

12^ο Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών Πρακτικά

Αιγάλεω, Αθήνα, 3 – 4 Νοεμβρίου 2023



Επιμέλεια:

Ευγενία Τσιτοπούλου –
Χριστοδουλίδη



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

(κενή σελίδα)

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

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

Πρακτικά

Αιγάλεω, Αθήνα
3 – 4
Νοεμβρίου 2023

Επιμέλεια:

Ευγενία Τσιτοπούλου – Χριστοδουλίδη

Τίτλος: 12^{οι} Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών,
Πρακτικά, Αιγάλεω, Αθήνα, 3 και 4 Νοεμβρίου 2023

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

Έκδοση: Ιούνιος 2025

*Υπεύθυνη
έκδοσης:* Ευγενία Τσιτοπούλου – Χριστοδουλίδη

ISBN: 978-618-86235-1-4
ISSN: 3057-4862

*Επιστημονική
επιμέλεια:* Ευγενία Τσιτοπούλου – Χριστοδουλίδη

Η διδακτική αξιοποίηση του υλικού του παρόντος επιτρέπεται σε όλους τους διδάσκοντες και διδασκομένους, 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. Γεωργόπουλος Χρήστος, φυσικός, υπεύθυνος του Ε.Κ.Φ.Ε. Αγίων Αναργύρων και εκπαιδευτικός του 4^{ου} Γενικού Λυκείου Αιγάλεω
3. Γκαμπρέλας Κωνσταντίνος, φυσικός
4. Καπούς Κωνσταντίνος, φυσικός
5. Τσουτσοδάκης Ασρινός, φυσικός, υπεύθυνος του 1^{ου} Ε.Κ.Φ.Ε. Ηρακλείου Κρήτης, Science on Stage Europe Ambassador
6. Φιλιόγλου Μιχαήλ, βιολόγος, υπεύθυνος του Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω και εκπαιδευτικός του 1^{ου} Γενικού Λυκείου Αιγάλεω

Επιστημονική 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 και εκπαιδευτικός του 4^{ου} Γενικού Λυκείου Αιγάλεω
3. Καπούς Κωνσταντίνος, φυσικός
4. Κορακίτης Ρωμύλος, Καθηγητής της Σχολής Αγρονόμων, Τοπογράφων, Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου
5. Ράπτη Αναστασία, χημικός, εκπαιδευτικός του 2^{ου} Γενικού Λυκείου Περιστερίου

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 και εκπαιδευτικός του 4^{ου} Γενικού Λυκείου Αιγάλεω
3. Γκαμπρέλας Κωνσταντίνος, φυσικός
4. Ευαγγελοπούλου Αγγελική, χημικός, εκπαιδευτικός του 2^{ου} Γενικού Λυκείου Χαϊδαρίου
5. Καπούς Κωνσταντίνος, φυσικός
6. Κορακίτης Ρωμύλος, Καθηγητής της Σχολής Αγρονόμων, Τοπογράφων, Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου
7. Ράπτη Αναστασία, χημικός, εκπαιδευτικός του 2^{ου} Γενικού Λυκείου Περιστερίου
8. Τσουτσοδάκης Ασρινός, φυσικός, υπεύθυνος του 1^{ου} Ε.Κ.Φ.Ε. Ηρακλείου Κρήτης, Science on Stage Europe Ambassador
9. Φιλιόγλου Μιχαήλ, βιολόγος, υπεύθυνος του Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω και εκπαιδευτικός του 1^{ου} Γενικού Λυκείου Αιγάλεω

