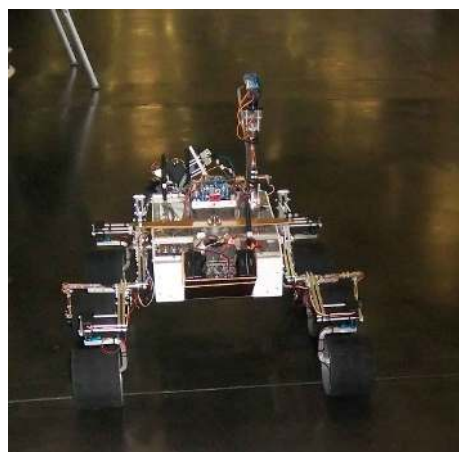
4. Το πολυτιμότερο όλων ήταν η παρακάτω διαδικτυακός τόπος της NASA

<https://science.nasa.gov/planetary-science/programs/mars-exploration/>

\*Το copyright των φωτογραφιών και των σχημάτων ανήκουν στον συγγραφέα.



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Greece  
*Science on Stage Festival 2019, Cascais, Πορτογαλία*



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Greece  
*Science on Stage Festival 2019, Cascais, Πορτογαλία*



## FeelosophAI : Όταν η σιωπή μιλά πιο δυνατά από τις λέξεις

*Μαθητές: Δάφνη Σιδεράκη, Γεώργιος Ορφανίδης, Πρότυπο Λύκειο Ηρακλείου Κρήτης,  
Μαγδαληνή Μάργαρη, Ευαγγελία Καρακινάρη, Δανάη Κανελοπούλου,  
Στέφανος-Ιάσωνας Ζάντες, Γυμνάσιο Κολλεγίου Ανατόλια Θεσσαλονίκης,  
Πανταζής-Λουκάς Βουζαζάκης, 3ο Γυμνάσιο Ηρακλείου Κρήτης,  
Ίριδα Άρχου, 5<sup>ο</sup> Δημοτικό Ηρακλείου Κρήτης*

Υπεύθυνοι καθηγητές:

*Αστρινός Τσουτσουδάκης,, Φυσικός, Υπεύθυνος 1<sup>ου</sup> Ε.Κ.Φ.Ε. Ηρακλείου Κρήτης  
[astrinos\[a\]live.com](mailto:astrinos[a]live.com)*

*Αναστασία Παπακωνσταντίνου, Βιολόγος, Γενικό Λύκειο Γαζίου και Συνεργάτης 1<sup>ου</sup>  
Ε.Κ.Φ.Ε. Ηρακλείου Κρήτης [papakona\[a\]gmail.com](mailto:papakona[a]gmail.com)*

*Ηρώ Κολιάκου, Φυσικός, Anatolia American College, [koliakou\[a\]anatolia.edu.gr](mailto:koliakou[a]anatolia.edu.gr)*

### Περίληψη

Το FeelosophAI είναι ένας καινοτόμος, υποστηριζόμενος από Τεχνητή Νοημοσύνη (TN), χώρος συμπερίληψης, μάθησης και δραστηριοτήτων για παιδιά με αυτισμό – ειδικά μη λεκτικό αυτισμό – σχεδιασμένος να ανιχνεύει συναισθηματική και σωματική δυσφορία. Εξοπλισμένο με tablet, γραφίδα, αισθητηριακά παιχνίδια και ατμοσφαιρικό φωτισμό, προσφέρει εξατομικευμένο ψηφιακό εκπαιδευτικό υλικό που επιλέγεται με TN βάσει της τρέχουσας συναισθηματικής κατάστασης του μαθητή. Το σύστημα αναλύει πολυτροπικά τις εκφράσεις προσώπου, τη θερμική απεικόνιση και τα μοτίβα σχεδίων του παιδιού για την εξαγωγή ασφαλών συναισθηματικών συμπερασμάτων, προσφέροντας παράλληλα πολύτιμο χρόνο αποφόρτισης στους φροντιστές του.

Για το έργο αυτό, η ομάδα κατέκτησε την 3η θέση στον Παγκόσμιο Διαγωνισμό Τεχνητής Νοημοσύνης WAICY, αποδεικνύοντας τη δύναμη της TN στην υπηρεσία του κοινωνικού καλού, εξασφαλίζοντας την ιδιωτικότητα σε ένα ασφαλές, διαδραστικό περιβάλλον.

### Abstract

FeelosophAI is an innovative AI-powered inclusion, learning, and activity workspace for children with autism, specifically non-verbal autism, designed to detect emotional and physical distress. Equipped with a tablet, stylus, sensory toys, and ambient lighting, it delivers customized digital educational content tailored in real-time by Artificial Intelligence (AI) to the user's current emotional state. The system utilizes a multimodal algorithm to analyze facial expressions, thermal imaging, and drawing patterns for reliable emotional assessment, while simultaneously providing critical respite time for overloaded caregivers.

For its innovative design, FeelosophAI secured the 3rd place worldwide at the World Artificial Intelligence Competition for Youth (WAICY), highlighting the profound impact of AI in creating safe, interactive, and privacy-aware educational environments for vulnerable learners

-----  
**Σημείωση υπεύθυνης έκδοσης:** η εργασία παρουσιάστηκε εκτός συναγωνισμού στους 13<sup>ους</sup> Πανελλήνιους Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών

## Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

Είναι ευρέως αναγνωρισμένο ότι τα παιδιά με αυτισμό, ειδικά εκείνα με μη λεκτικό αυτισμό, δυσκολεύονται να επικοινωνήσουν τις επιθυμίες και τις ανάγκες τους με τους συμβατικούς τρόπους της κοινωνίας μας, γεγονός που οδηγεί σε διάφορες προκλήσεις. Ο μη λεκτικός αυτισμός δεν είναι μια ξεχωριστή διάγνωση, αλλά μάλλον μια περιγραφή συγκεκριμένων συμπτωμάτων εντός του φάσματος των διαταραχών του αυτισμού. Αναφέρεται σε άτομα με αυτισμό που δεν μιλούν ή χρησιμοποιούν μόνο έναν περιορισμένο αριθμό λέξεων. Ωστόσο, αυτό δεν σημαίνει ότι δεν είναι σε θέση να επικοινωνούν ή να κατανοούν τη γλώσσα. Με άλλα λόγια, η απουσία λόγου δεν υποδηλώνει έλλειψη κατανόησης. Πολλά άτομα που δεν μιλούν εκφράζονται μέσω της γραφής ή άλλων μορφών επικοινωνίας. Ακόμη και αν ορισμένα παιδιά δεν αναπτύξουν ποτέ προφορικές δεξιότητες λόγου ή γλώσσας, μπορούν να μάθουν να επικοινωνούν χρησιμοποιώντας χειρονομίες ή εναλλακτικούς τρόπους, όπως πίνακες με εικόνες ή κάρτες επικοινωνίας.

Η κατανόηση αυτών των προκλήσεων στην επικοινωνία υπογραμμίζει την ανάγκη για καινοτόμες λύσεις για την αναγνώριση και την ανταπόκριση στις ανάγκες των ατόμων που δεν μπορούν να επικοινωνήσουν λεκτικά. Οι πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνητή νοημοσύνη και την ανάλυση συμπεριφοράς προσφέρουν πολλά υποσχόμενα εργαλεία για τη γεφύρωση αυτού του επικοινωνιακού χάσματος, ιδίως στην ανίχνευση συναισθηματικών και σωματικών καταστάσεων που διαφορετικά μπορεί να περάσουν απαρατήρητες.

Πιο συγκεκριμένα, τα τελευταία χρόνια οι επιστήμονες έχουν χρησιμοποιήσει την τεχνητή νοημοσύνη για να εντοπίσουν σημάδια πόνου και δυσφορίας σε θηλαστικά όπως κατσίκες, άλογα και ποντίκια, οδηγώντας σε συστήματα κωδικοποίησης όπως η κλίμακα γκριμάτσας ποντικών (MGS) που βασίζεται σε ανθρώπινες εκφράσεις και κλίμακες που βασίζονται σε τιμές θερμοκρασίας από θερμικές κάμερες. Οι ερευνητές στοχεύουν στην ανάπτυξη τέτοιων κλιμάκων προκειμένου να βελτιώσουν την ευημερία των ζώων και να βελτιώσουν την υγειονομική περίθαλψη για μη λεκτικούς ασθενείς.



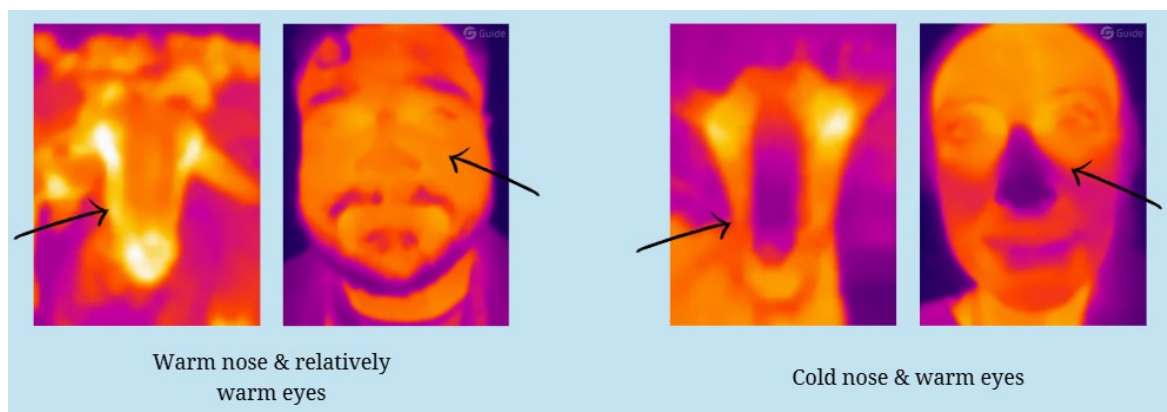
Εικόνα 1: FeelosophAI

## Περιγραφή εργασίας

### Μεθοδολογία Ελέγχου Συναισθήματος: 3 Διακριτοί Τρόποι

Το επιστημονικό υπόβαθρο της μεθοδολογίας μας βασίζεται στην προσαρμογή εδραιωμένων κλινικών μελετών. Πιο συγκεκριμένα, οι επιστήμονες χρησιμοποιούν συστήματα κωδικοποίησης εκφράσεων, όπως η κλίμακα μορφασμών σε ζώα (grimace scales), για την αντικειμενική αξιολόγηση του πόνου σε μη λεκτικούς οργανισμούς (π.χ. ποντίκια, άλογα, κατσίκες). Παράλληλα, έρευνες από το Πανεπιστήμιο Tufts απέδειξαν ότι η θερμική απεικόνιση μέσω υπέρυθρων καμερών καταγράφει το άγχος και τον πόνο, καθώς οι μεταβολές στο αυτόνομο νευρικό σύστημα προκαλούν άμεση αυξομείωση της θερμοκρασίας του δέρματος σε συγκεκριμένα μοτίβα (patterns) γύρω από τα μάτια και τη μύτη.

Κατά τη φάση των δοκιμών της ομάδας μας, μελετήθηκαν θερμικά patterns σε κατσίκες (που εμφάνισαν άνοδο θερμοκρασίας από 34,4 °C σε 35,3 °C υπό συνθήκες πόνου εγκυμοσύνης και στρες) και διαπιστώθηκε ότι το ίδιο ακριβώς μοτίβο («κρύα μύτη και ζεστά μάτια») εμφανίζεται αυτούσιο και στους ανθρώπους όταν βιώνουν έντονη σωματική ή ψυχολογική καταπόνηση.



**Εικόνα 2: Θερμικές απεικονίσεις υπό συνθήκες χαλάρωσης και στρες**

Για τη διασφάλιση μέγιστης ακρίβειας, το FeelosophAI συγκρίνει και διασταυρώνει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από **3 διακριτούς τρόπους ελέγχου**:

- Εκφράσεις Προσώπου (AI Camera): Ειδική κάμερα σε συνδυασμό με μοντέλο μηχανικής μάθησης αναλύει μικροεκφράσεις και μορφασμούς του προσώπου, βασισμένη στις αρχές των κλιμάκων πόνου (grimace scales).
- Θερμική Απεικόνιση (Thermal Imaging): Υπέρυθρος αισθητήρας καταγράφει άμεσα τη θερμική καταγραφή πόνου και στρες (μοτίβο μεταβολής θερμοκρασίας οφθαλμών/ρινικής περιοχής).
- Ιχνηγράφημα (Expressive Drawing Analysis): Κατά τη διάρκεια της ψηφιακής σχεδίασης, ειδικοί αισθητήρες αναλύουν την πίεση των γραμμών στη γραφίδα, την ταχύτητα και την επιλογή των χρωμάτων, στοιχεία που σύμφωνα με την παιδοψυχολογία αντικατοπτρίζουν άμεσα την εσωτερική συναισθηματική κατάσταση.

Ο αλγόριθμος πολυτροπικής σύντηξης (multimodal fusion) εξάγει ένα ασφαλές αποτέλεσμα μόνο όταν υπάρχει σύγκλιση και επαλήθευση των ενδείξεων μεταξύ των τριών αυτών καναλιών, εξασφαλίζοντας υψηλή αξιοπιστία.

## Προσαρμοσμένη Εκπαίδευση & Pool Παιχνιδιών σε Genially

Η εκπαιδευτική διαδικασία στο FeelosophAI είναι δυναμικά προσαρμοσμένη στη συναισθηματική κατάσταση του ατόμου. Η Τεχνητή Νοημοσύνη διαχειρίζεται μια ευρεία δεξαμενή (pool) εκπαιδευτικών παιχνιδιών και δραστηριοτήτων που έχουν σχεδιαστεί από τους μαθητές στην πλατφόρμα Genially:

- Κατάσταση Ισορροπίας / Θετικής Διάθεσης: Όταν ο έλεγχος δείξει ότι ο μαθητής είναι ήρεμος και δεκτικός, η TN επιλέγει δραστηριότητες που είναι engaging (ελκυστικές) και challenging (εκπαιδευτικά απαιτητικές), προωθώντας τη γνωστική ανάπτυξη, τη δημιουργικότητα και την αυτονομία.
- Κατάσταση Στρες / Δυσφορίας: Όταν ανιχνευθούν σημάδια κόπωσης, άγχους ή πόνου, το σύστημα διακόπτει τις απαιτητικές εργασίες και επιλέγει αποκλειστικά χαλαρωτικές και αισθητηριακές δραστηριότητες (εκπαιδευτικά παιχνίδια, βίντεο, ζωγραφική, χαλαρωτική μουσική και εξερεύνηση αισθητηριακών παιχνιδιών Snoezelen με ατμοσφαιρικό φωτισμό και καταπραΰντικά ηχοτοπία).



Εικόνα 3: Στιγμιότυπο από το pool των εκπαιδευτικών παιχνιδιών Genially της εφαρμογής

## Υποστήριξη και Αποφόρτιση Φροντιστών

Οι οικογένειες και οι φροντιστές ατόμων με βαριές αναπηρίες ή μη λεκτικό αυτισμό υφίστανται τεράστιο ψυχικό και σωματικό φορτίο, στερούμενοι συχνά «ούτε ενός λεπτού» καθημερινής ηρεμίας και ξεκούρασης λόγω της ανάγκης για συνεχή, επαγρυπνούσα επιτήρηση. Το FeelosophAI λειτουργεί ως ένας έμπιστος, ψηφιακός βοηθός. Προσφέροντας ένα απόλυτα ασφαλές και αυτόνομο προσαρμοζόμενο περιβάλλον απασχόλησης για το παιδί, εξασφαλίζει στους φροντιστές τον απαραίτητο χρόνο αποφόρτισης, γνωρίζοντας ότι το σύστημα αγρυπνά για την ευημερία του μαθητή.

## Ασφάλεια Δεδομένων και Ειδοποιήσεις (Privacy by Design)

Λόγω της εξαιρετικά ευαίσθητης φύσης των ιατρικών και συμπεριφορικών δεδομένων των ανηλίκων, το FeelosophAI σχεδιάστηκε με βάση την αρχή της «ιδιωτικότητας από τον σχεδιασμό» (privacy-by-design) και είναι πλήρως εναρμονισμένο με τους αυστηρούς ευρωπαϊκούς νόμους για την προστασία των προσωπικών δεδομένων (GDPR):

- Όλη η επεξεργασία των εικόνων, των θερμικών δεδομένων και των βιομετρικών σημάτων γίνεται αποκλειστικά τοπικά (offline data processing) στον μικροϋπολογιστή, χωρίς καμία απολύτως μεταφόρτωση σε cloud διακομιστές, αποθηκευμένη μόνο στον τοπικό υπολογιστή.
- Το σύστημα χρησιμοποιεί μια αυστηρά κλειστή βάση δεδομένων (closed database).

- Σύστημα Ειδοποιήσεων: Μόνο όταν ανιχνευθεί επίμονη αλλαγή κατάστασης ή σαφή σημάδια σωματικού πόνου, το σύστημα ενεργοποιεί έναν κρυπτογραφημένο μηχανισμό και αποστέλλει άμεσο γραπτό μήνυμα (Telegram Bot) στο κινητό τηλέφωνο των φροντιστών, διασφαλίζοντας την άμεση παρέμβασή τους χωρίς να παραβιάζεται η ιδιωτικότητα του παιδιού.

## Εκπαιδευτικές Προεκτάσεις & AI Literacy

Οι εκπαιδευτικές προεκτάσεις του FeelosophAI εκτείνονται πέρα από την υποστηρικτική του λειτουργία. Το έργο αποδεικνύει πώς αυθεντικά προβλήματα του πραγματικού κόσμου αποτελούν ισχυρά πλαίσια για την ανάπτυξη του γραμματισμού στην Τεχνητή Νοημοσύνη (AI literacy) στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Οι μαθητές που συμμετείχαν στη σχεδίαση ήρθαν αντιμέτωποι με πολύπλοκα ζητήματα ποιότητας δεδομένων, μεροληψίας (bias), διαφάνειας και ηθικής ευθύνης. Το FeelosophAI ευθυγραμμίζει τη συμπεριληπτική εκπαίδευση με την εκπαίδευση γύρω από την ΤΝ, δείχνοντας ότι τα συστήματα πρέπει να είναι ανθρωποκεντρικά και προσαρμοσμένα στις ευάλωτες ομάδες, ενσωματώνοντας την πληροφορική, την ψυχολογία και την παιδαγωγική για το κοινωνικό καλό.

Ως επιστέγασμα αυτής της ολοκληρωμένης STEAM προσέγγισης, η ανάδειξη της κοινωνικής ευαισθησίας και της τεχνικής αρτιότητας του έργου οδήγησε την ομάδα στην κατάκτηση της 3<sup>ης</sup> θέσης στον Παγκόσμιο Διαγωνισμό Τεχνητής Νοημοσύνης WAICY. Η διεθνής αυτή επιτυχία επιβεβαιώνει ότι η νέα γενιά μπορεί να μεταμορφώσει την Τεχνητή Νοημοσύνη από ένα αφηρημένο υπολογιστικό εργαλείο σε έναν ισχυρό μοχλό συμπερίληψης και κοινωνικής δικαιοσύνης.

## Βιβλιογραφία

1. Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., & Kasneci, G.: ‘ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education’, Learning and Individual Differences, 103, (2023), σελ. 102274
2. Langford, D. J., Bailey, A. L., Chanda, M. L., Clarke, S. E., Drummond, T. E., Echols, S., Mogil, J. S.: ‘Coding of facial expressions of pain in the laboratory mouse’, Nature Methods, 7(6), (2010), σελ. 447–449
3. Russell, S., & Norvig, P.: ‘Artificial Intelligence: A modern approach’ (4th ed., Pearson, 2021)
4. Tufts University: ‘Thermal imaging shows promise for measuring stress in animals’, Tufts Now, (2023)
5. Woolf, B. P.: ‘Building intelligent interactive tutors’, Empirical methods for artificial intelligence in education, (2010), σελ. 135–160

\*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στους συγγραφείς

## STEM jobs of a Utopian or Dystopian Future

*Joint project Ελλάδα-Ιταλία*

*Βίλλιας Γεώργιος, Βιολόγος, Αναξαγόρειο Γενικό Λύκειο Νέας Ερυθραίας  
[gvillias\[a\]hotmail.com](mailto:gvillias[a]hotmail.com)*

*Teresita Gravina, γεωλόγος του Liceo Diaz, Ιταλία*



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Greece

*Science on Stage Festival 2026,  
Klaipėda, Λιθουανία*

-----  
**Σημείωση υπεύθυνης έκδοσης:** η εργασία παρουσιάστηκε εκτός συναγωνισμού στους 13<sup>ους</sup> Πανελλήνιους Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών και δημοσιεύεται στις σελίδες 331-339 του παρόντος τόμου



## Η Προοπτική του νερού (The perspective of water)

### Joint project Ελλάδα-Ισπανία

Αγγελική Καραγεωργοπούλου, Πληροφορικής ΠΕ86, 2ο Δημοτικό Σχολείο Λαμίας,  
[aggka\[a\]sch.gr](mailto:aggka[a]sch.gr)

Maria Pilar Orozco, Βιολόγος, Colegio Huerta de la Cruz, Algeciras,  
[mariapilar.orozco\[a\]cevhuertadelacruz.es](mailto:mariapilar.orozco[a]cevhuertadelacruz.es)

### Περίληψη

Η εργασία αυτή αποτελεί κοινό πρότζεκτ του 2<sup>ου</sup> Δημοτικού Σχολείου Λαμίας και του σχολείου Colegio Huerta de la Cruz της Ισπανίας. Στοχεύει στο να μελετήσουν οι μαθητές Α/θμιας και Β.θμιας Εκπαίδευσης (τάξεις Ε' Δημοτικού – Γ' Γυμνασίου) την σημασία του νερού για τη ζωή, να ευαισθητοποιηθούν για την μείωση του πόσιμου νερού, να ενθαρρυνθούν να επιλέγουν πιο βιώσιμες καταναλωτικές συνήθειες και να τους εισάγουμε στην επιστημονική έρευνα χρησιμοποιώντας την επιστημονική μέθοδο.