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	- 8 -
ΔΕΛΤΙΟ ΤΥΠΟΥ	- 10 -
Το πρόγραμμα «Science on Stage – Europe» και οι 12οι Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών	- 15 -
Ανακοίνωση βραβευθέντων εργασιών.....	- 28 -
Εργασίες 12ων Πανελληνίων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών- 31 -	
Acid rain, is it rain? – Η διδασκαλία του φαινομένου της όξινης βροχής στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση μέσω βιντεο-πειραμάτων	- 33 -
Σχετικά με την έγχρωμη όραση: Εκεί που συναντώνται η φυσική, η φυσιολογία και η τεχνολογία	- 41 -
« Παράξενοι τροχοί, Απίστευτες κινήσεις, από έξυπνα πανκαντευθυντικά κινούμενα ρομπότ»	- 55 -
Ρίχνοντας «φως» στον Πικάσο!	- 76 -
Γιατί οι τάρανδοι και όχι οι κότες; Τα παράξενα των κεραυνών.....	- 90 -
Το Πρώτο Σκαλί.....	- 99 -
Ηλεκτρική ενέργεια από τα θαλάσσια κύματα.....	- 107 -
Αναπνέει το μαρούλι στο ψυγείο; Λήψη και απεικόνιση τιμών του CO ₂ με χρήση Arduino και Phyphox	- 116 -
Ανιχνευτής ψεύδους και IOT συσκευή	- 128 -
Φανάρια κυκλοφορίας με προτεραιότητα στα ασθενοφόρα-Υπερηχητική κόρνα που λειτουργεί και ως ασύρματος Controller→Πατέντα.....	- 144 -
Η κάρτα ήχου ως «έμμεσο» ραδιοτηλεσκόπιο.....	- 174 -
Κατασκευή φασματοφωτομέτρου και δημιουργία λογισμικού με τα οποία είναι δυνατή η λήψη φασμάτων ορατού σε πραγματικό χρόνο στη σχολική τάξη	- 183 -
Τέρατα που ζουν ανάμεσά μας: Fake news ή μια άβολη πραγματικότητα (Ένα εκπαιδευτικό παιχνίδι απόδρασης για την εξέλιξη)	- 190 -
Πόση αντίσταση έχει ένας Πικάσο; Εργαστήριο αυτοσχέδιων αντιστατών. Η σχέση της εφαρμογής της STE(A)M μεθόδου στην τάξη με τους στόχους βιώσιμης ανάπτυξης της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την Εκπαίδευση των Θετικών επιστημών	- 200 -
Deus Ex Machina – Ο από μηχανής Θεός	- 218 -
Seewache – Ο φρουρός της θάλασσας.....	- 227 -
Φωτοβιοαντιδραστήρας για την καλλιέργεια φωτοαυτοτροφικών μικροφυκών σπιρουλίνας ...- 235 -	
Το ρομποτάκι που διασκεδάζει και μαθαίνει Φυσική στα παιδιά.....	- 240 -
Λεπτά υμένια. Ελάχιστη επιφάνεια, ελάχιστη ενέργεια, περισσή ομορφιά και λίγη 3d εκτύπωση.....	- 247 -
Μαθαίνουμε γελώντας ή γελάμε μαθαίνοντας;.....	- 256 -
Αυτοματοποιημένη συσκευή περίθλασης.....	- 262 -
Κβαντομηχανική με απλά υλικά και συνήθη όργανα του εργαστηρίου	- 267 -
Συσκευή Ηλεκτροφόρησης για Χρήση στο Σχολικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών .	- 275 -
Προστατεύουμε τη φύση μέσα από την κατανόησή της: Το νερό στη ζωή μας.....	- 282 -
«There and Back Again: A Space Tale» - An eTwinning Project in the contemporary space exploration research, with the participation in the ESA's international contest «Moon Camp Challenge 2022 – 2023».....	- 290 -

Adopt a tree: «Υιοθέτησε ένα δέντρο»	- 316 -
Προκήρυξη 12 ^{ου} Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών.-	
320 -	
Ευρετήριο Συγγραφέων.....	- 329 -

Πρόλογος

Οι «12^{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 3 και 4 Νοεμβρίου 2023 στο Πολιτιστικό Κέντρο «Γιάννης Ρίτσος» του Δήμου Αιγιάλεω. Διοργανώθηκαν από την Ελληνική Συντονιστική Επιτροπή του Ευρωπαϊκού προγράμματος «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο – Ευρώπη» (Science on Stage – Europe) σε συνεργασία με το Εργαστηριακό Κέντρο Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Φ.Ε.) Αιγιάλεω και χορηγό τον Δήμο Αιγιάλεω.

Στον παρόντα τόμο των πρακτικών, περιλαμβάνονται οι περιγραφές όλων των πειραμάτων και κατασκευών που διαγωνίσθηκαν στους «12^{ους} Πανελλήνιους Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών». 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 στο Turku, Φινλανδία από 12 Αυγούστου 2024 έως 15 Αυγούστου 2024. Περιλαμβάνονται ακόμα τα τρία Joint Projects Ελλήνων εκπαιδευτικών και η Ελληνική συμμετοχή του πρότζεκτ που υλοποιήθηκε στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού Προγράμματος Sustainability in STEM education, τα οποία επίσης παρουσιάστηκαν στο Πανευρωπαϊκό Φεστιβάλ στην Φινλανδία.

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 Δήμο Αιγιάλεω για την δωρεάν παραχώρηση του Πολιτιστικού Κέντρου «Γιάννης Ρίτσος» για την διοργάνωση της εκδήλωσης.