Το νερό είναι ο πιο σημαντικός ζωτικός πόρος, απαραίτητος για τη ζωή, την παραγωγή τροφίμων, την ενέργεια και τη ρύθμιση του κλίματος. Ωστόσο, μόνο το 0,3% του νερού στον πλανήτη είναι πόσιμο και η διαθεσιμότητά του μειώνεται συνεχώς λόγω της υπερκατανάλωσης. Η εκπαίδευση και η ευαισθητοποίηση της κοινωνίας για την ορθολογική του χρήση είναι απολύτως επιβεβλημένες.

Το νερό (H<sub>2</sub>O) είναι ένα μόριο που προήλθε στη Γη κυρίως από προσκρούσεις αστεροειδών και κομητών. Έχει μοναδικές ιδιότητες είναι σημαντικές για τη φύση: Ο στερεός πάγος είναι λιγότερο πυκνός από το υγρό νερό, επιτρέποντάς του να επιπλέει και να διατηρεί ζωντανά τα υδάτινα οικοσυστήματα τον χειμώνα. Έχει υψηλή ειδική θερμότητα, λειτουργώντας ως εξαιρετικός ρυθμιστής του κλίματος, ενώ μέσω της τριχοειδικότητας, επιτρέπει στα φυτά να απορροφούν και να μεταφέρουν νερό και θρεπτικά συστατικά.

Το ανθρώπινο σώμα αποτελείται κατά περίπου 60% από νερό, το οποίο εξυπηρετεί βασικές βιολογικές λειτουργίες: Ρυθμίζει τη θερμοκρασία του σώματος μέσω της εφίδρωσης, μεταφέρει θρεπτικά συστατικά στα κύτταρα και βοηθά στην αποβολή των μεταβολικών αποβλήτων μέσω των ούρων, τα οποία αποτελούνται κατά 94% από νερό. Επίσης λιπαίνει τις αρθρώσεις και προστατεύει τους ιστούς από τη φθορά και διατηρεί την ενυδάτωση του δέρματος, η οποία είναι ζωτικής σημασίας για την προστασία από τα μικρόβια.

Η κλιματική αλλαγή αλλοιώνει δραστικά τον κύκλο του νερού, μειώνοντας το διαθέσιμο γλυκό νερό λόγω της υπερβολικής εξάτμισης. Η αύξηση της θερμοκρασίας της θάλασσας προκαλεί πολύ πιο έντονες βροχοπτώσεις. Οι ακραίες βροχοπτώσεις σε απροστάτευτα εδάφη οδηγούν σε σοβαρή διάβρωση και απώλεια γόνιμου εδάφους ενώ όταν η υγρασία της βλάστησης πέφτει κάτω από το 75% λόγω ξηρασίας, αυξάνεται δραματικά ο κίνδυνος και η ένταση των δασικών πυρκαγιών.

Η γεωργία καταναλώνει το μεγαλύτερο μέρος του διαθέσιμου νερού, φτάνοντας το 80% στην Ισπανία και το 90% στην Ελλάδα. Η οικιακή κατανάλωση στις χώρες αυτές ξεπερνά κατά πολύ τα 50 έως 100 λίτρα την ημέρα που συνιστά ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας. Το υδατικό αποτύπωμα, δηλαδή η ποσότητα νερού που απαιτείται για την παραγωγή αγαθών

(όπως ρούχα και παπούτσια), είναι τεράστιο. Η αυξανόμενη κατανάλωση εμφιαλωμένου νερού δημιουργεί τεράστιες ποσότητες πλαστικών απορριμμάτων, επιβαρύνοντας το περιβάλλον.

Συμπερασματικά, βρισκόμαστε στα πρόθυρα μιας παγκόσμιας κρίσης νερού. Είναι απαραίτητο να αλλάξουμε άμεσα τις συνήθειές μας και να υιοθετήσουμε βιώσιμες πρακτικές διαχείρισης αυτού του πολύτιμου φυσικού πόρου.

Μέσα από πειράματα με απλά υλικά και μικρές εργασίες οι μαθητές συνειδητοποιούν όλα τα παραπάνω και παροτρύνονται να αλλάξουν τη στάση τους.

## Abstract

This work is a joint project of the 2nd Primary School of Lamia and Colegio Huerta de la Cruz in Spain. It aims to study the importance of water for life among primary and secondary school students (grades 5th – 9th), to raise awareness about the reduction of drinking water, to encourage them to choose more sustainable consumption habits and to introduce them to scientific research using the scientific method.

Water is the most important vital resource, essential for life, food production, energy and climate regulation. However, only 0.3% of the water on the planet is drinkable and its availability is constantly decreasing due to overconsumption. Education and awareness of society for its rational use are absolutely essential.

Water (H<sub>2</sub>O) is a molecule that originated on Earth mainly from asteroid and comet impacts. It has unique properties that are important to nature: Solid ice is less dense than liquid water, allowing it to float and keep aquatic ecosystems alive in winter. It has a high specific heat, acting as an excellent climate regulator, while through capillarity, it allows plants to absorb and transport water and nutrients.

The human body is made up of approximately 60% water, which serves essential biological functions: It regulates body temperature through sweating, transports nutrients to cells, and helps eliminate metabolic waste through urine, which is 94% water. It also lubricates joints and protects tissues from wear and tear, and maintains skin hydration, which is vital for protection against microbes.

Climate change is drastically altering the water cycle, reducing the amount of fresh water available due to excessive evaporation. Rising sea temperatures are causing much more intense rainfall. Extreme rainfall on unprotected land leads to severe erosion and loss of fertile soil, while when the humidity of vegetation drops below 75% due to drought, the risk and intensity of forest fires increases dramatically.

Agriculture consumes the largest share of available water, reaching 80% in Spain and 90% in Greece. Household consumption in these countries far exceeds the 50 to 100 liters per day, which is recommended by the World Health Organization. The water footprint, that is, the amount of water required to produce goods (such as clothes and shoes), is enormous. The increasing consumption of bottled water creates huge amounts of plastic waste, burdening the environment. In conclusion, we are on the verge of a global water crisis.

It is necessary to immediately change our habits and adopt sustainable practices for managing this precious natural resource. Through experiments with simple materials and small tasks, students realize all of the above and are encouraged to change their attitude.

## Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

Το νερό αποτελεί τον πιο σημαντικό και ζωτικό πόρο για τη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας:

- **Ενδιαίτημα:** Αποτελεί το φυσικό περιβάλλον και τον βιότοπο για χιλιάδες είδη οργανισμών.
- **Σύσταση οργανισμών:** Συνθέτει το 60% έως 90% των ζωντανών οργανισμών.
- **Βιολογικές διεργασίες:** Συμμετέχει σε πολυάριθμες ζωτικές διαδικασίες, με κυριότερη αυτή της φωτοσύνθεσης.
- **Ρύθμιση κλίματος:** Διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στη ρύθμιση του παγκόσμιου κλίματος.

Εάν αναλογιστούμε επιπλέον τις ανάγκες της ανθρώπινης κοινωνίας, το νερό είναι απολύτως απαραίτητο για την παραγωγή τροφίμων και ενέργειας, καθώς και για τις μεταφορές (Arslan & Arslan, 2020).

Λόγω της τεράστιας σημασίας του για την περιβαλλοντική βιωσιμότητα, τη δημόσια υγεία και την οικονομική πρόοδο, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας θέσπισε το 2010 ότι κάθε άνθρωπος έχει δικαίωμα σε 50 έως 100 λίτρα νερού την ημέρα. Παράλληλα, ορίστηκε ότι η πρόσβαση σε αυτό θα πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση μικρότερη των 1.000 μέτρων (ή το πολύ μισής ώρας) από την κατοικία του (ΠΟΥ, 2003).

Παρόλο που περίπου το 2,5% του νερού της Γης είναι γλυκό νερό, μόνο περίπου το 0,3% αυτού του γλυκού νερού είναι άμεσα προσβάσιμο σε ποτάμια και λίμνες για ανθρώπινη χρήση. Η αυξανόμενη ζήτηση νερού, η υπερεκμετάλλευση των πόρων γλυκού νερού, η ρύπανση και η κλιματική αλλαγή ασκούν αυξανόμενη πίεση στα διαθέσιμα αποθέματα γλυκού νερού, μειώνοντας την ασφάλεια των υδάτων σε πολλές περιοχές του κόσμου (Shiklomanov, 1993).

Η σύγχρονη κοινωνία δεν είναι επαρκώς ευαισθητοποιημένη σχετικά με τη λειψυδρία του πόσιμου νερού. Επιπροσθέτως, υπάρχει περιορισμένη γνώση γύρω από τις αρνητικές επιπτώσεις που προκαλούν στα υδατικά αποθέματα φαινόμενα όπως οι πλημμύρες, η ρύπανση, η απώλεια της βιοποικιλότητας και η υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Επομένως, είναι επιτακτική ανάγκη να αλλάξει ο τρόπος με τον οποίο η κοινωνία μας αξιολογεί το νερό, προκειμένου να επιτευχθεί μια πιο δίκαιη και βιώσιμη διαχείριση.

Με σκοπό την επίτευξη αυτού του στόχου σε βραχυπρόθεσμο ορίζοντα, η Ατζέντα 2030 του ΟΗΕ περιλαμβάνει στους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης (SDGs):

1. Την ανάγκη διασφάλισης καθαρού νερού και αποχέτευσης.
2. Τη σημασία της υπεύθυνης κατανάλωσης και παραγωγής. (ΟΗΕ, 2015)

Αν θέλουμε η κοινωνία να αρχίσει να εκτιμά τη σημασία του νερού, οφείλουμε να εκπαιδεύσουμε τους πολίτες και να καλλιεργήσουμε τη συνείδηση για την ορθολογική χρήση του. Το νερό είναι ένα φυσικό αγαθό απαραίτητο για τη ζωή, και η αξία του πρέπει να ερευνηθεί, να γίνει κατανοητή και να διαδοθεί (Συμβούλιο της Ευρώπης, 1968).

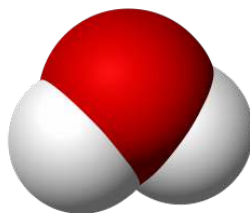
## Περιγραφή εργασίας

### Κεφάλαιο 1: Τι είναι το νερό;

#### 1.1 Το μόριο του νερού

Το μόριο του νερού αποτελείται από ένα άτομο οξυγόνου ομοιοπολικά συνδεδεμένο με δύο άτομα υδρογόνου, σχηματίζοντας μια γωνιακή δομή  $104,5^\circ$  που του προσδίδει μοναδικές ιδιότητες.

Ο τύπος του είναι  $\text{H}_2\text{O}$ .



*Εικόνα 1: Το μόριο του νερού ([es.wikipedia.org/wiki/Mol%C3%A9cula\\_de\\_agua](https://es.wikipedia.org/wiki/Mol%C3%A9cula_de_agua))*

Είναι ένα πολικό μόριο, με αρνητικό φορτίο κοντά στο άτομο οξυγόνου και θετικό φορτίο κοντά στα άτομα υδρογόνου, γεγονός που του προσδίδει μεγάλη διαλυτική ικανότητα.

Το νερό παραμένει υγρό μεταξύ  $0^\circ\text{C}$  και  $100^\circ\text{C}$ . Χάρη σε αυτό, υπάρχουν ωκεανοί, ποτάμια και λίμνες στη Γη. Στην υγρή του κατάσταση, το νερό είναι άοσμο, άχρωμο και άγευστο, αν και σε μεγάλες ποσότητες μπορεί να φαίνεται μπλε. Στη στερεά του κατάσταση, είναι λευκό.

Για να κατανοήσουμε τη δομή του νερού, το πρώτο πράγμα που κάναμε ήταν να μοντελοποιήσουμε ένα μόριο νερού.

### 1.1.1 Πειραματική φάση

#### Υλικά

- Δύο μεγέθη μπάλες από πολυστυρένιο
- Ξυλάκια

#### Μέθοδος

Οι μαθητές κλήθηκαν να κατασκευάσουν ένα μοντέλο ενός μορίου νερού χρησιμοποιώντας τα παρεχόμενα υλικά. Ήταν πολύ σημαντικό το μοντέλο να διατηρεί τη γωνιακή δομή του μορίου, ώστε να αναπαριστά την πραγματικότητα με μεγαλύτερη ακρίβεια.



*Εικόνα 2: Δημιουργία μορίων νερού*

## 1.2 Η προέλευση του νερού στη γη

Η προέλευση του νερού στη Γη αποδίδεται κυρίως στην πρόσκρουση ανθρακούχων χονδριτών αστεροειδών, των οποίων η σύνθεση είναι πλούσια σε νερό και ενυδατωμένα υλικά, και κομητών που συγκρούστηκαν με τη Γη κατά τη διάρκεια του σχηματισμού της.

Λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούσαν στη Γη κατά τη διάρκεια αυτής της γεωλογικής περιόδου, το νερό εξατμίστηκε στην πρωτόγονη ατμόσφαιρα. Καθώς ο πλανήτης συνέχιζε να ψύχεται, το νερό συμπυκνώθηκε και σχημάτισε τους ωκεανούς.

Για να μελετήσουμε τη διαδικασία εμφάνισης του νερού στη Γη, πραγματοποιήσαμε μια προσομοίωση μοντέλου.

### 1.2.1 Πειραματική Φάση

#### Υλικά:

- Δύο πλαστικοί δίσκοι
- Χώμα κήπου ή άμμος
- Πλαστική μεμβράνη
- Ψυγείο
- Εργαστηριακή ζυγαριά

#### Μέθοδος:

Η ίδια ποσότητα χώματος τοποθετήθηκε σε δύο δίσκους και ζυγίστηκε.

Ταυτόχρονα, «φτιάχτηκαν» μερικοί μετεωρίτες αναμειγνύοντας νερό και χώμα. Το μείγμα τυλίχτηκε σε πλαστική μεμβράνη και τοποθετήθηκε στην κατάψυξη.

Την επόμενη μέρα, οι μετεωρίτες ρίχτηκαν σε έναν από τους δίσκους. Στη συνέχεια, και οι δύο δίσκοι καλύφθηκαν με πλαστική μεμβράνη.



Εικόνα 3α: Δημιουργία μετεωριτών



Εικόνα 3β: Δίσκος με συμπυκνωμένο νερό

Μετά από δύο ημέρες, παρατηρήθηκε ότι ο δίσκος όπου είχαν προσκρούσει οι μετεωρίτες περιείχε συμπυκνωμένο νερό πάνω στο πλαστικό περιτύλιγμα. Όταν ζυγίστηκε, ήταν επίσης βαρύτερος από τον άλλο δίσκο.

## 1.3 Η Σύνθεση του Νερού στη Φύση

Λόγω της πολικής του φύσης, το νερό έχει μεγάλη ικανότητα να διαλύει ιοντικές και πολικές ουσίες όπως το επιτραπέζιο αλάτι. Ωστόσο, η αδυναμία του νερού να διαλύσει μη πολικές ουσίες όπως τα λιπίδια είναι εξίσου σημαντική.

Αυτή η ιδιότητα είναι απαραίτητη για τη ζωή, επειδή οι κυτταρικές μεμβράνες που αποτελούνται από λιπίδια και πρωτεΐνες, απομονώνουν το περιεχόμενο του κυττάρου από το εξωτερικό και εμποδίζουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ του περιεχομένου του κυττάρου και του εξωτερικού περιβάλλοντος, διευκολύνοντας τις μεταβολικές αντιδράσεις.

Λόγω αυτής της διαλυτικής δύναμης, δεν υπάρχει 100% καθαρό νερό στη φύση. Το φυσικό νερό είναι πάντα ένα μείγμα νερού και διαλυμένων αλάτων.

### 1.3.1 Πειραματική Φάση

#### Υλικά:

- 25 ml θαλασσινό νερό
- 25 ml τρεχούμενο νερό
- 25 ml εμφιαλωμένο νερό
- Φούρνος
- Εργαστηριακή ζυγαριά

#### Μέθοδος:

Ζυγίστηκαν τρία γυάλινα ποτήρια και προστέθηκαν 25 ml από κάθε είδος νερού σε κάθε ποτήρι. Ζυγίστηκαν ξανά και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε φούρνο στους 80°C για μία εβδομάδα.

Μετά από αυτό το διάστημα, ζυγίστηκαν ξανά και υπολογίστηκε η ποσότητα του εξατμισμένου νερού και το ποσοστό των υπολειμματικών ιζημάτων.

#### Αποτελέσματα και Συμπεράσματα:

*Πίνακας Α: Ποσοστό αλάτων διαλυμένων στο νερό*

|                   | Θαλασσινό | Τρεχούμενο | Εμφιαλωμένο |
|-------------------|-----------|------------|-------------|
| Αρχικό βάρος      | 181,57    | 179,58     | 179,99      |
| Τελικό βάρος      | 181,54    | 179,52     | 179,95      |
| % διαλυμένα άλατα | 3 %       | 6 %        | 4 %         |

Κανένα από αυτά τα νερά δεν ήταν καθαρό, με το νερό της βρύσης να εμφανίζει την υψηλότερη ποσότητα υπολειμμάτων.

## 1.4 Ιδιότητες του Νερού

Η σύνθεση και η δομή του νερού του προσδίδουν φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά μεγάλης σημασίας στις βιολογικές λειτουργίες.

Στη μελέτη μας, εστίασαμε στην πυκνότητα, την ειδική θερμότητα και την τριχοειδή ιδιότητα.

### 1.4.1 Πυκνότητα

Η πυκνότητα είναι μια φυσική ιδιότητα που μετρά την ποσότητα μάζας που περιέχεται σε έναν δεδομένο όγκο.



Γενικά, τα στερεά είναι πυκνότερα από τα υγρά και τα υγρά είναι πυκνότερα από τα αέρια. Το νερό αποτελεί εξαίρεση σε αυτόν τον κανόνα: ο στερεός πάγος είναι λιγότερο πυκνός από το υγρό νερό.

Αυτό συμβαίνει επειδή, κατά την κατάψυξη, τα μόρια του νερού σχηματίζουν μια άκαμπτη εξαγωνική κρυσταλλική δομή. Αυτή η διάταξη αναγκάζει τα μόρια να απομακρύνονται περισσότερο από ό,τι στην υγρή κατάσταση, αυξάνοντας τον όγκο και μειώνοντας την πυκνότητα.

Αυτό επιτρέπει στον πάγο να επιπλέει στο υγρό νερό.

Στη φύση, αυτή η ιδιότητα είναι ζωτικής σημασίας επειδή επιτρέπει στα υδάτινα οικοσυστήματα να επιβιώνουν κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

#### 1.4.1.1 Πειραματική Φάση

##### Υλικά:

- Μία κάρτα που δείχνει μόρια νερού σε υγρή μορφή
- Μία κάρτα που δείχνει μόρια νερού διατεταγμένα σε κρυσταλλικό δίκτυο

##### Μέθοδος:

Στους μαθητές παρουσιάστηκαν δύο κάρτες ίδιου μεγέθους με σχέδια μορίων νερού. Τους ζητήθηκε να μετρήσουν τον αριθμό των μορίων σε κάθε κάρτα.

Η κάρτα με τα περισσότερα μόρια περιείχε περισσότερη ύλη και επομένως ήταν πυκνότερη.



*Εικόνα 4: Πυκνότητα νερού*

#### 1.4.2 Ειδική θερμότητα

Η ειδική θερμότητα είναι η ποσότητα θερμικής ενέργειας που απαιτείται για την αύξηση της θερμοκρασίας μιας ουσίας κατά έναν βαθμό.

Το νερό έχει πολύ υψηλή ειδική θερμοχωρητικότητα σε σύγκριση με τις περισσότερες κοινές ουσίες. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να απορροφήσει ή να απελευθερώσει μεγάλη ποσότητα θερμότητας με πολύ μικρή αλλαγή στη δική του θερμοκρασία.

Για παράδειγμα, το νερό χρειάζεται περισσότερο χρόνο για να θερμανθεί από την άμμο. Αυτή η ιδιότητα επιτρέπει στο νερό να λειτουργεί ως ένας εξαιρετικός ρυθμιστής του κλίματος.

#### 1.4.2.1 Πειραματική Φάση

##### Υλικά:

- Ένα μπαλόνι γεμάτο με νερό
- Ένα μπαλόνι γεμάτο με αέρα
- Κεριά

### Μέθοδος:

Φουσκώνουμε ένα μπαλόνι και γεμίζουμε ένα άλλο με νερό. Και τα δύο μπαλόνια τοποθετούνται στη συνέχεια πάνω από μια φλόγα.

Το γεμάτο με αέρα μπαλόνι θα σκάσει σχεδόν αμέσως, ενώ το γεμάτο με νερό μπαλόνι θα χρειαστεί αρκετά λεπτά για να σκάσει.



*Εικόνα 5: Ειδική θερμότητα νερού*

### 1.4.3 Τριχοειδές φαινόμενο

Το τριχοειδές φαινόμενο είναι ένα φυσικό φαινόμενο που επιτρέπει στο νερό να ανέβει μέσα από πολύ στενούς σωλήνες.

Αυτό συμβαίνει λόγω της αλληλεπίδρασης μεταξύ των δυνάμεων συνοχής (μεταξύ μορίων νερού) και των δυνάμεων πρόσφυσης (μεταξύ νερού και μιας άλλης επιφάνειας).

Τα φυτά απορροφούν νερό και ουσίες από το έδαφος μέσω των ριζών τους και αυτές οι ουσίες μεταφέρονται στα φύλλα μέσω αγωγίων δοχείων χάρη στο τριχοειδές φαινόμενο.

#### 1.4.3.1 Πειραματική Φάση

##### Υλικά:

- Τρία ποτήρια που περιέχουν νερό
- Μπλε, κίτρινα και κόκκινα χρώματα τροφίμων
- Χαρτί φίλτρου

### Μέθοδος:

Κόβουμε το χαρτί και το τυλίγουμε σε κυλίνδρους. Τοποθετούμε τα ποτήρια το ένα δίπλα στο άλλο και βάζουμε το χαρτί ώστε για να δημιουργηθούν γέφυρες μεταξύ τους.

Λίγες ώρες αργότερα, το χρωματισμένο νερό θα έχει ανέβει μέσα από τις ίνες του χαρτιού, προκαλώντας την ανάμειξη των χρωμάτων.



*Εικόνα 6: Τριχοειδές φαινόμενο*

## Κεφάλαιο 2: Νερό και Υγεία

### 2.1 Ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος

Οι άνθρωποι είναι ενδόθερμα ζώα, που σημαίνει ότι διατηρούμε μια σταθερή θερμοκρασία κοντά στους 37°C. Διαδικασίες όπως η πέψη και η μυϊκή συστολή παράγουν μεγάλες ποσότητες θερμικής ενέργειας.

Η υπερβολική θερμότητα μπορεί να μεταβάλει τη δομή και τη λειτουργία των πρωτεϊνών, προκαλώντας μετουσίωση, ακόμη και κυτταρικό θάνατο.

Η εφίδρωση είναι ο κύριος μηχανισμός θερμορύθμισης που χρησιμοποιεί το ανθρώπινο σώμα για να δροσιστεί. Όταν ο ιδρώτας εξατμίζεται, απορροφά θερμότητα από το δέρμα και τα επιφανειακά αιμοφόρα αγγεία, μειώνοντας τη θερμοκρασία του σώματος.

#### 2.1.1 Πειραματική Φάση

##### Υλικά:

- Ένα δοχείο με νερό
- Ένας ανεμιστήρας

##### Μέθοδος:

Οι μαθητές βάζουν το ένα χέρι τους στο νερό. Στη συνέχεια, ένα ρεύμα αέρα κατευθύνεται προς το χέρι χρησιμοποιώντας έναν ανεμιστήρα. Καθώς το νερό εξατμίζεται, οι μαθητές παρατηρούν ότι το βρεγμένο χέρι είναι πιο κρύο από το στεγνό.



*Εικόνα 7: Το νερό ως ρυθμιστής θερμοκρασίας*

## 2.2 Μεταφορά θρεπτικών συστατικών και αποβολή μεταβολικών αποβλήτων

Δεδομένου ότι το ανθρώπινο σώμα αποτελείται από περίπου 60% νερό, το νερό είναι απαραίτητο για τη μεταφορά θρεπτικών συστατικών στα κύτταρα μέσω του αίματος και της λέμφου. Το νερό είναι επίσης συστατικό του σάλιου και διαλύει θρεπτικά συστατικά στο πεπτικό σύστημα, καθώς και μεταβολικά απόβλητα και τοξίνες που αποβάλλονται μέσω των ούρων, του ιδρώτα και της αναπνοής.

### 2.2.1 Μεταφορά Γεύσεων και Θρεπτικών Συστατικών

#### Υλικά:

- Ένα μικρό κομμάτι σοκολάτας
- Ένα χαρτομάντιλο

#### Μέθοδος:

Οι μαθητές στέγνωσαν τις γλώσσες τους με ένα χαρτομάντιλο και στη συνέχεια τοποθέτησαν ένα κομμάτι σοκολάτας πάνω τους.

Το πείραμα επαναλήφθηκε με τη γλώσσα υγραμένη με σάλιο.

Οι μαθητές μπορούσαν να γευτούν τη σοκολάτα μόνο όταν η γλώσσα ήταν υγρή, επειδή το σάλιο, το οποίο αποτελείται κατά 99% από νερό, διαλύει τις ενώσεις της σοκολάτας.



*Εικόνα 8: Μεταφορά θρεπτικών συστατικών*

### 2.2.2 Αποβολή μεταβολικών αποβλήτων

#### Υλικά:

- Δείγμα ούρων
- Ένα γυάλινο κύπελλο
- Φούρνος

#### Μέθοδος:

Ένα δείγμα πρωινών ούρων ζυγίστηκε και τοποθετήθηκε σε φούρνο στους 80°C για 24 ώρες μέχρι πλήρους εξάτμισης. Στη συνέχεια, το δείγμα ζυγίστηκε ξανά και υπολογίστηκε το ποσοστό του εξατμισμένου νερού.

## Αποτελέσματα:

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τα αποτελέσματα που ελήφθησαν στο πείραμα.

*Πίνακας Β: Αποβολή των άχρηστων προϊόντων μέσω των ούρων*

|              | Αρχικό βάρος | Τελικό βάρος | % Νερό  | % Υπολείμματα |
|--------------|--------------|--------------|---------|---------------|
| Δείγμα ούρων | 20,1g        | 1,17g        | 94,18 % | 5,82 %        |

Το δείγμα ούρων περιείχε περίπου 94% νερό και 6% διαλυμένα απόβλητα.

## 2.3 Λιπαντική επίδραση στις αρθρώσεις

Οι αρθρώσεις είναι σύνθετες δομές που συνδέουν τα οστά και επιτρέπουν την κίνηση του σώματος. Λειτουργούν χρησιμοποιώντας έναν μηχανισμό μοχλού που τροφοδοτείται από τη μυϊκή συστολή. Στις περισσότερες αρθρώσεις, τα οστά συγκρατούνται από χόνδρο (για παράδειγμα, τους μεσοσπονδύλιους δίσκους) ή αρθρικό χόνδρο που συνδέεται με μια κοιλότητα γεμάτη με αρθρικό υγρό (για παράδειγμα, στον ώμο). Αυτοί οι ιστοί, που αποτελούνται κυρίως από νερό, απορροφούν τις κρούσεις, λιπαίνουν και αποτρέπουν τη φθορά της άρθρωσης.

### 2.3.1 Πειραματική Φάση

#### Υλικά:

- Δύο κομμάτια πλακιδίων
- Λαδόκολλα
- Υγρό σαπούνι

#### Μέθοδος:

Τοποθετούμε ένα κομμάτι λαδόχαρτο ανάμεσα στα πλακίδια και τρίβουμε. Οι μαθητές παρατηρούν ότι το χαρτί φθείρεται (αριστερή φωτογραφία). Ωστόσο, όταν μερικές σταγόνες υγρού σαπουνιού, του οποίου το κύριο συστατικό είναι το νερό, χύνονται πάνω στο χαρτί, η φθορά είναι ελάχιστη (δεξιά φωτογραφία).



*Εικόνα 9: Λιπαντική δράση του νερού*

## 2.4 Ενυδάτωση του δέρματος

Ακόμα και το υγιές δέρμα χάνει μεταξύ 100 και 150 ml νερού ανά τετραγωνικό μέτρο καθημερινά. Όταν ο δερματικός φραγμός έχει υποστεί βλάβη, αυτός ο ρυθμός αυξάνεται, οδηγώντας σε αφυδάτωση. Τα ξηρά κλίματα και η γήρανση συμβάλλουν επίσης και αυξάνουν την αφυδάτωση.

Το δέρμα παίζει ζωτικό ρόλο στην προστασία του σώματός μας, διατηρεί την υγρασία και εμποδίζει την είσοδο των περισσότερων ξένων ουσιών, όπως μικρόβια και βρωμιά. Με αυτόν τον τρόπο, το δέρμα σχηματίζει ένα ουσιαστικό φράγμα μεταξύ εμάς και του έξω κόσμου.

Όταν το δέρμα είναι ξηρό, δεν λαμβάνει αρκετή λιπαρότητα, επομένως τα εξωτερικά στρώματα των κυττάρων του δέρματος μπορεί να ξεφλουδίσουν, να φαγουρίζουν ή να δίνουν την αίσθηση τραβήγματος. Όταν το δέρμα είναι αφυδατωμένο, μπορεί να παράγει υπερβολικό σμήγμα για να αντισταθμίσει.

Είναι πιθανό το δέρμα να είναι τόσο ξηρό όσο και αφυδατωμένο, και σε αυτήν την περίπτωση, μπορεί να αναπτυχθεί ακμή λόγω της υπερβολικής λιπαρότητας που παγιδεύει τη βρωμιά και τα νεκρά κύτταρα του δέρματος. Ρυτίδες μπορούν επίσης να εμφανιστούν λόγω ξηρού δέρματος και φραγμένων πόρων.

Για να μελετηθεί η αφυδάτωση, διεξήχθησαν δύο πειράματα: παρατήρηση της απώλειας νερού μέσω του δέρματος και αξιολόγηση της σημασίας της ενυδάτωσης.

### 2.4.1 Απώλεια νερού μέσω του δέρματος

#### Υλικά:

- Δύο μήλα παρόμοιου μεγέθους
- Εργαστηριακή ζυγαριά
- Φούρνος

#### Μέθοδος:

Ένα μήλο ζυγίστηκε και τοποθετήθηκε σε φούρνο στους 40°C για πέντε ημέρες. Μετά από αυτό το διάστημα, ζυγίστηκε ξανά.

#### Αποτελέσματα:

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τα αποτελέσματα.

*Πίνακας Γ: Απώλεια νερού μέσω του δέρματος*

|      |  | Αρχική<br>μάζα | Τελική μάζα | Διαφορά | % Απώλεια<br>νερού |
|------|--|----------------|-------------|---------|--------------------|
| Μήλο |  | 189,23 g       | 167,30 g    | 21,93 g | 11, 5 %            |

Το μήλο έχασε περίπου 11,5% νερό. Ομοίως, αν συγκρίνουμε την εμφάνιση της φλούδας ενός μήλου πριν και μετά το ψήσιμο στο φούρνο, μπορούμε να δούμε ότι η φλούδα έχει σκουρύνει και έχει πολλές ρυτίδες.





*Εικόνα 10: Τα μήλα πριν και αφού μπήκαν στον φούρνο*

#### 2.4.2 Ενυδάτωση δέρματος

##### Υλικά:

- Τέσσερα πανομοιότυπα γυάλινα ποτήρια
- Χαρτί φίλτρου
- Τρεις ενυδατικές κρέμες
- Λαστιχάκια
- Εργαστηριακή ζυγαριά

##### Μέθοδος:

Δέκα χιλιοστόλιτρα νερού χύθηκαν σε κάθε ποτήρι και καλύφθηκαν με διηθητικό χαρτί. Διαφορετικές κρέμες απλώθηκαν πάνω στο διηθητικό χαρτί, αφήνοντας ένα ποτήρι χωρίς κρέμα ως έλεγχο.



*Εικόνα 11: Μελέτη της κατακράτησης νερού*

Τα δείγματα αφέθηκαν δίπλα στο παράθυρο για δύο εβδομάδες. Μετά από αυτό το διάστημα, μετρήθηκε η ποσότητα του νερού που είχε απομείνει σε κάθε ποτήρι.

##### Αποτελέσματα:

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τα αποτελέσματα του πειράματος.

Όλες οι κρέμες βελτίωσαν την κατακράτηση υγρών. Η κρέμα με την υψηλότερη περιεκτικότητα σε λιπαρά, η Nivea, ήταν η πιο αποτελεσματική.

**Πίνακας Δ: Πείραμα ενυδάτωσης νερού**

|               | Απλό | Nivea Cream | Aloe vera Lotion | Αντηλιακό |
|---------------|------|-------------|------------------|-----------|
| Μέρα 1        | 10ml | 10ml        | 10ml             | 10ml      |
| Μέρα 14       | 4ml  | 7,5ml       | 6,5ml            | 6,5ml     |
| Απώλεια νερού | 60%  | 25%         | 35%              | 35%       |

Όπως φαίνεται, σε όλες τις περιπτώσεις η κατακράτηση νερού βελτιώνεται όταν το χαρτί περιέχει ενυδατική κρέμα, με την κρέμα με την υψηλότερη περιεκτικότητα σε λιπαρά, την κρέμα Nivea, να είναι η πιο αποτελεσματική.

### 2.4.3 Όσμωση

Η όσμωση είναι η διαδικασία με την οποία τα μόρια του νερού περνούν μέσω επιλεκτικών διαπερατών μεμβρανών σύμφωνα με μια βαθμίδα συγκέντρωσης, από ένα πιο αραιό διάλυμα σε ένα πιο συμπυκνωμένο, χωρίς τη χρήση ενέργειας.

Στα βιολογικά συστήματα, η όσμωση εμπλέκεται σε πολλές διεργασίες, όπως η απορρόφηση νερού από τις ρίζες των φυτών, η ενυδάτωση των σπόρων πριν από τη βλάστηση και η επαναρρόφηση του νερού από τα νεφρά στην κυκλοφορία του αίματος.

Στην εργασία μας, παρατηρήσαμε το φαινόμενο της όσμωσης χρησιμοποιώντας δύο είδη φυτών.

#### 2.4.3.1 Πειραματική φάση:

##### Υλικά:

- Ξερά ρεβίθια
- Μια μελιτζάνα
- Επιτραπέζιο αλάτι
- Γυάλινο δοχείο

##### Μέθοδος:

Τα ρεβίθια τοποθετήθηκαν σε ένα δοχείο με νερό και αφέθηκαν να μουλιάσουν για 24 ώρες. Ομοίως, η μελιτζάνα κόπηκε σε φέτες, αλείφθηκε με επιτραπέζιο αλάτι και αφέθηκε να ξεκουραστεί για 24 ώρες.

##### Αποτελέσματα:



**Εικόνα 12: Η όσμωση σε μελιτζάνες και ρεβίθια**

Μπορεί να παρατηρηθεί ότι ενώ η μελιτζάνα χάνει νερό και η υφή της γίνεται πιο μαλακή (η συγκέντρωση αλατιού ήταν υψηλότερη εξωτερικά), το ρεβίθι φουσκώνει λόγω της εισόδου νερού (η συγκέντρωση αλατιού είναι υψηλότερη εσωτερικά).

### **Κεφάλαιο 3: Νερό και Κλιματική Αλλαγή**

Η κλιματική αλλαγή αναφέρεται στις τροποποιήσεις του κλίματος της Γης που προκαλούνται από την ανθρώπινη δραστηριότητα. Οι κύριες συνέπειές της είναι η αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας, ακραία καιρικά φαινόμενα και απώλεια της βιοποικιλότητας.

Η κλιματική αλλαγή μεταβάλλει δραστικά τον κύκλο του νερού, καθώς η υπερβολική εξάτμιση λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας μειώνει τη διαθεσιμότητα επιφανειακού γλυκού νερού. Επιπλέον, ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως οι ξηρασίες, έχουν καταστροφικές συνέπειες για τα χερσαία οικοσυστήματα, επηρεάζοντας τη βιωσιμότητα των φυτών και καταστρέφοντας το εύφορο έδαφος.

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα διερευνήσουμε τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη διαθεσιμότητα γλυκού νερού.

#### **3.1 Ο κύκλος του νερού**

Ο κύκλος του νερού είναι η διαδικασία με την οποία κυκλοφορεί το νερό στον πλανήτη μας. Οι διαδικασίες που εμπλέκονται είναι:

- Εξάτμιση του επιφανειακού υγρού νερού που ανεβαίνει στην ατμόσφαιρα.
- Συμπύκνωση υδρατμών στην ανώτερη τροπόσφαιρα. Σχηματισμός νεφών.
- Βροχόπτωση με τη μορφή βροχής, χιονιού ή χαλαζιού στην επιφάνεια της Γης.
- Διείσδυση νερού στο έδαφος, σχηματίζοντας υδροφορείς.
- Επιφανειακή απορροή νερού που ρέει κατά μήκος του τοπίου για να φτάσει στη θάλασσα.
- Διαπνοή των φυτών, η οποία απελευθερώνει υδρατμούς στην ατμόσφαιρα.

Θα μελετήσουμε τον κύκλο του νερού δημιουργώντας ένα μοντέλο.

##### **3.1.1 Πειραματική Φάση:**

###### **Υλικά:**

- Ένα διαφανές δοχείο
- Ένα μικρότερο φλιτζάνι
- Ένα λαστιχάκι
- Αλμυρό νερό
- Πλαστική μεμβράνη
- Ένα αντικείμενο με βάρος

###### **Μέθοδος:**

Τοποθετούμε το άδειο φλιτζάνι μέσα σε ένα δοχείο με νερό.

Καλύπτουμε αυτό το δοχείο με μεμβράνη και ασφαλίζουμε με ένα λαστιχάκι.

Στη συνέχεια, τοποθετούμε το βάρος πάνω από τη μεμβράνη έτσι ώστε το φλιτζάνι να ακουμπάει από κάτω.



*Εικόνα 13: Το μοντέλο του κύκλου του νερού*

### **Αποτελέσματα και συμπεράσματα:**

Το νερό εξατμίζεται, ανεβαίνει και συμπυκνώνεται πάνω στη μεμβράνη. Επειδή η μεμβράνη έχει κλίση λόγω του βάρους, το νερό γλιστράει προς τα κάτω και πέφτει στο μικρό κύπελλο. Οι μαθητές μπορούν να παρατηρήσουν ότι το νερό που πέφτει είναι γλυκό, δείχνοντας έτσι γιατί το νερό στην ξηρά είναι γλυκό και το θαλασσινό νερό είναι αλμυρό.

## **3.2 Επίδραση της θερμοκρασίας της θάλασσας στην ένταση της βροχόπτωσης**

Η θερμοκρασία του θαλασσινού νερού είναι το κλειδί για τον σχηματισμό της βροχής. Μία από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι η θέρμανση του επιφανειακού στρώματος του ωκεανού, η οποία αυξάνει την εξάτμιση και μπορεί να οδηγήσει σε καταρρακτώδεις βροχές, μεγάλες καταιγίδες και τυφώνες.

Με το ακόλουθο πείραμα, θα παρατηρήσουμε τη σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας του νερού και της ποσότητας της βροχόπτωσης που παράγεται.

### **3.2.1 Πειραματική Φάση:**

#### **Υλικά:**

- Δύο γυάλινα δοχεία
- Δύο γυαλιά ρολογιού
- Βραστήρας
- Πάγος

#### **Μέθοδος:**

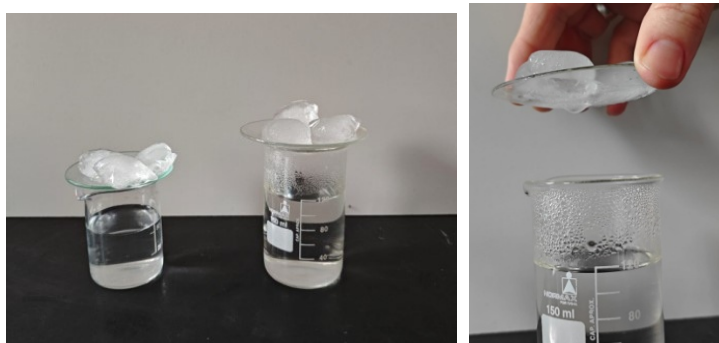
Λήφθηκαν δύο δοχεία, το ένα με νερό σε θερμοκρασία δωματίου και το άλλο με νερό στους 100°C. Στη συνέχεια, τοποθετήθηκε ένα γυαλί ρολογιού με πάγο πάνω από κάθε ποτήρι και παρατηρήθηκαν τα αποτελέσματα.

### **Αποτελέσματα και συμπεράσματα:**

Το νερό στο γυαλί εξατμίζεται και ανεβαίνει. Κατά την επαφή με το γυαλί ρολογιού, ψύχεται γρήγορα, συμπυκνώνεται και κατεβαίνει. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του νερού, τόσο πιο έντονη είναι η εξάτμιση και επομένως η καθίζηση. Έτσι, στο δοχείο που

περιέχει ζεστό νερό, παρατηρούνται οι διαδικασίες εξάτμισης, συμπύκνωσης και καθίζησης, ενώ στο άλλο, επειδή το νερό είναι κρύο, αυτές οι διαδικασίες συμβαίνουν πιο αργά.

Αυτό το φαινόμενο προκαλεί τις καταιγίδες στο τέλος του καλοκαιριού, όταν η θάλασσα είναι πιο ζεστή. Είναι επίσης υπεύθυνο για τις καταρρακτώδεις βροχές που γίνονται ολοένα και πιο συχνές στις χώρες μας.



*Εικόνα 14: Εξάτμιση νερού σε διαφορετικές θερμοκρασίες*

### 3.3 Πλημμύρες και Διάβρωση Εδάφους

Η απώλεια γόνιμου εδάφους είναι ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζουμε. Το 74% της ισπανικής και το 34% της ελληνικής επικράτειας κινδυνεύουν από ερημοποίηση.

Όταν σημειώνονται έντονες βροχοπτώσεις σε απροστάτευτα ή μη δομημένα εδάφη, τα σωματίδια του εδάφους διασπώνται και μεταφέρονται προς τα κάτω από την επιφανειακή απορροή. Αυτή η διάβρωση προκαλεί καταρρεύσεις βράχων και εδάφους, οικολογική ζημιά από τη συσσώρευση ιζημάτων σε ποτάμια και απώλεια της παραγωγικής ικανότητας του εδάφους.

Για να εξηγηθεί αυτή η διαδικασία, δημιουργήθηκε στο εργαστήριο ένα μοντέλο διαφορετικών τύπων εδάφους.