Ευχαριστούμε επίσης το Υπουργείο Παιδείας για την αρωγή και την ενθάρυνση των προσπαθειών μας στην πραγματοποίηση και των δώδεκα Πανελληνίων 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»

(κενή σελίδα)

ΟΙ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΟ ΠΡΟΣΚΗΝΙΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ
www.science-on-stage.eu, <http://etsito.mysch.gr/>, sonsgreece

Αθήνα, 17 Αυγούστου 2024

ΔΕΛΤΙΟ ΤΥΠΟΥ

"Διεθνής επιτυχία Ελλήνων καθηγητών Φυσικών Επιστημών"

Ομάδα Ελλήνων εκπαιδευτικών κέρδισε δύο βραβεία (European STEM Teacher Award) και πολλές διακρίσεις στο 13^ο Πανευρωπαϊκό φεστιβάλ «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο» (Science on Stage), που φιλοξενήθηκε στο Turku UAS' Kupittaa Campus (EduCity και ICT City) στο Turku, Φινλανδία, από τις 12 έως 15 Αυγούστου 2024. Το φεστιβάλ διοργανώθηκε από Science on Stage Finland με την κύρια υποστήριξη του Turku University και σε συνεργασία με Science on Stage Europe. Ήταν υπό την αιγίδα της Ilana Ivanova, Ευρωπαϊά Επίτροπο για την Καινοτομία, την Έρευνα, τον Πολιτισμό, την Εκπαίδευση και τη Νεολαία (European Commissioner for Innovation, Research, Culture, Education and Youth).

Την Ελληνική αποστολή αποτελούσαν οι βραβευθέντες εκπαιδευτικοί των «12^{ων} Πανελληνίων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών», που πραγματοποιήθηκαν στις 3 και 4 Νοεμβρίου 2023, στο Πολιτιστικό Κέντρο «Γιάννης Ρίτσος» του Δήμου Αιγάλεω και ήταν:

1. Γιαννακουδάκη Καλλιόπη, φυσικός, 1^ο Γυμνάσιο Ηρακλείου Κρήτης,
2. Χατζησάββας Γεώργιος, φυσικός, Πρότυπο ΓΕ.Λ. Ηρακλείου Κρήτης,
3. Λάζος Παναγιώτης, φυσικός, Υπεύθυνος του Εργαστηριακού Κέντρου Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Φ.Ε.) Ηλιούπολης (ΔΔΕ Α' Αθήνας),
4. Μιχαλόπουλος Βασίλης, Φυσικός των Εκπαιδευτηρίων Μπουγά, Καλαμάτα,
5. Λεμπέση Ελένη, Χημικός, των Εκπαιδευτηρίων Μπουγά, Καλαμάτα,
6. Δημητρίου Λουΐζα, Φυσικός, Συνεργάτης Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω,
7. Πούτος Πέτρος, ηλεκτρολόγος και ηλεκτρονικός, 1^ο ΕΠΑ.Λ. Σαλαμίνας - Ε.Κ. Σαλαμίνας,
8. Χαλκιαδάκης Κωστής, Φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Ρεθύμνου,
9. Κουράκης Νεκτάριος, φυσικός, Γενικό Λύκειο Βάμου, Χανιά, Κρήτης,
10. 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
11. Τσιτοπούλου – Χριστοδουλίδη Ευγενία, φυσικός, Πρώην Υπεύθυνη Εργαστηριακού Κέντρου Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Φ.Ε.) Αιγάλεω, Συντονίστρια της Ελληνικής Συντονιστικής Επιτροπής του προγράμματος «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο» και αρχηγός της Ελληνικής αποστολής.

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

- Ηρώ Κολιάκου, Φυσικός του Anatolia American College, με join project με Λετονή εκπαιδευτικό,
- Χριστιάνα Ματεντσίδου, μαθηματικός του 1ου Γυμνασίου Πολίχνης Θεσσαλονίκης, με join project με εκπαιδευτικό από την Κροατία και
- Αναστασία Παπακωνσταντίνου, Βιολόγος του Γυμνασίου Γουβών, Ηρακλείου Κρήτης, με join project με δασκάλα από την Τουρκία.

Στο Πανευρωπαϊκό Φεστιβάλ, που αποτελεί την μεγαλύτερη εκπαιδευτική έκθεση της Ευρώπης για καθηγητές Φυσικών Επιστημών, και φέτος είχε θέμα: «Η βιωσιμότητα στην εκπαίδευση STEM» («Sustainability in STEM Education»), οι Έλληνες εκπαιδευτικοί συμμετείχαν, μαζί με 500 εκπαιδευτικούς STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) από 35 χώρες, σε σεμινάρια, workshops και επιδείξεις των κατασκευών τους. Οι εργασίες με θέμα:

1. «**Acid rain, is it pain?**» (Joint project) των Αναστασία Παπακωνσταντίνου και Esra Aksoy κέρδισαν το **European STEM Teacher Awards** στην κατηγορία «Joint projects» που διαγωνίστηκε. Ο συνολικός αριθμός των εργασιών που διαγωνίστηκαν σε αυτή την κατηγορία ήταν 15.
2. «**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 διαγωνίστηκε. 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.