#### 3.3.1 Πειραματική Φάση:

##### Υλικά:

- Δύο πλαστικά μπουκάλια 5 λίτρων
- Χώμα κήπου
- Χλοοτάπητας
- Κουβάδες
- Διακοσμητικές πέτρες
- Σχοινί

##### Μέθοδος:

Αρχικά ετοιμάσαμε τα μπουκάλια. Ανοίξαμε ένα άνοιγμα στην κορυφή κάθε μπουκαλιού. Χρησιμοποιώντας σπάγκο, κρεμάσαμε κουβάδες κάτω από τα ανοίγματα των μπουκαλιών. Στη συνέχεια, προετοιμάσαμε δύο εδαφικές συνθήκες, μία σε κάθε μπουκάλι:

Στο πρώτο μπουκάλι, τοποθετήθηκαν πέτρες και από πάνω τους χώμα αναμεμειγμένο με γρασίδι, προσομοιώνοντας το χώμα με βλάστηση.

Στο δεύτερο μπουκάλι, τοποθετήθηκαν πέτρες και από πάνω τους τοποθετήθηκε μόνο χώμα.

Τέλος, χρησιμοποιώντας ένα ποτιστήρι, προσομοιώθηκε η βροχή σε κάθε μπουκάλι και παρατηρήθηκε το χρώμα του νερού που έβγαινε από τα μπουκάλια.

#### **Αποτελέσματα και συμπεράσματα:**

Στο μπουκάλι με το γρασίδι, το νερό τρέχει διαυγές επειδή οι ρίζες των φυτών στηρίζουν το χώμα. Στο μπουκάλι που έχει μόνο χώμα, το νερό ξεπλένει το χώμα επειδή είναι απροστάτευτο, με αποτέλεσμα το νερό να τρέχει εντελώς θολό. Αν αυτή η διαδικασία επαναλαμβανόταν για αρκετές ημέρες, όλο το χώμα θα χανόταν και οι πέτρες θα εκτίθεντο.



*Εικόνα 15: Μοντελοποίηση της επίδρασης της βροχής στο έδαφος*

### **3.4 Υγρασία και Δασικές Πυρκαγιές**

Σε ένα υγιές δάσος, η βλάστηση, τα φυλλώματα και η δομή του εδάφους συμβάλλουν όλα στη συγκράτηση νερού. Αυτή η συγκράτηση είναι εποχιακή. Το χειμώνα, η περιεκτικότητα σε υγρασία του δάσους είναι υψηλότερη, ενώ το καλοκαίρι μπορεί να μειωθεί κατά περισσότερο από 30%.

Τα είδη φυτών που αποτελούν ένα δάσος αναμφίβολα επηρεάζουν την περιεκτικότητά του σε νερό. Ορισμένα είδη, όπως ο ευκάλυπτος, καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες νερού, ενώ άλλα, όπως οι αριές και οι φελλοβελανιδιές, είναι προσαρμοσμένα να διατηρούν το εσωτερικό νερό. Σε περίπτωση πυρκαγιάς, ένα δάσος που αποτελείται από αυτοφυή φυτά θα έχει μεγαλύτερες πιθανότητες αναγέννησης, καθώς τα φυτά θα έχουν προσαρμοστεί στις τοπικές συνθήκες και θα διαθέτουν χαρακτηριστικά που τους επιτρέπουν να επιβιώνουν και μάλιστα να λειτουργούν ως αντιπυρικές ζώνες.

Στο πείραμά μας, θα μετρήσουμε πώς η περιεκτικότητα σε νερό στο ξύλο ενός αυτοφυούς είδους, της βελανιδιάς, επηρεάζει τον χρόνο που χρειάζεται για να καεί ο φυτικός ιστός και, επομένως, την πιθανή εξάπλωση μιας δασικής πυρκαγιάς.

#### **3.4.1 Πειραματική Φάση**

##### **Υλικά:**

- Δύο κλαδιά βελανιδιάς
- Ένας φούρνος



- Δύο μεταλλικά δοχεία

### Μέθοδος:

Τα δύο κλαδιά ζυγίστηκαν και το ένα από αυτά τοποθετήθηκε σε φούρνο στους 80°C για δύο ημέρες για να αφαιρεθεί η περιεχόμενη υγρασία του. Αφού στέγνωσε, ζυγίστηκε ξανά.

Τα κλαδιά τοποθετήθηκαν στη συνέχεια σε δύο μεταλλικούς κουβάδες και τους βάλαμε φωτιά. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας καύσης, παρατηρήθηκαν τα εξής: η παρουσία φλόγας, η ποσότητα καπνού και ο χρόνος που χρειάστηκε για να καούν πλήρως τα κλαδιά.

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τα αποτελέσματα αυτών των παρατηρήσεων.

**Πίνακας Ε: Επίδραση της υγρασίας των φυτών με τη φωτιά**

|                           | Αρχικό βάρος | Τελικό βάρος | % Νερό | Παρουσία φλόγας | Ποσότητα καπνού | Χρόνος καύσης |
|---------------------------|--------------|--------------|--------|-----------------|-----------------|---------------|
| <b>Φρέσκια βελανιδιά</b>  | 100 gr       | 40 gr        | 60%    | Λίγη            | Πολλή           | 30 λεπτά      |
| <b>Ξηραμένη βελανιδιά</b> | 100 gr       | 68 gr        | 15%    | Πολλή           | Μέτρια          | 12 λεπτά      |

### Αποτελέσματα:

Η σχετική υγρασία τόσο του αέρα όσο και της βλάστησης αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την εξάπλωση των δασικών πυρκαγιών. Στις μεσογειακές περιοχές, όπου τα καλοκαίρια είναι ζεστά και ξηρά, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο κανόνας 30/30/30: ακραίος κίνδυνος πυρκαγιάς εμφανίζεται με θερμοκρασίες άνω των 30°C, ανέμους άνω των 30 km/h και σχετική υγρασία κάτω του 30%. Επιπλέον, εάν η περιεκτικότητα σε υγρασία της βλάστησης πέσει κάτω από το 75%, ο κίνδυνος πυρκαγιάς αυξάνεται.

Εκτιμάται ότι μεταξύ 60% και 90% του νωπού βάρους ενός φυτού είναι νερό. Σε περίπτωση πυρκαγιάς, το νερό που περιέχεται στους ιστούς του φυτού εξατμίζεται πριν καεί το φυτό, αλλά όταν η βλάστηση υφίσταται υδατική καταπόνηση, η περιεκτικότητά της σε νερό μειώνεται, καθιστώντας την εξαιρετικά εύφλεκτη. Οι πυρκαγιές υπό αυτές τις συνθήκες ξηρασίας είναι πολύ πιο επιθετικές.

## Κεφάλαιο 4: Νερό και Κατανάλωση

Στην Ισπανία, το 80% της κατανάλωσης νερού χρησιμοποιείται στη γεωργία (Aldaya et al., 2010). Στην Ελλάδα αυτό αυξάνεται στο 90% της κατανάλωσης (Tziourrou et al., 2023). Το υπόλοιπο κατανέμεται μεταξύ της αστικής παροχής και του βιομηχανικού τομέα.

Η πιο σημαντική βιομηχανία στις χώρες μας, ωστόσο, είναι ο τουρισμός, ο οποίος αντιπροσωπεύει περισσότερο από το 75% του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (ΑΕΠ) και της απασχόλησης. Επομένως, η αποτελεσματική διαχείριση και η διαθεσιμότητα νερού είναι απαραίτητες για δραστηριότητες όπως ο τουρισμός, η φιλοξενία και το εμπόριο.

Η κατανάλωση νερού στα ισπανικά νοικοκυριά εκτιμάται σε 144 λίτρα ανά άτομο την ημέρα, ενώ στην Ελλάδα κυμαίνεται μεταξύ 177 και 227 λίτρων, πολύ υψηλότερη από τα 50 έως 100 λίτρα την ημέρα που συνιστά ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ).

Εκτός από την άμεση κατανάλωση νερού, πρέπει να λάβουμε υπόψη το νερό που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των αντικειμένων που καταναλώνουμε. Αυτή η έννοια είναι γνωστή ως υδατικό αποτύπωμα.

Σε αυτό το μέρος της εργασίας, θα διερευνήσουμε ορισμένες καταναλωτικές συνήθειες που σχετίζονται με τη χρήση νερού.

## 4.1 Υδατικό Αποτύπωμα

Το υδατικό αποτύπωμα είναι ένας περιβαλλοντικός δείκτης που μετρά τη συνολική ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών. Το υδατικό αποτύπωμα της Ισπανίας είναι ένα από τα υψηλότερα στον κόσμο. Οι Ισπανοί καταναλώνουν 6.269 λίτρα την ημέρα (Ayuda en Acción, n.d.).

Η κλωστοϋφαντουργία είναι ένας από τους μεγαλύτερους καταναλωτές νερού, χρησιμοποιώντας μεγάλες ποσότητες στην καλλιέργεια ινών (όπως το βαμβάκι) και στη βαφή και επεξεργασία υφασμάτων.

Για να ευαισθητοποιηθούν οι μαθητές σχετικά με το πραγματικό κόστος της μόδας, τους ζητήθηκε να μετρήσουν το υδατικό αποτύπωμα των ρούχων τους.

### 4.1.1 Πειραματική Φάση

#### Υλικά:

Χρησιμοποιώντας πληροφορίες που παρείχε η ΜΚΟ «Ayuda en Acción», οι μαθητές υπολόγισαν τα λίτρα νερού που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των ρούχων τους.

Τα δεδομένα παρουσιάζονται στον Πίνακα 6. Υποτίθεται ότι τα ενδύματα που απεικονίζονται είναι κατασκευασμένα από φυσικές ίνες (βαμβάκι, μαλλί). Τα ενδύματα που κατασκευάζονται από ίνες όπως ο πολυεστέρας καταναλώνουν λιγότερο νερό (ένα μπλουζάκι θα απαιτούσε 1500 λίτρα) αλλά μολύνουν το περιβάλλον με μικροπλαστικά.

*Πίνακας ΣΤ: Υδατικό αποτύπωμα στα ρούχα*

| Αθλητικά παπούτσια | Μπλουζάκι α | Τζήν*       | Φούστες Παντελόνια | Φούτερ      | Εσώρουχα Κάλτσες | Κοντομάνικα |
|--------------------|-------------|-------------|--------------------|-------------|------------------|-------------|
| 4.400 λίτρα        | 1.500 λίτρα | 3.000 λίτρα | 2.000 λίτρα        | 2.000 λίτρα | 2.200 λίτρα      | 2.000 λίτρα |

\*Άλλες πηγές το τοποθετούν στα 10.000 λίτρα νερού ανά ένδυμα.

#### Αποτελέσματα και συμπεράσματα:

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τους μέσους όρους των δεδομένων που παρείχαν 30 μαθητές ηλικίας 12 ετών.

*Πίνακας Ζ: Αποτελέσματα υδατικού αποτυπώματος των μαθητών μας*

| Αθλητικά παπούτσια | Μπλουζάκια | Τζήν*     | Φούστες Παντελόνια | Φούτερ    | Εσώρουχα Κάλτσες | Κοντομάνικα |
|--------------------|------------|-----------|--------------------|-----------|------------------|-------------|
| 660.000 L          | 315.000 L  | 900.000 L | 804.000 L          | 720.000 L | 66.000 L         | 1.548.000 L |

Ζητήθηκε από τους μαθητές να μετρήσουν μόνο τα ρούχα που είχαν στις ντουλάπες τους, εξαιρουμένων των ρούχων εκτός εποχής ή άλλων ρούχων που ήταν αποθηκευμένα αλλού.

Το τελικό μέσο αποτύπωμα νερού για τους μαθητές μας είναι 5.013.000 λίτρα νερού, αρκετά για την κάλυψη αναγκών 50.130 ατόμων για μία ημέρα, υποθέτοντας κατανάλωση 100 λίτρων την ημέρα, η μέγιστη συνιστώμενη από τον ΠΟΥ.

## 4.2 Εμφιαλωμένο Νερό

Τα τελευταία χρόνια, η κατανάλωση εμφιαλωμένου νερού έχει εκτοξευθεί στα ύψη, έχοντας γίνει καθημερινή συνήθεια για πολλούς ανθρώπους. Η Ελλάδα έχει μία από τις υψηλότερες καταναλώσεις εμφιαλωμένου νερού στην Ευρώπη. Το 40% των Ισπανών προτιμούν το εμφιαλωμένο νερό επειδή θεωρούν τη γεύση του καλύτερη από το νερό βρύσης, για λόγους ευκολίας ή λόγω δυσπιστίας στην ποιότητά του τρεχούμενου νερού (March, H. 2020). Η κατανάλωσή του είναι πιο συχνή σε παράκτιες και τουριστικές περιοχές.

Ωστόσο, πίσω από κάθε μπουκάλι κρύβεται μια περιβαλλοντική επίπτωση που συχνά περνά απαρατήρητη.

Για την ευαισθητοποίηση των μαθητών σχετικά με την ασφάλεια και την ποιότητα του νερού βρύσης και τις επιπτώσεις που δημιουργεί το εμφιαλωμένο νερό, πραγματοποιήθηκαν δύο δραστηριότητες:

- Επίσκεψη στη μονάδα επεξεργασίας πόσιμου νερού "El Cañuelo" από τους μαθητές και του Ισπανικού και του Ελληνικού σχολείου
- Έρευνα για την κατανάλωση εμφιαλωμένου νερού στην πόλη Αλχεθίρας.

### 4.2.1 Κατανάλωση εμφιαλωμένου νερού στην πόλη Αλχεθίρας

Στόχος της παρούσας μελέτης είναι ο υπολογισμός του αριθμού των μπουκαλιών νερού που πωλούνται σε κάθε τύπο καταστήματος στην Αλχεθίρας, προκειμένου στη συνέχεια να υπολογιστεί η ποσότητα πλαστικού που παράγεται από την κατανάλωση εμφιαλωμένου νερού.

#### Μέθοδος:

Το πρώτο μέρος αφιερώθηκε στη διερεύνηση του αριθμού των καταστημάτων στο Αλχεθίρας που πωλούν εμφιαλωμένο νερό. Οι πληροφορίες βρέθηκαν στο Ισπανικό Οικονομικό Ετήσιο Βιβλίο του 2008 που δημοσιεύτηκε από την La Caixa. Στη συνέχεια, ζητήθηκε από τους μαθητές να ρωτήσουν για τον αριθμό των μπουκαλιών που πωλούνται ημερησίως σε τρία καταστήματα κάθε τύπου και υπολογίστηκε ένας μέσος όρος πωλήσεων για κάθε τύπο καταστήματος. Τέλος, ζυγίστηκαν 10 φιάλες νερού PET μεγέθους 330 ml, 1 L και 5 L και υπολογίστηκε το μέσο βάρος τους.

#### Αποτελέσματα και συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

*Πίνακας Η: Μπουκάλια νερού που πωλήθηκαν στο Αλχεθίρας*

| Τύπος καταστήματος           | Ποσότητα | Αριθμός μπουκαλιών πουλήθηκαν | Αποτελέσματα      |
|------------------------------|----------|-------------------------------|-------------------|
| Μικρά S/M, περίπτερα         | 956      | Δεν υπάρχουν στοιχεία         | -----             |
| Supermarkets                 | 74       | 8.000 L/εβδομάδα              | 592.000           |
| Hypermarkets                 | 3        | 44.000L/εβδομάδα              | 132.000           |
| Bars, καφετέριες, εστιατόρια | 807      | 24 L/εβδομάδα                 | 19.368            |
| ΣΥΝΟΛΟ                       |          |                               | 743.360 μπουκάλια |

Είναι σαφές ότι ο ακριβής υπολογισμός του αριθμού των μπουκαλιών νερού που πωλούνται στην πόλη είναι αδύνατος λόγω της ύπαρξης διαφορετικών εμπορικών σημάτων και εταιρειών διανομής. Επομένως, για τους υπολογισμούς μας, έχουμε κάνει μια προσέγγιση βασισμένη σε στοιχεία που ελήφθησαν από τρία καταστήματα κάθε τύπου. Επιπλέον, όπως μας είπαν τα καταστήματα, οι πωλήσεις κυμαίνονται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, ανάλογα, για παράδειγμα, με εποχιακούς και εορταστικούς παράγοντες.

Ομοίως, ήταν αδύνατο να λάβουμε έναν αντιπροσωπευτικό μέσο όρο για τις μικρές επιχειρήσεις λόγω των σημαντικών διαφορών στα στοιχεία που ελήφθησαν.

Λήφθηκε ένα μέσο βάρος 30 g ανά μπουκάλι, καθώς τα μπουκάλια του 1L πωλούνται περισσότερα από τα μπουκάλια των 330ml ή των 5L. Η εκτιμώμενη μάζα πλαστικού που παράγεται στο Αλχεθίρας από την κατανάλωση μπουκαλιών νερού υπολογίστηκε ως εξής:

$$\text{Αριθμός μπουκαλιών} \times \text{βάρος μπουκαλιού} = \text{βάρος πλαστικού}$$

$$743.360 \times 0,003 \text{ Kg} = 2.230,08 \text{ Kg εβδομαδιαίως}$$

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς, περίπου 2.230 κιλά πλαστικού παράγονται εβδομαδιαίως στο Αλχεθίρας μόνο λόγω της κατανάλωσης εμφιαλωμένου νερού.

#### 4.2.2 Επίσκεψη στη Μονάδα Επεξεργασίας Πόσιμου Νερού «El Cañuelo»

Τον Απρίλιο του 2026 οι μαθητές της ΣΤ' τάξης του 2<sup>ου</sup> Δημοτικού Σχολείου Λαμίας επισκέφθηκαν το Colegio Huerta de la Cruz για να ολοκληρώσουν μαζί με τους Ισπανούς συμμαθητές τους την πειραματική διαδικασία της εργασίας. Οργανώθηκε μια επίσκεψη κατά την οποία οι μαθητές έμαθαν για τη διαδικασία επεξεργασίας του νερού από τη στιγμή που συλλέγεται στις δεξαμενές που τροφοδοτούν την πόλη—Charco Redondo και Guadarranque—μέχρι να φτάσει στα σπίτια. Πρόκειται για μια μονάδα επεξεργασίας νερού που τροφοδοτεί την περιοχή Campo de Gibraltar.

Οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να μάθουν για τις επεξεργασίες που υφίσταται το νερό από τη στιγμή που εισέρχεται στη μονάδα, προερχόμενο από τις δεξαμενές, μέχρι να φτάσει στο δημόσιο δίκτυο ύδρευσης.



*Εικόνα 16: Επίσκεψη μαθητών στη μονάδα επεξεργασίας νερού*

Στόχος της επίσκεψης ήταν να καταδειχθεί στους μαθητές ότι το νερό που φτάνει στα σπίτια τους είναι απόλυτα ασφαλές και να ευαισθητοποιηθούν σχετικά με την έλλειψη ανάγκης αγοράς εμφιαλωμένου νερού.

## Συμπεράσματα

Λόγω της σπανιότητας του πόσιμου νερού στον πλανήτη —λιγότερο από το 1% της συνολικής παροχής νερού— η διαχείρισή του είναι θεμελιώδης για τη διασφάλιση της ορθής χρήσης του. Το νερό θα πρέπει να προστατεύεται όχι μόνο ως στρατηγικός οικονομικός πόρος και πρώτη ύλη, αλλά και ως το κύριο συστατικό που καθιστά δυνατή τη ζωή.

Δυστυχώς, όλες οι ενδείξεις δείχνουν ότι οδεύουμε προς μια παγκόσμια κρίση νερού, επειδή η τρέχουσα ζήτηση νερού υπερβαίνει την αναγεννητική ικανότητα των οικοσυστημάτων. Για το λόγο αυτό, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τον ουσιαστικό ρόλο του νερού στη διατήρηση των βιολογικών διεργασιών όσο και τη σπανιότητά του σε ορισμένες περιοχές του πλανήτη λόγω της άνισης κατανομής του, είναι επιτακτική ανάγκη να ευαισθητοποιήσουμε και να υιοθετήσουμε αλλαγές στη συμπεριφορά μας σχετικά με το νερό. Το μέλλον μας συνδέεται με την αξία που του δίνουμε, και για να μάθουμε πραγματικά να εκτιμούμε το νερό, είναι απαραίτητο να κατανοήσουμε τη σημασία του.

Τα παιδιά πρέπει να διδαχθούν τη σημασία του νερού. Είναι θεμελιώδης για τη διασφάλιση της σωματικής τους υγείας και την καλλιέργεια βιώσιμων συνηθειών από μικρή ηλικία. Αυτό θα τους επέτρεπε να κατανοήσουν ότι το νερό είναι ένας περιορισμένος και ζωτικός πόρος για τον πλανήτη, προωθώντας την υπεύθυνη κατανάλωση και την ενσυναίσθηση. Επιπλέον, οι θεσμοί και η κοινωνία έχουν την υποχρέωση να αλλάξουν τον τρόπο που καταναλώνουμε νερό και να υιοθετήσουν πιο κατάλληλες μεθόδους για τη διαχείρισή του.

Το νερό είναι ένας απαραίτητος φυσικός πόρος για τη ζωή στον πλανήτη μας και η αξία του πρέπει να ερευνηθεί, να κατανοηθεί και να διαδοθεί. (Συμβούλιο της Ευρώπης, 1968)

## Βιβλιογραφία

1. Aldaya, M. M., Garrido, A., Llamas, M. R., Varela-Ortega, C., Novo, P., & Rodríguez-Casado, R. Water footprint and virtual water trade in Spain. In M. R. Llamas & A. Garrido (Eds.), *Water Policy in Spain* (2010) (pp. 49-59). CRC Press.
2. Arslan, S. Arslan: 'The importance of water and conscious use of water', *International Journal of Hydrology*, 4(5), (2020), σελ. 239–241.
3. Ayuda en Acción. (2021). *El consumo de agua que desconocemos*. <https://ayudaenaccion.org/blog/voluntariado/consumo-de-agua> (ημερομηνία προσπέλασης: 20/03/2026)
4. March, H., Garcia, X., Domene, E., & Sauri, D. *Tap Water, Bottled Water or In-Home Water Treatment Systems: Insights on Household Perceptions and Choices*. *Water*, (2020), 12(5), 1310.
5. Shiklomanov, I. A.. *World fresh water resources*. In P. H. Gleick (Ed.), *Water in crisis: A guide to the world's fresh water resources*, Oxford University Press, (1993), σελ.13–24.
6. Tziourrou, P., Koutiva, I., & Makropoulos, C. *A multi-model assessment of Greece's agricultural Water–Energy nexus*. *Environmental Sciences Proceedings*, (2023) 25(1), 42.
7. United Nations. 'Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development' (2015) (A/RES/70/1)
8. World Health Organization. 'Domestic water quantity, service level and health'. (2003), World Health Organization.

\*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στις συγγραφείς.



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Greece

*Science on Stage Festival 2026,  
Klaipėda, Λιθουανία*



# Next AIengineers: Καλλιεργώντας τους Μηχανικούς Τεχνητής Νοημοσύνης του Αύριο

## *Joint project Ελλάδα-Πορτογαλία*

*Ηρώ Κολιάκου, Φυσικός, Anatolia American College, [koliakou\[a\]anatolia.edu.gr](mailto:koliakou[a]anatolia.edu.gr)  
Cláudia Meirinhos, AE Gonçalo Nunes, Barcelos, [claudiameirinhos\[a\]gmail.com](mailto:claudiameirinhos[a]gmail.com)*

## Περίληψη

Πώς μπορούν μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης να κατανοήσουν την Τεχνητή Νοημοσύνη (TN) μέσα από βιωματικές δραστηριότητες; Και πώς μπορούν μεγαλύτεροι μαθητές να γίνουν οι ίδιοι φορείς αυτής της γνώσης; Αυτά τα ερωτήματα αποτέλεσαν την αφετηρία του Next AIengineers.

Το πρόγραμμα δημιούργησε ένα κοινό εκπαιδευτικό πλαίσιο για την εισαγωγή μαθητών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στις βασικές έννοιες της TN, της μηχανικής σκέψης και της υπεύθυνης χρήσης των αναδυόμενων τεχνολογιών. Βασισμένο στις αρχές της διερευνητικής μάθησης και του μηχανικού σχεδιασμού, περιλαμβάνει βιωματικές δραστηριότητες μέσα από τις οποίες οι μαθητές εξερεύνησαν πώς εκπαιδεύονται τα συστήματα TN, κατανόησαν τη σημασία των δεδομένων, συζήτησαν ζητήματα δικαιοσύνης και προκαταλήψεων, και διαμόρφωσαν τους δικούς τους κανόνες για μία υπεύθυνη TN.

Κεντρικό στοιχείο του έργου αποτέλεσε η ομάδα AI Ambassadors — μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που δημιούργησαν εκπαιδευτικό βίντεο και παρουσίασαν το έργο σε μαθητές της Πορτογαλίας, λειτουργώντας ως μέντορες για τους μικρότερους. Η δράση ανέδειξε τον κρίσιμο ρόλο της μαθητικής φωνής και του peer learning στην εκπαίδευση για την TN.

Το πρόγραμμα αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του Science on Stage Europe ως Joint Project Ελλάδας και Πορτογαλίας, και παρουσιάστηκε στο Διεθνές Φεστιβάλ Science on Stage 2026 στην Κλαϊπέντα της Λιθουανίας.

## Abstract

How can primary school students develop genuine understanding of Artificial Intelligence through hands-on activities? And how can older students become carriers of that knowledge to their younger peers? These questions shaped Next AIengineers.

The project built a shared educational framework for introducing primary school students to AI literacy, engineering thinking and responsible innovation. Grounded in inquiry-based learning and the engineering design process, it includes age-appropriate activities through which students explore how AI systems learn, understand the role of data quality, discuss issues of fairness and bias, and co-create guidelines for ethical AI use.

A distinctive feature of the project is the AI Ambassadors programme — secondary school students who produced an original educational video and presented the project to primary school students in Portugal, acting as mentors and role models. Their involvement highlights the power of student voice and peer learning in AI education.

Next AIengineers demonstrates that AI education can begin in primary school through creative, collaborative, and student-centred activities. The project was developed within Science on Stage Europe as a joint project between Greece and Portugal, and was presented at the Science on Stage Europe Festival 2026 in Klaipėda, Lithuania.

## **1. Εισαγωγή – Η ανάγκη για AI Literacy**

Η Τεχνητή Νοημοσύνη εξελίσσεται με πρωτοφανή ταχύτητα και αναμένεται να επηρεάσει σχεδόν κάθε τομέα της ανθρώπινης δραστηριότητας. Η ανάπτυξη δεξιοτήτων AI Literacy θεωρείται πλέον αναγκαία ήδη από τις μικρές ηλικίες: δεν αφορά μόνο την κατανόηση των αλγορίθμων, αλλά την ανάπτυξη κριτικής σκέψης, την κατανόηση των ηθικών διαστάσεων της ΤΝ και την ενεργό συμμετοχή των νέων στη διαμόρφωση του ψηφιακού μέλλοντος (Long & Magerko, 2020). Η UNESCO και η Ευρωπαϊκή Ένωση αναγνωρίζουν ότι οι μαθητές πρέπει να αναπτύξουν γνώσεις, δεξιότητες και στάσεις για υπεύθυνη χρήση της ΤΝ (UNESCO, 2023· UNESCO, 2024), ενώ η World Economic Forum (2025) εκτιμά ότι τα επαγγέλματα ΤΝ θα αποτελούν τον πυρήνα της αγοράς εργασίας στη δεκαετία που έρχεται.

## **2. Το Joint Project «Next AIengineers»**

Το έργο σχεδιάστηκε από εκπαιδευτικούς της Ελλάδας και της Πορτογαλίας με στόχο τη δημιουργία ενός ευέλικτου εκπαιδευτικού πλαισίου που εισάγει βασικές έννοιες της ΤΝ, τη συνδέει με τη μηχανική σκέψη και το STEM, και προωθεί την υπεύθυνη χρήση της τεχνολογίας. Απευθύνεται σε μαθητές 8–15 ετών και μπορεί να εφαρμοστεί ευέλικτα σε διαφορετικά σχολικά πλαίσια. Βασικές αρχές σχεδιασμού ήταν η διεπιστημονικότητα, η σύνδεση με πραγματικά ζητήματα καθημερινής ζωής και η ανάδειξη της ΤΝ ως εργαλείου που ο άνθρωπος σχεδιάζει, ελέγχει και ευθύνεται γι' αυτό.

## **3. Περιγραφή των δραστηριοτήτων**

### **3.1 Οι μηχανικοί τότε και τώρα**

Μαθητές 9–15 ετών (45–75 λεπτά) διερευνούν πώς η μηχανική εξελίσσεται μέσα στον χρόνο και συνδέουν αυτή την εξέλιξη με τη σημερινή ΤΝ. Μέσα από φύλλο εργασίας πέντε βημάτων — από το «Guess the Engineer!» ως τον σχεδιασμό του «Μηχανικού του 2050» — οι μαθητές ονομάζουν ένα νέο επάγγελμα, ορίζουν το πρόβλημα που λύνει και τον ρόλο που παίζει η ΤΝ σε αυτό. Για μεγαλύτερες ηλικίες, η δραστηριότητα επεκτείνεται σε ομαδική έρευνα ιστορικών ορόσημων μηχανικής και gallery walk με παρουσιάσεις.

### **3.2 Μηχανικοί του Μέλλοντος: Πώς μαθαίνει η ΤΝ και η σημασία των δεδομένων**

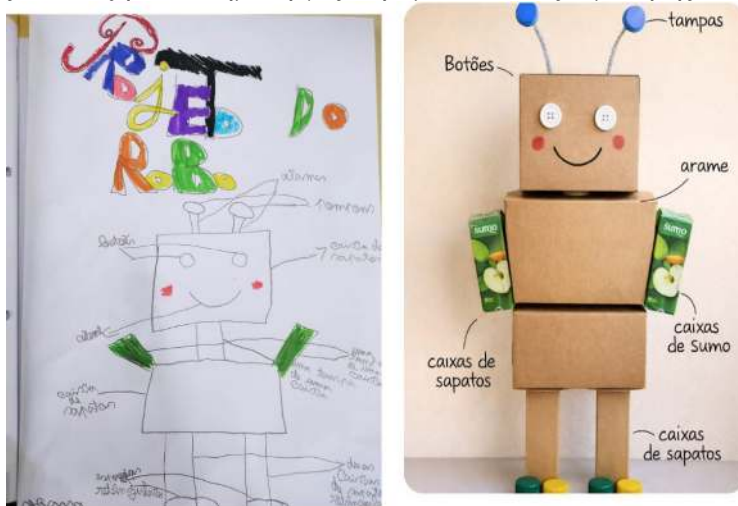
Μαθητές 8–11 ετών (60 λεπτά) αναλαμβάνουν τον ρόλο του «εκπαιδευτή» ενός απλού συστήματος ταξινόμησης: παρέχουν παραδείγματα, παρατηρούν πώς το σύστημα «μαθαίνει» και ελέγχουν τι συμβαίνει με ελλιπή ή μεροληπτικά δεδομένα. Αναδύονται οργανικά οι έννοιες της ποιότητας δεδομένων και της προκατάληψης (bias), και η συζήτηση στρέφεται στις πραγματικές συνέπειες ενός «μεροληπτικού» μοντέλου ΤΝ.

### 3.3 Οι κανόνες για δίκαιη TN

Μαθητές 8–11 ετών (60–75 λεπτά) αξιολογούν πραγματικά σενάρια χρήσης TN — από συστήματα διάγνωσης ασθενειών ως κάμερες χωρίς συγκατάθεση — και συνθέτουν τους δικούς τους «Κανόνες Δίκαιης TN» σε αφίσα τάξης. Η δραστηριότητα ολοκληρώνεται με γραφή prompt για το NotebookLM, ζητώντας εκπαιδευτικό βίντεο βασισμένο στους κανόνες που δημιούργησαν — η ίδια η διαδικασία γραφής prompt αποτελεί μαθησιακή εμπειρία.

### 3.4 Συνδημιουργώ ένα ρομπότ με TN

Μαθητές 8–11 ετών (90 λεπτά, δύο συνεδρίες) σχεδιάζουν σε χαρτί ρομπότ από ανακυκλώσιμα υλικά, φωτογραφίζουν το σχέδιό τους και το ανεβάζουν στο ChatGPT με prompt που περιγράφει τα υλικά. Το ChatGPT παράγει ψηφιακή αναπαράσταση που σέβεται τον χαρακτήρα του αρχικού σχεδίου. Ακολουθεί φάση σύγκρισης — ακολούθησε η TN τις οδηγίες; τι θα άλλαζα στο prompt; — και τελικά οι μαθητές κατασκευάζουν φυσικά το ρομπότ τους, ως απόδειξη ότι ο δημιουργός παραμένει ο ίδιος ο μαθητής.



*Εικόνα 1: Χειρόγραφο σχέδιο μαθητή και ψηφιακή αναπαράσταση από ChatGPT*



*Εικόνα 2: Μαθητές κατασκευάζουν το ρομπότ τους από ανακυκλώσιμα υλικά*

## 4. Οι AI Ambassadors: μαθητική ηγεσία και peer learning

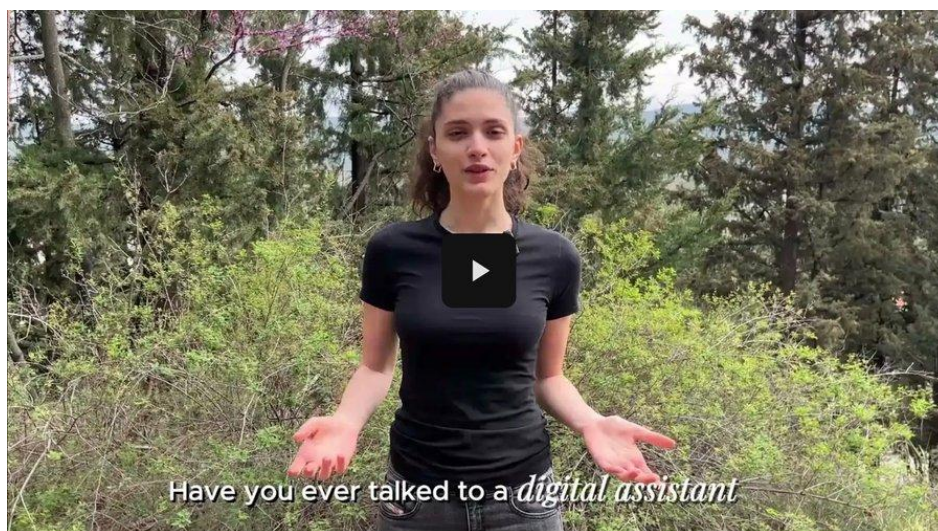
Η πιο ισχυρή διάσταση του Next AIengineers ήταν η συμμετοχή των AI Ambassadors — μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης από το Anatolia College που εξερεύνησαν σε βάθος τις δυνατότητες και τους κινδύνους της TN και ανέλαβαν ενεργό ρόλο ως «γέφυρα» γνώσης προς τους μικρότερους μαθητές.

Η ομάδα:

- Μελέτησε τις αρχές της δίκαιης και υπεύθυνης TN.
- Δημιούργησε πρωτότυπο εκπαιδευτικό βίντεο για τους κανόνες της δίκαιης TN σε γλώσσα κατανοητή από μικρότερους μαθητές.
- Παρουσίασε το έργο σε μαθητές της Πορτογαλίας μέσω διαδικτυακής παρουσίασης.
- Λειτουργήσε ως μέντορες και πρότυπα — η γνώση μεταδόθηκε από μαθητή σε μαθητή.

### 4.1 Το εκπαιδευτικό βίντεο

Οι AI Ambassadors χρησιμοποίησαν το NotebookLM ως εργαλείο παραγωγής: τροφοδότησαν το σύστημα με τους κανόνες δίκαιης TN, σχεδίασαν το σενάριο με παραδείγματα κατανοητά από μικρές ηλικίες και παρήγαγαν ένα σύντομο βίντεο που απευθύνεται σε μαθητές πρωτοβάθμιας.



Εικόνα 3: Still από το εκπαιδευτικό βίντεο των AI Ambassadors

**Εκπαιδευτικό βίντεο AI Ambassadors:**

<https://drive.google.com/file/d/1APoR1Cnwcejn1tZk6PQUsBka2qzDBoNrG/view>

**Εκπαιδευτικό υλικό και φύλλα εργασίας:**

[https://drive.google.com/drive/folders/1CSWeqiN5dY3UNVeM\\_Z-DyN01e6lx\\_AW?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1CSWeqiN5dY3UNVeM_Z-DyN01e6lx_AW?usp=sharing)



## 4.2 Διεθνής διάχυση μέσω peer learning

Η διαδικτυακή παρουσίαση των AI Ambassadors σε μαθητές της Πορτογαλίας ανέδειξε τη δύναμη της συνεργασίας μεταξύ διαφορετικών ηλικιακών ομάδων και χωρών. Οι μαθητές δεν αντιμετωπίστηκαν ως παθητικοί δέκτες αλλά ως ενεργοί παραγωγοί εκπαιδευτικού περιεχομένου.



*Εικόνα 4: Μαθητές στην Πορτογαλία παρακολουθούν το βίντεο των AI Ambassadors*

## 5. Μαθησιακά αποτελέσματα

Η εφαρμογή του προγράμματος έδειξε ότι οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν βασικές έννοιες της ΤΝ, να αναγνωρίσουν ζητήματα ηθικής και δικαιοσύνης, να χρησιμοποιήσουν υπεύθυνα εργαλεία παραγωγικής ΤΝ και να αναπτύξουν δεξιότητες δημιουργικότητας και επίλυσης προβλημάτων. Οι εκπαιδευτικοί διαπίστωσαν αυξημένο ενδιαφέρον για επαγγέλματα STEM και εφαρμογές ΤΝ. Για τους AI Ambassadors, αναπτύχθηκε επιπλέον η ικανότητα μετάδοσης γνώσης, η αυτοπεποίθηση ως επικοινωνητές και η κατανόηση των κοινωνικών επιπτώσεων της ΤΝ.

## 6. Συμπεράσματα

Το Next AIengineers απέδειξε ότι η εκπαίδευση στην ΤΝ μπορεί να ξεκινήσει από τις μικρές ηλικίες μέσα από βιωματικές, συνεργατικές και δημιουργικές δραστηριότητες. Ιδιαίτερα σημαντική αναδείχθηκε η συμμετοχή των AI Ambassadors: η δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού από τους ίδιους τους μαθητές και η μεταφορά του σε νεότερους ομότιμους δεν αποτελεί μόνο παιδαγωγική τεχνική — είναι μια δήλωση για το τι σημαίνει να είσαι ενεργός πολίτης της εποχής της ΤΝ.

Σε μια εποχή όπου η ΤΝ θα επηρεάσει βαθιά την κοινωνία και την εργασία, οι νέοι δεν πρέπει να αντιμετωπίζονται μόνο ως χρήστες αλλά ως ενεργοί συνδιαμορφωτές του μέλλοντός της. Οι διεθνείς συνεργασίες, όπως αυτή μεταξύ Ελλάδας και Πορτογαλίας, συμβάλλουν στη δημιουργία μιας ευρωπαϊκής κοινότητας εκπαιδευτικών και μαθητών που αναπτύσσουν από κοινού ένα πιο υπεύθυνο, ανθρώπινο και συμπεριληπτικό ψηφιακό μέλλον.

## Βιβλιογραφία

- European Parliament and Council of the European Union. (2024). Regulation laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act).
- Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI Literacy? Competencies and Design Considerations. Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 1–16.
- OECD. (2021). OECD Digital Education Outlook 2021: Pushing the Frontiers with Artificial Intelligence, Blockchain and Robots. OECD Publishing, Paris.
- UNESCO. (2023). Guidance for Generative AI in Education and Research. UNESCO.
- UNESCO. (2024). AI Competency Framework for Teachers. UNESCO.
- World Economic Forum. (2025). The Future of Jobs Report 2025. World Economic Forum.

\*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στις συγγραφείς.



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Greece

*Science on Stage Festival 2026,  
Klaipėda, Αιθουανία*



# See the World Through My Eyes

## *Joint project Ελλάδα-Τουρκία*

*Μαθητές: Μιχάλης Σταυρακάκης, Μιχάλης Σαρρής*  
*Γενικό Λύκειο Γαζίου*

Υπεύθυνες εκπαιδευτικοί:

*Αναστασία Παπακωνσταντίνου, Βιολόγος, Γενικό Λύκειο Γαζίου και Συνεργάτης*  
*Ιου Ε.Κ.Φ.Ε. Ηρακλείου Κρήτης, [papakona\[a\]gmail.com](mailto:papakona[a]gmail.com)*  
*Esra Aksoy 2, Δασκάλα, Kazim Yurdalan TOKI Primary School, Τουρκία*  
*[esraaksoy1410\[a\]gmail.com](mailto:esraaksoy1410[a]gmail.com)*

## Περίληψη

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει το διαθεματικό, βιωματικό έργο «See the World Through My Eyes», το οποίο υλοποιήθηκε ως κοινή εκπαιδευτική σύμπραξη (joint project) μεταξύ Ελλάδας- Τουρκίας, και παρουσιάστηκε στο Πανευρωπαϊκό Φεστιβάλ Εκπαιδευτικών STEM 2026 του Science on Stage στη Λιθουανία. Το έργο στοχεύει στην ανάπτυξη της ενσυναίσθησης των μαθητών για τα άτομα με προβλήματα όρασης και στη δημιουργία δραστηριοτήτων απόλυτης συμπερίληψης, όπου όλοι οι μαθητές συμμετέχουν ισότιμα. Χρησιμοποιώντας τεχνολογίες Εικονικής Πραγματικότητας (VR) σε περιβάλλον A-Frame, οι μαθητές δημιούργησαν μια εικονική σχολική αίθουσα. Εκεί, οι χρήστες βιώνουν πώς αντιλαμβάνονται το περιβάλλον διαφορετικοί ζωικοί οργανισμοί αλλά και άνθρωποι με παθήσεις όρασης. Παράλληλα, αναπτύχθηκε ένα VR δωμάτιο βασισμένο αποκλειστικά σε τρισδιάστατους (binaural) ήχους για πλήρη συμπεριληπτική πλοήγηση. Το έργο ολοκληρώθηκε με τη δημιουργία ενός «δέντρου ενσυναίσθησης» από τους μαθητές, αποτυπώνοντας τις προτάσεις τους για έναν πιο προσβάσιμο κόσμο.

## Abstract

This paper presents the interdisciplinary, experiential project "See the World Through My Eyes," implemented as a joint international educational project between Greece and Turkey, and showcased at the Science on Stage STEM Festival 2026 in Lithuania. The project focuses on cultivating empathy for visually impaired individuals and establishing total inclusion frameworks where students with or without vision loss participate with equal opportunities. Utilizing Virtual Reality (VR) technologies developed in A-Frame, students constructed a virtual classroom that simulates animal vision along with human visual impairments. Furthermore, a non-visual VR environment constructed entirely out of audio cues was developed for immersive, inclusive navigation. The initiative concluded with the creation of an "empathy tree" by students, documenting their insights and proposals for a more universally accessible world.

## Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

Η σύγχρονη συμπεριληπτική εκπαίδευση απαιτεί καινοτόμα εργαλεία που μετατρέπουν τις αφηρημένες έννοιες των Φυσικών Επιστημών και της Πληροφορικής σε κοινωνικό βίωμα. Το έργο «See the World Through My Eyes» δομείται πάνω στη φιλοσοφία "Different Eyes, Same Skies", η οποία πρεσβεύει ότι παρόλο που οι ζωντανοί οργανισμοί αντιλαμβάνονται το περιβάλλον μέσα από ριζικά διαφορετικά οπτικά συστήματα, όλοι μοιράζονται κοινό χώρο και δικαιώματα. Ο κεντρικός στόχος είναι διπλός: η καλλιέργεια βιωματικής ενσυναίσθησης χωρίς αυτή να μετατρέπεται σε οίκτο ή διακριτική μεταχείριση (discrimination), και η διασφάλιση της απόλυτης συμπερίληψης (total inclusion) στην εκπαιδευτική πράξη.

Στο επιστημονικό υπόβαθρο του έργου, οι μαθητές του Λυκείου λειτούργησαν ως μέντορες για τους μαθητές του Δημοτικού, συνδέοντας τη Βιολογία (ανατομία οφθαλμού, φωτοϋποδοχείς, παθολογία) και τη Φυσική (αρχές οπτικής, διάθλαση, εστίαση φωτός) με την Πληροφορική. Μέσω ανοικτού λογισμικού και computational φίλτρων 3D γραφικών, κατέστη δυνατή η ψηφιακή αναπαράσταση της διαφοροποιημένης οπτικής πρόσληψης σε πραγματικό χρόνο, γεφυρώνοντας τις θετικές επιστήμες με την ανάπτυξη της κοινωνικής συνείδησης των μαθητών.



*Εικόνα 1: Το δωμάτιο Εικονικής Πραγματικότητας – Μια σχολική αίθουσα*

### Περιγραφή εργασίας

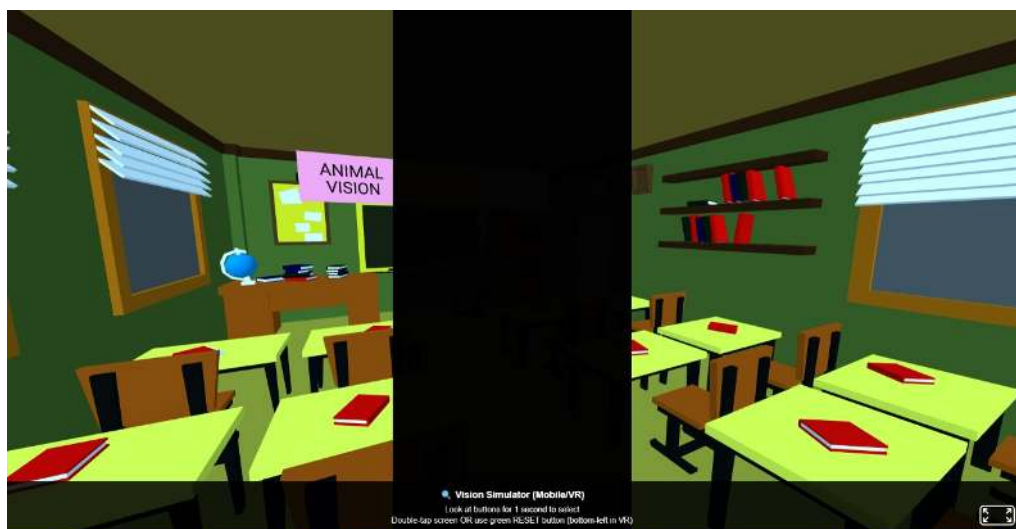
Το έργο αναπτύχθηκε και υλοποιήθηκε σε δύο διακριτά αλλά αλληλένδετα στάδια, εστιάζοντας τόσο στην προσομοίωση της διαφορετικότητας της όρασης όσο και στην καθολική προσβασιμότητα.

#### Στάδιο 1: Ανάπτυξη Ενσυναίσθησης και Προσομοίωση Όρασης

Οι μαθητές του ΓΕΛ Γαζίου σχεδίασαν σε περιβάλλον A-Frame ένα δωμάτιο εικονικής πραγματικότητας (VR), το οποίο αναπαριστά μια τυπική σχολική αίθουσα. Σκοπός του

δωματίου είναι η βιωματική μάθηση των μαθητών δημοτικού της Τουρκίας. Για να αναδειχθεί η φυσική ποικιλομορφία της όρασης, οι μαθητές εστίασαν αρχικά σε τρεις ζωικούς οργανισμούς:

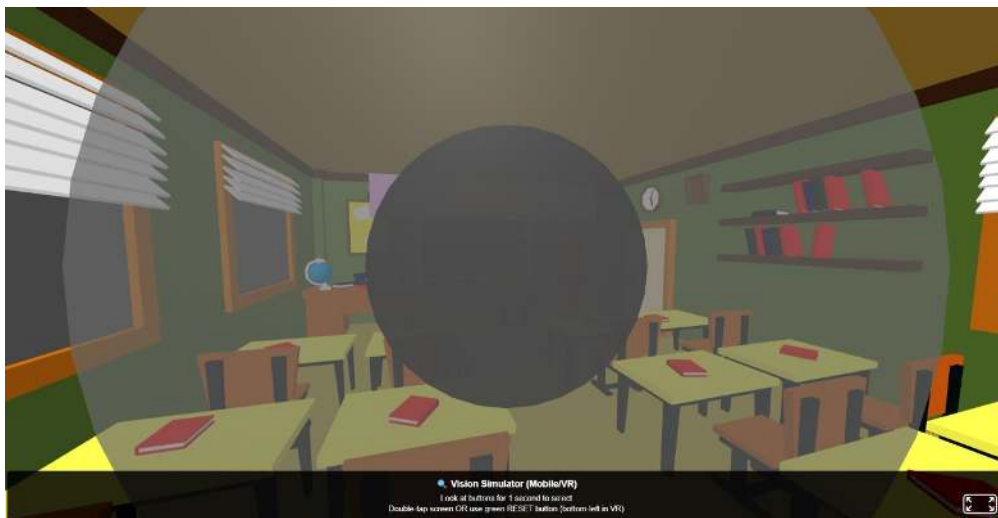
- **Αγελάδα:** Διαθέτει σχισμοειδή κόρη, πανοραμική λήψη ευρέος πεδίου, αντίληψη των αντικειμένων πολύ πιο κοντά από ό,τι βρίσκονται στην πραγματικότητα, και χρωματικό φάσμα περιορισμένο σε κίτρινες και πράσινες αποχρώσεις.
- **Αλόγο:** Χαρακτηρίζεται από έντονο τυφλό σημείο ακριβώς μπροστά του λόγω της ανατομικής κατασκευής του κεφαλιού του, ενώ αντιλαμβάνεται αποχρώσεις του πράσινου και του γαλάζιου.
- **Ψάρι:** Λόγω των φυσικών νόμων της διάθλασης του φωτός στο νερό, έχει σφαιροειδή όραση (fish-eye effect) και δυνατότητα αντίληψης στο υπεριώδες (UV) φάσμα.



*Εικόνα 2: Η σχολική αίθουσα μέσα από τα μάτια ενός αλόγου*

Στο δεύτερο επίπεδο του ψηφιακού δωματίου, η εφαρμογή προσομοιώνει με ακρίβεια τις ανθρώπινες παθήσεις της όρασης, αναδεικνύοντας τα καθημερινά αρχιτεκτονικά και πρακτικά εμπόδια που συναντά ένας μαθητής. Συγκεκριμένα προσομοιώνονται:

1. **Πρωτανωπία (Protanopia):** Η αχρωματοψία στο κόκκινο-πράσινο, όπου τα RGB κανάλια τροποποιούνται ψηφιακά.
2. **Εκφύλιση της ωχράς κηλίδας:** Απώλεια της κεντρικής όρασης με διατήρηση μόνο της περιφερειακής.
3. **Σωληνοειδής όραση (Tunnel Vision):** Έντονος περιορισμός των μοιρών του οπτικού πεδίου, όπου ο χρήστης βλέπει μόνο μέσα από έναν στενό «σωλήνα».

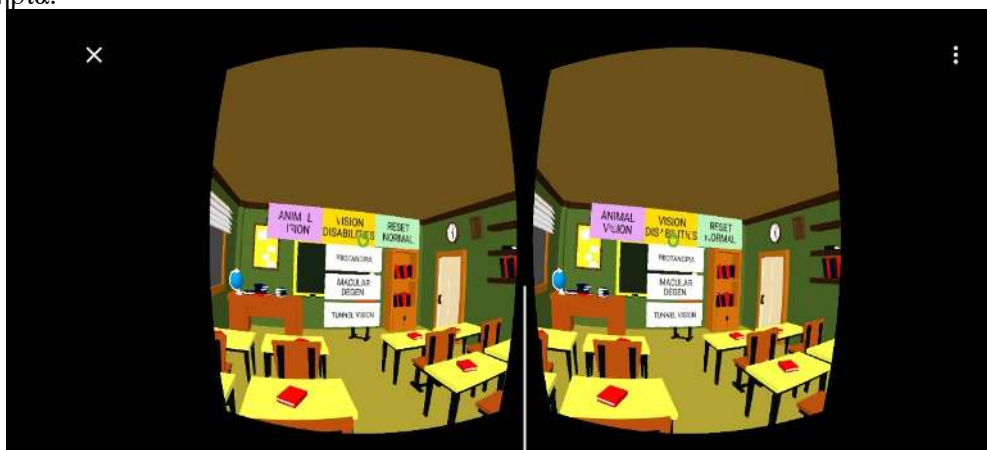


*Εικόνα 3: Η σχολική αίθουσα μέσα από τα μάτια ενός ατόμου με εκφύλιση ωχράς κηλίδας*

## Στάδιο 2: Δραστηριότητες Απόλυτης Συμπερίληψης

Προκειμένου να επιτευχθεί απόλυτη συμπερίληψη, οι μαθητές του Λυκείου δημιούργησαν ένα πρωτοποριακό δωμάτιο εικονικής πραγματικότητας φτιαγμένο **μόνο από ήχους**. Με τη χρήση διωτικών (binaural) ηχογραφήσεων που μιμούνται την ανθρώπινη ακοή, παιδιά με ή χωρίς προβλήματα όρασης κλείνουν τα μάτια και «καταδύονται» στο ίδιο ακριβώς περιβάλλον. Οι μαθητές πραγματοποιούν ισότιμα μια εικονική βόλτα σε έναν δρόμο της πόλης, βασίζόμενοι αποκλειστικά στην ακουστική τους αντίληψη, καταργώντας κάθε αποκλεισμό.

Ως απαύγασμα της βιωματικής εμπειρίας, οι μαθητές δημοτικού στην Τουρκία, καθοδηγούμενοι από τη δασκάλα τους Esra Aksoy, δημιούργησαν ένα φυσικό «Δέντρο Ενσυναίσθησης». Στα φύλλα του κατέγραψαν τα συναισθήματα και τα βιώματά τους από τις VR εφαρμογές, καθώς και πρακτικές προτάσεις για το πώς η καθημερινότητα και ο κόσμος γύρω μας μπορούν να γίνουν πιο φιλικόι, προσβάσιμοι και δίκαιοι για τα άτομα με οπτική αναπηρία.



*Εικόνα 4: Το δωμάτιο Εικονικής Πραγματικότητας σε εφαρμογή για κινητό*



## Βιβλιογραφία

1. Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., & Kasneci, G.: 'ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education', Learning and Individual Differences, 103, (2023), σελ. 102274
2. Russell, S., & Norvig, P.: 'Artificial Intelligence: A modern approach' (4th ed., Pearson, 2021)
3. Woolf, B. P.: 'Building intelligent interactive tutors', Empirical methods for artificial intelligence in education, (2010), σελ. 135–160

\*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στις συγγραφείς.



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Greece  
*Science on Stage Festival 2026, Κλαίπεδα, Αιθουανία*



# **Eco:Bit – Uncoding the plants' hidden language: Χρήση μικροελεγκτών για τη μετατροπή των βιοηλεκτρικών σημάτων των φυτών σε Τέχνη**

## **Workshop**

*Μαθητές : Νεφέλη Άρχου, Γιώργος Βαρδαξής, Γιώργος Γιάννουκλας (ΕΛΜΕΠΑ)*

*Υπεύθυνοι καθηγητές:*

*Αναστασία Παπακωνσταντίνου, Βιολόγος, Γενικό Λύκειο Γαζίου και Συνεργάτης  
Ιου Ε.Κ.Φ.Ε. Ηρακλείου Κρήτης, [papakona\[a\]gmail.com](mailto:papakona[a]gmail.com)*

*Αστρινός Τσουτσουδάκης, Φυσικός, Υπεύθυνος Ιου Ε.Κ.Φ.Ε. Ηρακλείου Κρήτης,  
[astrinos\[a\]live.com](mailto:astrinos[a]live.com)*

## **Περίληψη**

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει την καινοτόμο εκπαιδευτική δράση "Eco:Bit – Uncoding the plants' hidden language", η οποία υλοποιήθηκε στο πλαίσιο μιας ολιστικής STEAM προσέγγισης μέσα από τη συνεργασία του Ιου ΕΚΦΕ Ηρακλείου και φοιτητών του Γεωπονικού Τμήματος του ΕΛΜΕΠΑ. Η εφαρμογή δημιουργήθηκε αρχικά για να παρουσιαστεί στην «Ημέρα Μαγείας των Φυτών» του Πανεπιστημίου και στη συνέχεια παρουσιάστηκε ως εργαστήριο (workshop) στο Φεστιβάλ STEM 2026 του Science on Stage στη Λιθουανία. Αντικείμενο της εργασίας είναι η καταγραφή των βιοηλεκτρικών σημάτων (των μεταβολών της διαφοράς δυναμικού) που παράγουν τα φυτά ως απόκριση σε εξωτερικά ερεθίσματα. Με τη χρήση του μικροελεγκτή BBC micro:bit, τα σήματα αυτά μετατρέπονται σε πραγματικό χρόνο σε οπτικά διαγράμματα («καρδιογράφημα» του φυτού), σε δυναμικά ψηφιακά έργα τέχνης βασισμένα στη φιλοσοφία του Kandinsky, καθώς και σε ακουστικά ερεθίσματα, συνθέτοντας μια πρωτότυπη «ορχήστρα φυτών».

## **Abstract**

This paper presents the innovative educational initiative "Eco:Bit – Uncoding the plants' hidden language", developed through an integrated STEAM framework in collaboration with the 1st Laboratory Center for Natural Sciences (EKFE) of Heraklion and students from the Department of Agriculture at the Hellenic Mediterranean University (HMU). The project was initially designed for the university's "Fascination of Plants Day" and was subsequently showcased as an interactive workshop at the Science on Stage STEM Festival 2026 in Lithuania. The core of the application lies in measuring and analyzing the bioelectric signals (potential differences) produced by plants in response to environmental stimuli. Utilizing a BBC micro:bit microcontroller, these physiological variations are converted in real-time into graphical data representations (a plant "electrocardiogram"), generative digital art inspired by Wassily Kandinsky's abstract principles, and synthesized musical notes, creating an extraordinary "plant orchestra."



## Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

Η εκπαιδευτική μεθοδολογία STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) αποτελεί την αιχμή του δόρατος στη σύγχρονη παιδαγωγική, καθώς επιτρέπει τη βαθιά διασύνδεση των Φυσικών Επιστημών με την Ψηφιακή Τέχνη και την Τεχνολογία. Είναι επιστημονικά τεκμηριωμένο ότι τα φυτά, ως ζωντανοί οργανισμοί, αντιδρούν ενεργά στο περιβάλλον τους και παράγουν ηλεκτρικά σήματα (βιοηλεκτρισμό) ως απόκριση σε ποικίλα εξωτερικά ερεθίσματα, όπως το φως, η αλλαγή θερμοκρασίας, το άγγιγμα ή η έλλειψη νερού. Αυτές οι μεταβολές στη διαφορά δυναμικού αποτελούν την «κρυφή γλώσσα» των φυτών.

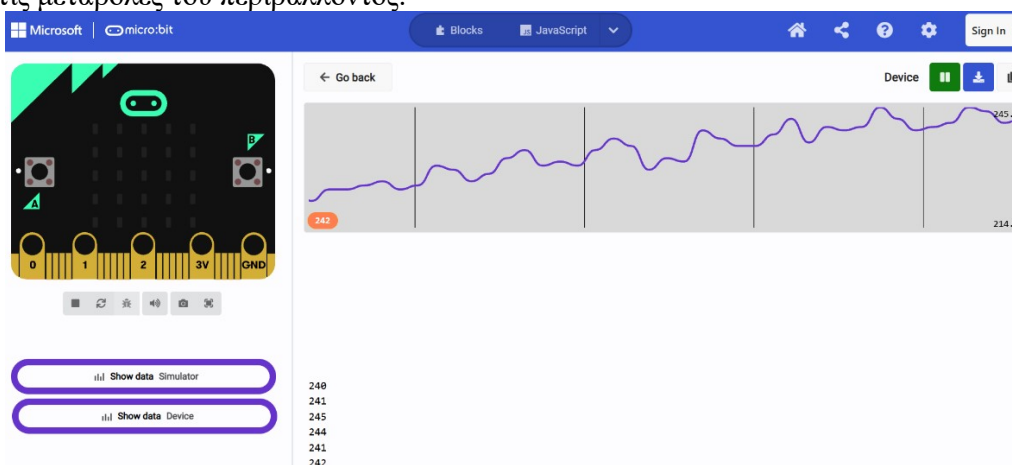
Η παρούσα εργασία βασίζεται θεωρητικά και πειραματικά στην προγενέστερη βραβευμένη δράση "Adopt A Tree" του κ. Αστρινού Τσουτσουδάκη για το Science on Stage. Επεκτείνοντας τις αρχές εκείνης της μελέτης, το Eco:Bit χρησιμοποιεί το Physical Computing και τη δημιουργική κωδικοποίηση (creative coding) για να κάνει ορατές και ακουστικές αυτές τις φυσιολογικές διεργασίες. Με τον τρόπο αυτό, η στεγνή εργαστηριακή μέτρηση μετατρέπεται σε ένα πολυαισθητηριακό βίωμα, το οποίο πέρα από τις τεχνικές γνώσεις, καλλιεργεί στους μαθητές την περιβαλλοντική ενσυναίσθηση και τη βιοκεντρική συνείδηση.

## Περιγραφή εργασίας και Υλοποίηση

Η εφαρμογή Eco:Bit σχεδιάστηκε ως ένα διαθεματικό εργαλείο με πολλαπλές εφαρμογές μέσα στη σχολική τάξη, δομημένο σε τρία διακριτά στάδια πειραματισμού και δημιουργίας:

### 1. Μέτρηση και Καταγραφή του «Καρδιογράφηματος»

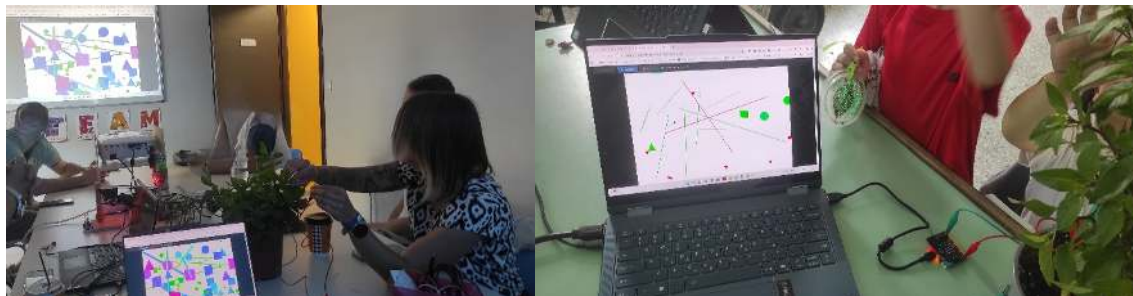
Στο πρώτο στάδιο, οι μαθητές συνδέουν ηλεκτρόδια στα φύλλα και το βλαστό του φυτού. Η διαφορά δυναμικού μετράται αρχικά με τη χρήση ψηφιακού πολυμέτρου υψηλής ακρίβειας. Στη συνέχεια, το σήμα οδηγείται στις αναλογικές θύρες εισόδου του μικροελεγκτή micro:bit. Μέσω κατάλληλου κώδικα, η διακύμανση της τάσης μετατρέπεται σε ζωντανό ψηφιακό διάγραμμα στην οθόνη του υπολογιστή, επιτρέποντας στους μαθητές να παρατηρήσουν οπτικά το «καρδιογράφημα» του φυτού και τον τρόπο με τον οποίο αυτό επηρεάζεται άμεσα από τις μεταβολές του περιβάλλοντος.



Εικόνα 1: Το «καρδιογράφημα» του φυτού

## 2. Μετατροπή των Σημάτων σε Ψηφιακό Πίνακα Ζωγραφικής (Kandinsky Art)

Στο δεύτερο στάδιο, οι αριθμητικές τιμές της ηλεκτρικής τάσης που λαμβάνονται από το φυτό χρησιμοποιούνται ως μεταβλητές εισόδου (inputs) σε έναν αλγόριθμο δημιουργικής ψηφιακής τέχνης. Εμπνευσμένοι από το έργο του Wassily Kandinsky («Σημείο και Γραμμή σε Επίπεδο»), οι μαθητές προγραμματίσαν το σύστημα ώστε να επιλέγει αυτόματα διαφορετικά γεωμετρικά σχήματα (κύκλους, γραμμές, τετράγωνα), μεγέθη και χρώματα με βάση την τρέχουσα ηλεκτρική κατάσταση του φυτού. Έτσι, το φυτό γίνεται ο ίδιος ο «καλλιτέχνης», δημιουργώντας έναν μοναδικό, δυναμικό πίνακα ζωγραφικής που καθρεφτίζει τη βιολογική του κατάσταση.



*Εικόνες 2 & 3 : Τα φυτά «ζωγραφίζουν» σε workshop καθηγητών και στην «Ημέρα Μαγείας των Φυτών» στο ΕΛΜΕΠΑ*

## 3. Η Ορχήστρα των Φυτών (Plant Orchestra)

Μέσω ενός δεύτερου παράλληλου προγράμματος κωδικοποίησης, οι διακυμάνσεις της διαφοράς δυναμικού αντιστοιχίζονται σε συγκεκριμένες μουσικές συχνότητες και νότες. Όταν το φυτό δέχεται ένα ερέθισμα, η αλλαγή στην τάση προκαλεί άμεση αλλαγή στους παραγόμενους φθόγγους. Συνδέοντας περισσότερα από ένα φυτά στο σύστημα, δημιουργείται μια πρωτότυπη «ορχήστρα φυτών», όπου το ακουστικό αποτέλεσμα αποτελεί άμεση μετάφραση της συλλογικής βιολογικής δραστηριότητας του φυτικού μικρο-οικοσυστήματος.

*Πίνακας Α: Διαθεματική Διασύνδεση Πεδίων STEAM στο Έργο Eco:Bit*

| Πεδίο STEAM              | Εκπαιδευτική Εφαρμογή & Δραστηριότητα Μαθητών                                |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Φυσική                   | Μέτρηση διαφοράς δυναμικού, χρήση πολυμέτρου, ηλεκτρικά κυκλώματα.           |
| Βιολογία                 | Μελέτη φυτικής φυσιολογίας, απόκριση σε ερεθίσματα, βιοηλεκτρικά σήματα.     |
| Μαθηματικά               | Αντιστοίχιση τιμών τάσης σε γεωμετρικές κλίμακες και μουσικές συχνότητες.    |
| Τεχνολογία & Πληροφορική | Προγραμματισμός μικροελεγκτή micro:bit, Physical Computing, creative coding. |

| Πεδίο STEAM  | Εκπαιδευτική Εφαρμογή & Δραστηριότητα Μαθητών                                     |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Τέχνη (Arts) | Γεννητική τέχνη (Generative Art) βασισμένη στον Kandinsky, σύνθεση ήχου/μουσικής. |

### Εκπαιδευτική Αξία και Συμπεράσματα

Το Eco:Bit αποτελεί την απόλυτη επιτομή της μεθόδου STEAM, προσφέροντας στους εκπαιδευτικούς ένα πολυεργαλείο για τη διδασκαλία πολλαπλών μαθημάτων ταυτόχρονα. Μέσα από τη συμμετοχική σχεδίαση και το παιχνίδι, οι μαθητές παύουν να είναι παθητικοί δέκτες τεχνολογικών προϊόντων και μετατρέπονται σε δημιουργούς. Το σημαντικότερο όφελος της δράσης είναι ότι καταφέρνει να αναπτύξει στους μαθητές μια βαθιά οικολογική συνείδηση, αποδεικνύοντας έμπρακτα ότι τα φυτά είναι ζωντανοί οργανισμοί που επικοινωνούν, αισθάνονται και αλληλεπιδρούν συνεχώς με το περιβάλλον μας.

### Βιβλιογραφία

1. Bose, J. C. (1902). An Physiological Investigation on Tomatos and Other Plants. London: Royal Society.
2. Fromm, J., & Lautner, S. (2007). Electrical signals and their physiological significance in plants. *Plant, Cell & Environment*, 30(3), 249-257.
3. Volkov, A. G. (Ed.). (2012). *Plant Electrophysiology: Signaling and Responses*. Berlin: Springer.
4. Mancuso, S., & Viola, A. (2015). *Brilliant Green: The Surprising History and Science of Plant Intelligence*. Washington: Island Press.
5. Kandinsky, W. (1947). *Point and Line to Plane*. New York: Solomon R. Guggenheim Foundation.
6. Reas, C., & Fry, B. (2007). *Processing: A Programming Handbook for Visual Designers and Artists*. Cambridge: MIT Press.
7. Resnick, M. (2017). *Lifelong Kindergarten: Cultivating Creativity through Projects, Passion, Peers, and Play*. Cambridge: MIT Press.
8. Sharples, M. (2019). Innovative Pedagogy: Transforming education through STEAM. *Journal of Educational Innovation*, 15(2), 34-45.
9. Αλιβίζος, Σ., & Κόμης, Β. (2020). Εκπαιδευτική Ρομποτική και Physical Computing στην Υποχρεωτική Εκπαίδευση. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
10. Παπαδοπούλου, Κ., & Γεωργίου, Μ. (2022). Από το Βολτόμετρο στην Ψηφιακή Τέχνη: Διασυνδέοντας τις Φυσικές Επιστήμες με το STE(A)M. Πρακτικά Πανελλήνιου Συνεδρίου ΕΕΠΕΚ, 1, 140-152. Λάρισα.

\*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στους συγγραφείς.



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage  
Greece

*Science on Stage Festival  
2026, Kłaipėda, Λιθουανία*

## Προκήρυξη 13<sup>ου</sup> Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ<br/>ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ<br/>ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ<br/>ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ,<br/>ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ &amp; ΕΙΔΙΚΗΣ<br/>ΑΓΩΓΗΣ<br/><br/>ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ<br/>ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΙ<br/>ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠ/ΣΗΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ<br/>ΥΠΗΡΕΣΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗΣ<br/>ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ<br/>ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠ/ΣΗΣ<br/>ΤΜΗΜΑ Γ' ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ<br/>ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΙ<br/>ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ<br/>Ταχ. Δ/ση : Ανδρέα Παπανδρέου 37<br/>Τ.Κ. – Πόλη : 15180 – Μαρούσι<br/>Πληροφορίες : Ε. Χετζάκη<br/>Τηλέφωνο : 210-344 2303<br/>Email: epimorfosi.ekp@minedu.gov.gr</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <p>Μαρούσι, 07-02-2025<br/>Αρ. Πρωτ.: 14128 /Ε3 ΕΠΕΙΓΟΝ</p> <p><b>ΠΡΟΣ:</b>1. Περιφερειακές Διευθύνσεις Εκπ/σης<br/>2. Διευθύνσεις Α/θμιας Εκπ/σης<br/>3. Διευθύνσεις Δ/θμιας Εκπ/σης<br/>4. Συμβούλους Εκπ/σης<br/>(δια των Δ/νσεων Π.Ε. &amp; Δ.Ε.)</p> <p><b>ΚΟΙΝ :</b>1. Science on Stage Greece<br/>Υπόψη κας Τσιτοπούλου-Χριστοδουλίδη<br/><a href="mailto:etsitop@otenet.gr">etsitop@otenet.gr</a><br/>2. Ινστιτούτο Εκπ/κής Πολιτικής<br/><a href="mailto:info@iep.edu.gr">info@iep.edu.gr</a></p> |
| <p><b>ΘΕΜΑ : 13<sup>ος</sup> Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών.</b><br/><b>ΣΧΕΤΙΚΑ:</b> 1. Η από 03-02-2025 αίτηση της κας Τσιτοπούλου-Χριστοδουλίδη, συντονίστριας της ελληνικής επιτροπής του προγράμματος Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο-Ευρώπη .<br/>2. Η από 21-01-2025 Ανακοίνωση της Science on Stage Greece.<br/>3. Η Πρόσκληση της συντονίστριας προς τους εκπαιδευτικούς.</p> <p>Σας γνωστοποιούμε την ότι η Ελληνική Συντονιστική Επιτροπή του προγράμματος «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο-Ευρώπη (Science on Stage -Europe), με την επωνυμία Science on Stage Greece, σε συνεργασία με και το Ίδρυμα Ευγενίδου, διοργανώνει τους 13<sup>ους</sup> Πανελλήνιους Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών με θέμα «<b>Εκπαίδευση STEM: Η καινοτομία συναντά τη δημιουργικότητα και την ευθύνη</b>», που πρόκειται να πραγματοποιηθούν από Πέμπτη 06-11-2025 έως και Παρασκευή 07-11-2025 σε χώρο του ιδρύματος Ευγενίδου (Λεωφόρος Α. Συγγρού 387, παλαιό Φάληρο-Αθήνα) και απευθύνονται, μεταξύ άλλων και σε εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.</p> <p>Σύμφωνα με το περιεχόμενο της Ανακοίνωσης, στους αγώνες θα παρουσιαστούν εργασίες εκπαιδευτικών ή/και εργασίες εκπαιδευτικών που πραγματοποιήθηκαν με συμμετοχή μαθητών Δευτεροβάθμιας ή/και Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης με κεντρικό άξονα το θέμα: «Εκπαίδευση STEM: Η καινοτομία συναντά τη δημιουργικότητα και την ευθύνη». Οι εργασίες, ατομικές ή ομαδικές, μπορούν να είναι: κατασκευές, πειράματα, καινοτόμο εκπαιδευτικό υλικό σε μορφή έντυπη ή ηλεκτρονική (video, cd-rom, λογισμικό), προτάσεις για εργαστήρια (workshops) και</p> <p>Σελίδα 1 από 2</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

παρουσιάσεις (on-stage activities), δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με τους νέους, καινοτόμους τρόπους.

Η συμμετοχή των εκπαιδευτικών θα γίνει χωρίς καταβολή οιασδήποτε αποζημίωσης ή/και οδοιπορικών πέραν των (κανονικών) αποδοχών.

Επισημαίνεται ότι, σε ό,τι αφορά στη χορήγηση των αδειών για τη συμμετοχή στους 13<sup>ους</sup> Πανελλήνιους Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών, ισχύουν οι διατάξεις της παρ. 2 του άρθρου 59 του ν. 3528/2007 (Α' 26) και της παρ. 6 του άρθρου 38 του ν. 4351/2015 (Α' 164), σε συνδυασμό με τις διατάξεις του εδαφίου κγ' της παρ.2 του άρθρου 3 της υπό στοιχεία Φ.353.1/324/105657/Δ1/08-10-2002 (Β' 1340) Υ.Α., όπως αντικαταστάθηκε με την υπ' αριθμ. πρωτ. Φ353.1/17/81587/Δ1/17-07-2012 (Β' 2214) Υ.Α. και της παρ. 2 του άρθρου 6 της υπό στοιχεία 170405/ΓΓ1/28-12-2021 (Β' 6273) Υ.Α. ως προς την αρμοδιότητα των Διευθυντών Εκπαίδευσης να χορηγούν άδεια για επιμορφωτικούς και επιστημονικούς λόγους.

Σε κάθε περίπτωση η συμμετοχή των εκπαιδευτικών να μη διαταράξει την εύρυθμη λειτουργία των σχολικών μονάδων.

Για περισσότερες πληροφορίες οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να ανατρέξουν στο επισυναπτόμενο κείμενο της Ανακοίνωσης ή/και να επισκεφθούν τις ιστοσελίδες: <http://etsito.mysch.gr>, <http://www.science-on-stage.eu> και Facebook: sonsgreece. Μπορούν επίσης να επικοινωνήσουν με την Ελληνική Συντονιστική Επιτροπή του προγράμματος «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο-Ευρώπη» στο e-mail: [etsitop@otenet.gr](mailto:etsitop@otenet.gr)

**Ο ΓΕΝΙΚΟΣ ΓΡΑΜΜΑΤΕΑΣ**

**ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΑΤΣΑΡΟΣ**

**ΑΚΡΙΒΕΣ ΑΝΤΙΓΡΑΦΟ**

Η Προϊσταμένη του Τμήματος Γ'  
Επιμόρφωσης Εκπ/κού Προσ/κού  
Π.Ε. & Δ.Ε. της Δ/νσης Υπηρεσιακής  
Κατάστασης και Εξέλιξης Εκπ/κού  
Προσ/κού Π.Ε. & Δ.Ε. του  
Υπουργείου Παιδείας,  
Θρησκευμάτων & Αθλητισμού  
ΙΩΑΝΝΑ ΟΛΥΜΠΙΟΥ

**Εσωτερική Διανομή**

1. Γραφείο κ. Υπουργού
2. Γραφείο Υφυπουργού κας Μακρή
3. Γραφείο κ. Γενικού Γραμματέα
4. Γενική Δ/νση Εκπ/κού Προσωπικού Π.Ε & Δ.Ε
5. Γενική Δ/νση Σπουδών Π.Ε. & Δ.Ε.
6. Δ.Υ.Κ.Ε.Ε.Π. Π.Ε. & Δ.Ε.
7. Δ.Υ.Κ.Ε.Ε.Π. Π.Ε. & Δ.Ε. – Τμήμα Γ'

Σελίδα 2 από 2



ΟΙ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΟ ΠΡΟΣΚΗΝΙΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ  
<http://etsito.mysch.gr/>, [www.science-on-stage.eu](http://www.science-on-stage.eu)

Αθήνα, 21/01/2025

Προς: Πίνακα αποδεκτών

### 13<sup>ος</sup> Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών

Η Ελληνική Συντονιστική Επιτροπή του Ευρωπαϊκού προγράμματος «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο – Ευρώπη» (Science on Stage – Europe) και το Ίδρυμα Ευγενίδου διοργανώνουν τους 13<sup>ους</sup> Πανελλήνιους Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών με θέμα: «Εκπαίδευση STEM: Η καινοτομία συναντά τη δημιουργικότητα και την ευθύνη» («STEAM Education: Innovation Meets Creativity and Responsibility»).

Οι 13<sup>οι</sup> Πανελλήνιοι Αγώνες θα πραγματοποιηθούν στις **6 και 7 Νοεμβρίου 2025** σε χώρο του Ιδρύματος Ευγενίδου (Λεωφόρος Α. Συγγρού 387, Παλαιό Φάληρο – Αθήνα, ΤΚ 17564). Σε περίπτωση που τα υγειονομικά πρωτόκολλα για την αντιμετώπιση των επιδημιολογικών κινδύνων δεν επιτρέπουν τις συγκεντρώσεις μεγάλου αριθμού ατόμων, τα βραβεία των Αγώνων θα δοθούν από την έντυπη παρουσίαση και το βίντεο της εργασίας και από δεκάλεπτη διαδικτυακή παρουσίαση της από τους συμμετέχοντες στην Επιτροπή κρίσης των εργασιών.

Στους αγώνες θα παρουσιαστούν εργασίες εκπαιδευτικών ή/και εργασίες εκπαιδευτικών που πραγματοποιήθηκαν με συμμετοχή μαθητών Δευτεροβάθμιας ή/και Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης με κεντρικό άξονα το θέμα: «Εκπαίδευση STEM: Η καινοτομία συναντά τη δημιουργικότητα και την ευθύνη». Οι εργασίες, ατομικές ή ομαδικές, μπορούν να είναι: κατασκευές, πειράματα, καινοτόμο εκπαιδευτικό υλικό σε μορφή έντυπη ή ηλεκτρονική (video, cd-rom, λογισμικό), προτάσεις για εργαστήρια (workshops) και παρουσιάσεις (on-stage activities). **Όλες οι εργασίες θα πρέπει να είναι δομημένες στις μεθόδους της διερευνητικής μάθησης (*Inquiry-based learning*).**

Οι 13<sup>οι</sup> Πανελλήνιοι Αγώνες θα διεξαχθούν στις ακόλουθες θεματικές ενότητες:

- **Επιστήμη για τους μικρούς μαθητές (*STEM for the Youngest*)**

Προγράμματα για μαθητές προσχολικής (Νηπιαγωγείο) και Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης (Δημοτικό σχολείο).

- **Εκπαιδευτικά προγράμματα STEM για την Βιώσιμη Ανάπτυξη (*STEM Education for Sustainable Development*)**

Εκπαιδευτικά προγράμματα που δείχνουν πώς το STEM μπορεί να συμβάλει στην επίτευξη των 17 στόχων της βιώσιμης ανάπτυξης.

- **ΑΙ (τεχνητή νοημοσύνη) στην εκπαίδευση STEM (*AI in STEM Education*)**



Προγράμματα που δείχνουν τρόπους ενσωμάτωσης της τεχνητής νοημοσύνης στην τάξη και προωθούν την κατανόηση της τεχνητής νοημοσύνης

- **Επαγγελματικός Προσανατολισμός στην Εκπαίδευση STEM** (*Career Orientation in STEM Education*)

Προγράμματα που επιδεικνύουν καλή πρακτική στην ενσωμάτωση του επαγγελματικού προσανατολισμού στην τακτική εκπαίδευση STEM

- **Ισότητα και ένταξη στην εκπαίδευση STEM** (*Equity and Inclusion in STEM Education*)

Προγράμματα που αντικατοπτρίζουν την ετερογένεια και την ποικιλομορφία της κοινωνίας μας, π.χ. μεθόδους διδασκαλίας που εμπλέκουν μαθητές με διαφορετικά επίπεδα μάθησης ή διαφορετικό πολιτισμικό υπόβαθρο

- **Αυτο-κατευθυνόμενη μάθηση στην εκπαίδευση STEM** (*Self-directed Learning in STEM Education*)

Προγράμματα που επιδεικνύουν προσεγγίσεις όπου ο εκπαιδευτικός λειτουργεί ως διευκολυντής, π.χ. σε ένα ψηφιακό περιβάλλον μάθησης ή προγράμματα που θα μπορούσαν να είναι χρήσιμα στην περίπτωση έλλειψης εκπαιδευτικών

- **Προγράμματα STEM χαμηλού κόστους στην εκπαίδευση** (*Low-cost experiments in STEM Education*)

Προγράμματα με χρήση απλών, καθημερινών, ανακυκλώσιμων υλικών με χαμηλό κόστος υλοποίησης που η κατασκευή τους είναι απλή και μπορούν να αναπαραχθούν από όλους.

- **Προγράμματα STEM για νέους εκπαιδευτικούς** (*STEM for teachers in training*)

Προγράμματα στις ανωτέρω θεματικές ενότητες που έχουν πραγματοποιηθεί από μόνιμους ή αναπληρωτές εκπαιδευτικούς με έως δύο χρόνια υπηρεσία στην εκπαίδευση.

- **Κοινά Προγράμματα** (*Joint projects*)

Προγράμματα που πραγματοποιήθηκαν σε συνεργασία μεταξύ εκπαιδευτικών από διαφορετικές χώρες, εκ των οποίων τουλάχιστον ένας είχε συμμετάσχει σε προηγούμενα Ευρωπαϊκά φεστιβάλ ή διαδικτυακό σεμινάριο του Science on Stage – Europe ή εκπαιδευτική ανταλλαγή του Science on Stage – Europe ή σε διεθνές πρόγραμμα παραγωγής εκπαιδευτικού υλικού του Science on Stage – Europe

Δικαίωμα συμμετοχής έχουν οι εκπαιδευτικοί κλάδων ΠΕ04, ΠΕ03, ΠΕ82, ΠΕ83, ΠΕ84, ΠΕ85, ΠΕ86, ΠΕ60, ΠΕ61, ΠΕ70 και ΠΕ71, όλων των σχολείων Δευτεροβάθμιας και Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης της χώρας, καθώς και οι Υπεύθυνοι και οι συνεργάτες των Ε.Κ.Φ.Ε.

Στους 13<sup>ους</sup> Πανελλήνιους Αγώνες θα απονεμηθούν **έξι (6) βραβεία**, από τα οποία είναι επιθυμητό, το 50% να απονεμηθεί σε εκπαιδευτικούς που δεν είχαν βραβευτεί στις προηγούμενες δώδεκα διοργανώσεις (2000, 2001, 2003, 2005, 2007, 2010, 2012, 2014, 2016, 2019, 2021 και 2023). Οι έξι εκπαιδευτικοί, οι εργασίες των οποίων θα βραβευτούν θα μετέχουν στο Ελληνικό περίπτερο και θα παρουσιάσουν τις εργασίες τους στην κεντρική εκδήλωση του προγράμματος Science on Stage – Europe, μαζί με τις εργασίες των άλλων εκπαιδευτικών από τις τριάντα πέντε χώρες που μετέχουν στο πρόγραμμα. Οι εκπρόσωποι των ομαδικών εργασιών ορίζονται από τις ομάδες τους. Έως σήμερα, η Ελλάδα έχει βραβευτεί στις δέκα από τις δώδεκα διοργανώσεις του προγράμματος.

Η κεντρική εκδήλωση του προγράμματος Science on Stage – Europe θα πραγματοποιηθεί **28 Μαΐου 2026 έως 31 Μαΐου 2026, στην Κλαίρπεδα, Λιθουανία.**

Οι εκπαιδευτικοί που θα συμμετέχουν στην κεντρική εκδήλωση του προγράμματος Science on Stage – Europe στην Klairèda, Λιθουανία, θα συμμετέχουν επίσης και στα σεμινάρια και τα workshops που θα πραγματοποιηθούν κατά την διάρκεια της εκδήλωσης. Η γλώσσα της κεντρικής εκδήλωσης του προγράμματος είναι η Αγγλική.

Τα έξοδα διαμονής στην Klairèda των έξι εκπαιδευτικών που θα βραβευθούν στους 13<sup>ους</sup> Πανελλήνιους Αγώνες, θα καλυφθούν από το πρόγραμμα Science on Stage – Europe. Τα έξοδα μετάβασης στην Klairèda, καθώς και τα έξοδα μετάβασης και διαμονής στην Αθήνα για τους 13<sup>ους</sup> Πανελλήνιους Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών θα βαρύνουν τους συμμετέχοντες στους Αγώνες.

Τα προσωπικά δεδομένα των συμμετεχόντων στους 13<sup>ους</sup> Πανελλήνιους Αγώνες θα προστατεύονται βάσει του ισχύοντος θεσμικού πλαισίου. Οι συμμετέχοντες, με την αίτησή τους, συναινούν ότι τα προσωπικά δεδομένα που παρέχονται θα συλλέγονται, θα υποβάλλονται σε επεξεργασία, θα χρησιμοποιούνται και θα αποθηκεύονται από την Ελληνική Συντονιστική Επιτροπή του προγράμματος «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο – Ευρώπη», με σκοπό τη διοργάνωση των Αγώνων και, μεταξύ άλλων, για την έκδοση του πιστοποιητικού συμμετοχής, των λιστών συμμετοχής και για την παρακολούθηση της εκδήλωσης. Καθώς προσπαθούμε συνεχώς να βελτιώνουμε τους Αγώνες, θα επικοινωνούμε μαζί σας εάν είναι απαραίτητο, στο πλαίσιο μακροπρόθεσμων αξιολογήσεων έως και δώδεκα μήνες μετά και το Ευρωπαϊκό φεστιβάλ. Μετά το πέρας της ημερομηνίας αυτής, τα δεδομένα θα αρχειοθετηθούν ανώνυμα για στατιστικούς σκοπούς. Τα καθαρά δεδομένα θα διαγραφούν μετά την ανωνυμοποίηση. Τα προσωπικά σας στοιχεία επικοινωνίας δεν θα διαβιβαστούν σε τρίτους. Μπορείτε να ανακαλέσετε αυτήν τη συγκατάθεση ανά πάσα στιγμή με ισχύ για το μέλλον στέλνοντας ένα e-mail στο [etsitop@otenet.gr](mailto:etsitop@otenet.gr)

Όσοι ενδιαφέρονται να συμμετέχουν στους Αγώνες πρέπει να στείλουν, **μέχρι 30 Σεπτεμβρίου 2025**, τα ακόλουθα:

1. Ένα κείμενο με **πλήρη περιγραφή** της εργασίας που θα παρουσιάσουν σε αρχείο Word σε μορφή doc ή docx. Το κείμενο να είναι μέχρι 20 σελίδες Α4 σε μονό διάστημα (συμπεριλαμβανομένων σχημάτων, πινάκων, βιβλιογραφίας και φωτογραφιών), σε γραμματοσειρά: Times New Roman, μέγεθος 12 για το κυρίως κείμενο και 14 για τους τίτλους, με περιθώρια: 2,5 εκατοστά σε όλες τις πλευρές. Τα σχήματα, οι φωτογραφίες και οι πίνακες να είναι ενσωματωμένα στο κείμενο, αλλά να αποσταλλούν και σε χωριστό φάκελλο με το όνομα **Εικόνες**. Να είναι σε format .jpg με το όνομα της εικόνας που αναφέρεται στο κείμενο, π.χ. εικόνα 1.jpg, εικόνα 2.jpg, κτλ. Οι φωτογραφίες σε καλή ανάλυση (300 dpi) έγχρωμες ή μαυρόασπρες. Στην εργασία σας δεν επιτρέπεται να συμπεριληφθούν φωτογραφίες ή σχήματα για τα οποία δεν έχετε τα πνευματικά δικαιώματα. Η δομή και η μορφή της εργασίας να είναι όπως στο πρότυπο έγγραφο που βρίσκεται στην ιστοσελίδα: <http://etsito.mysch.gr/?q=node/24> (οδηγίες συγγραφής εργασιών). Τα κείμενα και οι φωτογραφίες δεν θα επιστραφούν. Όσες εργασίες προεπιλεγούν και παρουσιαστούν στους 13<sup>ους</sup> Πανελλήνιους Αγώνες, θα συμπεριληφθούν στα πρακτικά των Αγώνων που θα δημοσιευθούν σε ηλεκτρονική μορφή και αν υπάρξει η οικονομική δυνατότητα και σε έντυπη.
2. Χωριστή σελίδα στην οποία αναφέρονται ο τίτλος της εργασίας, η θεματική ενότητα στην οποία ανήκει, το είδος της (κατασκευή, πείραμα κ.ο.κ.), το όνομα (-τα) των συμμετεχόντων, το όνομα του εκπροσώπου της ομάδας σε περίπτωση ομαδικής

εργασίας, το όνομα του σχολείου ή του εκπαιδευτικού φορέα εργασίας όλων των συμμετεχόντων, ταχυδρομική διεύθυνση επικοινωνίας, τηλέφωνο και e-mail.

3. Ένα βίντεο της εργασίας με μέγιστη διάρκεια αυστηρά τα 3' (min) και το αρχείο να είναι μεγέθους το πολύ μέχρι 650 MB. Το κάδρο να είναι οριζόντιο, με ελάχιστη ανάλυση αυτή των 720p (1280X720) και μέγιστη τα 1080p (1920X1080), η εικόνα να μην είναι θολή ή κουνημένη, ο ήχος να είναι καθαρός, ευκατανόητος και δυνατός. Γίνονται αποδεκτά και βίντεο που αποτελούνται μόνο από σειρά φωτογραφιών με επεξηγηματικά κείμενα σε κάθε διαφάνεια. Στην αρχή του βίντεο θα πρέπει να υπάρχει μία διαφάνεια που να περιλαμβάνει το/τα όνομα/-τα του δημιουργού/-ων του, το όνομα του σχολείου του/-ς, την ειδικότητα, ιδιότητα ή θέση που υπηρετεί/-ούν. Δεν επιτρέπεται ονομαστική αναφορά σε άλλα πρόσωπα που συνέβαλλαν στη δημιουργία του βίντεο ούτε ονόματα μαθητών. Δεν επιτρέπεται να εμφανίζονται στο βίντεο άλλα άτομα ανήλικα ή ενήλικα ανεξάρτητα από την πιθανώς έγγραφη ή προφορική συγκατάθεση τους. Δεν επιτρέπεται η άμεση ή έμμεση διαφήμιση προϊόντων και υπηρεσιών, ούτε και η με οποιοδήποτε τρόπο αναφορά σε χορηγούς ακόμα κι αν αυτοί σχετίζονται με την εκπαίδευση ή την επιστημονική έρευνα. Όλες οι βίντεο παρουσιάσεις ανεβαίνουν με αποκλειστική ευθύνη του δημιουργού τους όσον αφορά την ακρίβεια της επιστημονικής πληροφορίας. Συνιστάται να συνοδεύονται με συνδέσμους για ιστότοπους ή εργασίες που στηρίζουν την ιδέα της κατασκευής ή του πειράματος. Με την υποβολή του βίντεο που θα γίνεται μέσω συνδέσμου (Google drive, One drive, WeTransfer κλπ) **αποκλειστικά και μόνο** στην ηλεκτρονική διεύθυνση: [etsitop@otenet.gr](mailto:etsitop@otenet.gr) ο δημιουργός συμφωνεί ανεπιφύλακτα για τη χρήση του στο κανάλι του Science on Stage Greece χωρίς αυτό να τροποποιηθεί από το κανάλι με οποιοδήποτε τρόπο πέρα από την επεξεργασία στην οποία θα το υποβάλει η ίδια η εταιρεία του YouTube για να το προσαρμόσει σε ανάλυση, συμπίεση, αριθμό καρέ ανά δευτερόλεπτο, περιορισμό προστατευόμενης ηχητικής επένδυσης κλπ. Τα πνευματικά δικαιώματα της εργασίας συνεχίζουν να ανήκουν στον δημιουργό.

4. Υπεύθυνη δήλωση (από κάθε συμμετέχοντα) του άρθρου 8 Ν. 1599/1986 που θα αναφέρει ότι:

α) δηλώνω ότι η συμμετοχή μου στους 13<sup>ους</sup> Πανελλήνιους Αγώνες είναι αποκλειστικά δική μου εργασία και έχω αναγνωρίσει την όποια βοήθεια έχω λάβει για την δημιουργία της.

β) Παραχωρώ το δικαίωμα δημοσίευσης της εργασίας μου σε έντυπη και ηλεκτρονική μορφή για τα πρακτικά των 13<sup>ων</sup> Πανελληνίων Αγώνων και δεν έχω καμία οικονομική ή άλλη απαίτηση από τους οργανωτές των Αγώνων.

γ) Επιβεβαιώνω ότι όλες οι φωτογραφίες που έχουν ενσωματωθεί στην εργασία μου/μας είναι ελεύθερες πνευματικών δικαιωμάτων ή ανήκουν σε μέλη της συγγραφικής ομάδας τα οποία και σας παραχωρούν τα πνευματικά δικαιώματα ώστε να προβείτε στην δημοσίευση των «Πρακτικών των 13ων Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών».

δ) Επιτρέπω την χρησιμοποίηση και εφαρμογή της/των εργασίας/-σιών μου από άλλους εκπαιδευτικούς αποκλειστικά και μόνο για εκπαιδευτικούς σκοπούς και μόνο για τα σχολεία της Α/θμιας και της Β/θμιας εκπαίδευσης, καθώς και για τις σχολές της Γ/θμιας, με υποχρεωτική αναγραφή του ονοματεπωνύμου μου ως πνευματικού δημιουργού και του εκδότη των «Πρακτικών των 13<sup>ων</sup> Πανελληνίων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών».

ε) Υποχρεούμαι να αναφέρω ότι: «η εργασία μου παρουσιάστηκε στους «13<sup>ους</sup> Πανελλήνιους Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών», στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού προγράμματος «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο – Ευρώπη» (Science on Stage – Europe)», σε κάθε μελλοντική παρουσίαση ή χρήση της εργασίας μου σε εκδηλώσεις άλλων φορέων.

Τα ανωτέρω τα επιτρέπω με την επιφύλαξη των διατάξεων του ν. 2121/1993 περί προστασίας πνευματικής ιδιοκτησίας.

στ) Έχω διαβάσει και αποδεχτεί ανεπιφύλακτα τους όρους συμμετοχής στους 13<sup>ους</sup> Πανελλήνιους Αγώνες όπως αναλύονται στο παρόν έγγραφο.

**Διεύθυνση αποστολής εργασιών στο email: [etsitop@otenet.gr](mailto:etsitop@otenet.gr)**

Όλες οι προτάσεις θα υποβληθούν σε κρίση. Η προεπιλογή και η τελική επιλογή των έξι καλύτερων εργασιών θα γίνει από επιτροπή μελών της Ελληνικής Συντονιστικής Επιτροπής του προγράμματος «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο – Ευρώπη» και εκπρόσωπο του Ιδρύματος Ευγενίδου.

Τα κριτήρια αξιολόγησης των εργασιών είναι τα κάτωθι:

1. Η συμβολή της προτεινόμενης εργασίας ή του εκπαιδευτικού υλικού στην κατανόηση βασικών εννοιών των Φυσικών Επιστημών στο πλαίσιο του θέματος: «Εκπαίδευση STEM: Η καινοτομία συναντά τη δημιουργικότητα και την ευθύνη»
2. Ο βαθμός αλληλεπιδραστικότητας της εργασίας με τους μαθητές.
3. Ο βαθμός πρωτοτυπίας της εργασίας.
4. Η δυνατότητα αναπαραγωγής και διάχυσης στην εκπαιδευτική κοινότητα (εκπαιδευτικούς ή μαθητές).
5. Ο βαθμός αναφοράς της εργασίας σε γεγονότα και καταστάσεις της καθημερινής ζωής.
6. Η ποιότητα και η αισθητική της κατασκευής ή του εκπαιδευτικού υλικού.

Πληροφορίες για τις εκδηλώσεις που πραγματοποιούνται στα πλαίσια του προγράμματος θα βρείτε στις ιστοσελίδες: <http://etsito.mysch.gr/> , <http://www.science-on-stage.eu>, στο Facebook: [sonsgreece](https://www.facebook.com/sonsgreece) και στο: <https://www.youtube.com/@sonsgreece> Μπορείτε επίσης να επικοινωνήσετε μαζί μας στο e-mail: [etsitop@otenet.gr](mailto:etsitop@otenet.gr)

Επισυνάπτονται περισσότερες πληροφορίες για το πρόγραμμα «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο – Ευρώπη».

Για την Ελληνική Συντονιστική Επιτροπή  
του προγράμματος «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο – Ευρώπη»

Ευγενία Τσιτοπούλου – Χριστοδουλίδη  
Φυσικός, Συντονίστρια της Ελληνικής Επιτροπής

#### **Πίνακας αποδεκτών:**

1. Περιφερειακούς Διευθυντές Εκπαίδευσης όλης της χώρας
2. Διευθύνσεις Δευτεροβάθμιας και Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης όλης της χώρας

3. Σχολικές μονάδες Δευτεροβάθμιας και Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης όλης της χώρας (μέσω των Διευθύνσεων που ανήκουν)
4. Συντονιστές Εκπαιδευτικού Έργου όλης της χώρας (δια των Περιφερειακών Διευθύνσεων Εκπαίδευσης)
5. Ε.Κ.Φ.Ε. όλης της χώρας (μέσω των Διευθύνσεων Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης)



ΟΙ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΟ ΠΡΟΣΚΗΝΙΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

<http://etsito.mysch.gr/>, [www.science-on-stage.eu](http://www.science-on-stage.eu)

## ΟΙ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΟ ΠΡΟΣΚΗΝΙΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ (Science on Stage – Europe, Science on Stage – Greece)

«Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο – Ευρώπη» (Science on Stage – Europe) είναι το μεγαλύτερο δίκτυο της Ευρώπης από καθηγητές STEM (περίπου 100000 από το 2000 έως σήμερα). Αποτελεί συνέχεια των επιτυχών ευρωπαϊκών προγραμμάτων «Η Φυσική στο Προσκήνιο 1, 2 και 3» (*Physics on Stage 1, 2, 3*), από το 2000-2003 και «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο 1, 2» (*Science on Stage 1, 2*), από το 2004-2008

Το 2009-2011, το Science on Stage Europe αναδιοργανώθηκε ως πρωτοβουλία εκ των κάτω προς τα άνω από τις 27 εθνικές συντονιστικές επιτροπές (NSCs) με εναλλακτική χρηματοδότηση. Τον Νοέμβριο του 2011, οι εκπρόσωποι 27 εθνικών συντονιστικών επιτροπών (NSCs) ίδρυσαν το Science on Stage Europe ως επιστημονικό σωματείο μη κερδοσκοπικό, αναγνωρισμένο από το γερμανικό δίκαιο με έδρα το Βερολίνο και παραρτήματα σε 35 χώρες (από το 2016 οι μη ευρωπαϊκές χώρες συμμετέχουν ως «Associate Members»). Στο πρόγραμμα συμμετέχουν οι εξής χώρες: Αλβανία, Βέλγιο, Βόρειος Μακεδονία, Βουλγαρία, Γαλλία, Γερμανία, Γεωργία, Δανία, Ελβετία, Ελλάδα, Ηνωμένο Βασίλειο, Ιρλανδία, Ισλανδία, Ισπανία, Ιταλία, Καζακστάν, Καναδάς, Κροατία, Κύπρος, Λετονία, Λιθουανία, Νορβηγία, Ολλανδία, Ουγγαρία, Ουκρανία, Πολωνία, Πορτογαλία, Ρουμανία, Σερβία, Σλοβακία, Σλοβενία, Σουηδία, Τουρκία, Τσεχία και η Φιλανδία.

### Στόχοι Science on Stage – Europe

- Αύξηση του ενδιαφέροντος των νέων να σπουδάσουν Φυσικές Επιστήμες
- Μείωση του επιστημονικού αλφαριθμητισμού
- Δημιουργία ευκαιριών για διεθνείς επαφές
- Απλοποίηση της αλληλεπίδρασης σε υψηλό επίπεδο με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και τα άλλα θεσμικά όργανα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

- Συντονισμός της παρουσίασης της επιστημονικής έρευνας και των αποτελεσμάτων της σε κυβερνήσεις τόσο χωρών-μελών και μη μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όσο και χωρών εκτός του ευρωπαϊκού χώρου.

### Οφέλη για τους εκπαιδευτικούς

- **Συμμετοχή στα Ευρωπαϊκά φεστιβάλ Science on Stage:** ευκαιρία γνωριμίας με αφοσιωμένους συναδέλφους από περισσότερες από 30 χώρες. Συζητήστε τις καινοτόμες ιδέες διδασκαλίας, πάρτε ιδέες για τις δικές σας τάξεις και νέα ενέργεια για την καθημερινή δουλειά σας στην τάξη. Όπως φαίνεται από διάφορες μελέτες αξιολόγησης: 79% των συμμετεχόντων εκπαιδευτικών εφαρμόζουν διδακτικές ιδέες που βλέπουν στα φεστιβάλ Science on Stage, 69% δηλώνει ότι τα φεστιβάλ τους έχουν δώσει περισσότερα κίνητρα και χαρά στο επάγγελμά τους και 50% μοιράζεται μακροχρόνιες επαφές και έχει διαδώσει ιδέες στο Science on Stage σε εκπαιδευτικές δραστηριότητες.
- **International teacher trainings:** Το Science on Stage υποστηρίζει την επαγγελματική σας εξέλιξη με την δωρεάν εκπαίδευση εκπαιδευτικών σε όλη την Ευρώπη. Τα θέματα προέρχονται από την προώθηση των γλωσσικών δεξιοτήτων μέσω της επιστήμης στο δημοτικό σχολείο μέχρι τα smartphones και των ΤΠΕ στη διδασκαλία STEM για τάξεις λυκείου.
- **Δωρεάν διδακτικό υλικό:** Επωφεληθείτε από την ευρεία τεχνογνωσία των ευρωπαίων συναδέλφων σας και χρησιμοποιήστε ιδέες και μεθόδους διδασκαλίας για την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Μπορείτε να «κατεβάσετε» το διδακτικό υλικό από την ιστοσελίδα του προγράμματος.
- **Εκπαιδευτικές ανταλλαγές για εκπαιδευτικούς:** συμμετοχή σε διεθνή εργαστήρια στα οποία εκπαιδευτικοί STEM από περισσότερες από 30 χώρες αναπτύσσουν διδακτικό υλικό με πολύ πάθος και έμπνευση.
- **Υποτροφίες για ταξίδια** σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες και γνωριμία με την καθημερινή σχολική ζωή για εκπαιδευτικούς που έχουν συμμετάσχει σε ένα φεστιβάλ Science on Stage

Συνάδελφοι, πιστεύουμε ότι είναι χρέος όλων μας να υποστηρίξουμε **ενεργητικά** αυτήν την προσπάθεια. Οι Φυσικές Επιστήμες είναι ο επιστημονικός κλάδος στον οποίο έχουμε αφιερώσει την επαγγελματική μας ζωή. Αναλωνόμαστε καθημερινά στην προσπάθεια να διδάξουμε με συνέπεια τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Πολλοί μάχιμοι εκπαιδευτικοί εκπονούν πρωτοποριακά προγράμματα, τα οποία δεν γίνονται γνωστά στο ευρύ κοινό ή στην ευρύτερη εκπαιδευτική κοινότητα. Ας δώσουμε σε όλους την ευκαιρία να αντιληφθούν και να πεισθούν ότι **είναι σημαντικό να μαθαίνουμε Φυσικές Επιστήμες**. Ας φανερώσουμε στο ευρύ κοινό και στους άλλους συναδέλφους τη δουλειά μας, τις προσπάθειές μας, το «μαγικό» κόσμο των Φυσικών Επιστημών, όπως πράγματι είναι κι όχι όπως στρεβλωμένα έχει εντυπωθεί στο μυαλό του απλού πολίτη.

Πληροφορίες για τις εκδηλώσεις που πραγματοποιούνται στα πλαίσια του προγράμματος θα βρείτε στις ιστοσελίδες: <http://etsito.mysch.gr/> , <http://www.science-on-stage.eu>, Facebook: [sonsgreece](https://www.facebook.com/sonsgreece) και στο: <https://www.youtube.com/@sonsgreece>. Μπορείτε επίσης να επικοινωνήσετε μαζί μας στο e-mail: [etsitop@otenet.gr](mailto:etsitop@otenet.gr)

Για την Ελληνική Συντονιστική Επιτροπή  
του προγράμματος «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσχέδιο – Ευρώπη»  
Ευγενία Τσιτοπούλου – Χριστοδουλίδη  
Φυσικός, Συντονίστρια της Ελληνικής Επιτροπής



## Ευρετήριο Συγγραφέων

- Αθανασόπουλος Α., 277  
Βίλλιας Γ., 201, 207, 331, 359  
Γιαννακέας Δ., 277  
Γκουντρομίχος Κ., 284  
Δημητρίου Λ., 44  
Διαμαντής Π., 188  
Ελευθερίου Μ., 214  
Καρούνιας Δ., 277  
Κολιάκου Η., 354, 384  
Κουμπούρη Θ., 153  
Κοντοκώστας Γ., 171  
Καραγεωργοπούλου Α., 360  
Κορακάκη Ε., 177  
Κουράκης Νεκτ., 56, 227, 234, 243  
Κουτσομπάς Γ., 277  
Λάζος Π., 97, 249, 258, 266, 284, 322  
Λαμπρινίδης Ε., 273  
Λεμπέση Ε., 277  
Μαλάμου Κ., 109  
Μαλάμου Σ., 109  
Μαμά Β., 331  
Μίνδης Ι., 61  
Μουρίκη Μ., 284  
Νέζης Α., 266  
Νούσης Β., 33  
Παλούμπα Ε., 71  
Παπάζογλου Παπαζογλάκης Ν., 71  
Παπακωνσταντίνου Α., 354, 390, 395  
Παπακωνσταντίνου Κ., 139  
Παπανικολάου Ε., 277  
Ποτηριάδου Ε., 300  
Πούτος Π., 340  
Σαμαντά Α., 61  
Σαμαντά Ε., 61  
Σωτηροπούλου Α., 277  
Τριανταφύλλου Δ., 273  
Τριπολιτσιώτου Ο., 188  
Τσιτοπούλου – Χριστοδουλίδη Ε., 13, 27  
Τσουτσουδάκης Α., 354, 395  
Χαιριστανίδης Σ., 199  
Χαλκιαδάκης Κ., 128, 322  
Χόρτης Σ., 92
- Aksoy E., 390  
Gravina T., 359  
Meirinhos C., 384  
Orozco M. P., 360

(κενή σελίδα)

**ISSN: 3057-4862**

**ISBN: 978-618-86235-4-5**