Έως σήμερα, η Ελλάδα έχει βραβευτεί στις δέκα από τις δώδεκα διοργανώσεις του προγράμματος που συμμετείχε.

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, θα είχαν 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, 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 αρχηγός της Ελληνικής αποστολής

Ευγενία Τσιτοπούλου – Χριστοδουλίδη
Υπεύθυνη της Ελληνικής Συντονιστικής Επιτροπής του προγράμματος

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

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

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



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ,
ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ & ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ

ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ
ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠ/ΣΗΣ

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ
ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠ/ΣΗΣ

ΤΜΗΜΑ Γ'
ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ
ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

Ταχ. Δ/ση : Ανδρέα Παπανδρέου 37
Τ.Κ. – Πόλη : 15180 – Μαρούσι
Πληροφορίες : Ι. Ολυμπίου, Αικ. Σούμπαση
Τηλέφωνο : 2103442831
Email : epimorfosi.ekp@minedu.gov.gr

Μαρούσι, 20-08-2024
Αρ. Πρωτ.: 93726 /Ε3

ΠΡΟΣ: 1. Διευθύνσεις Α/θμιας Εκπ/σης
2. Διευθύνσεις Δ/θμιας Εκπ/σης
3. Εκπ/κοί & Συμβολοι Εκπαίδευσης
(δια των Δ/νσεων Εκπαίδευσης)

ΚΟΙΝ : 1. Περιφερειακές Δ/νσεις Εκπ/σης
2. Ινστιτούτο Εκπ/κής Πολιτικής
3. κ. Ευγενία Τσιτοπούλου-Χριστοδουλίδη
etsitop@otenet.gr

**Θέμα: Διαβίβαση Δελτίου Τύπου της Ελληνικής Συντονιστικής Επιτροπής του προγράμματος
«Οι φυσικές επιστήμες στο προσκήνιο (Science on Stage)».**

Σας διαβιβάζουμε το από 17-08-2024 Δελτίο Τύπου της Ελληνικής Συντονιστικής Επιτροπής του προγράμματος Science on Stage, με το οποίο ανακοινώνεται το γεγονός ότι Ομάδα Ελλήνων εκπαιδευτικών κέρδισε δύο βραβεία (European STEM Teacher Award) και πολλές διακρίσεις στο 13ο Πανευρωπαϊκό φεστιβάλ «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο» (Science on Stage), που φιλοξενήθηκε στο Turku UAS' Kupittaa Campus (EduCity και ICT City) στο Turku, Φιλανδία, από τις 12 έως 15 Αυγούστου 2024.

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.

Σύμφωνα με το Δελτίο Τύπου, στο Πανευρωπαϊκό Φεστιβάλ, που αποτελεί την μεγαλύτερη εκπαιδευτική έκθεση της Ευρώπης για καθηγητές Φυσικών Επιστημών, και

φέτος είχε θέμα: «Η βιωσιμότητα στην εκπαίδευση STEM» («Sustainability in STEM Education»), οι Έλληνες εκπαιδευτικοί συμμετείχαν, μαζί με 500 εκπαιδευτικούς STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) από 35 χώρες*, σε σεμινάρια, workshops και επιδείξεις των κατασκευών τους.

Κατόπιν των ανωτέρω παρακαλούνται οι διευθύνσεις πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για την προώθηση του παρόντος στις σχολικές μονάδες (δημόσιες και ιδιωτικές) της δικαιοδοσίας τους.

Η ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΗ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ

ΙΩΑΝΝΑ ΟΛΥΜΠΙΟΥ

Εσωτερική Διανομή

1. Γραφείο κ. Υπουργού
2. Γραφείο Υφυπουργού κ. Μακρή
3. Γραφείο κ. Γενικού Γραμματέα
4. Γενική Διεύθυνση Σπουδών Π.Ε. & Δ.Ε.
5. Γενική Δ/νση Εκπ/κού Προσωπικού 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'

Το πρόγραμμα «Science on Stage – Europe» και οι 12οι Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών

Ευγενία Τσιτοπούλου – Χριστοδουλίδη, φυσικός,
Συντονίστρια της Ελληνικής Επιτροπής του Προγράμματος
[etsitop\[a\]jotenet.gr](mailto:etsitop[a]jotenet.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 Εκλαίκευσης 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 έξι φεστιβάλ: το 2011 στην Κοπεγχάγη (Δανία), το 2013 στο SLUBICE (Πολωνία) και Frankfurt (Oder) (Γερμανία), το 2015 στο Λονδίνο (Ηνωμένο Βασίλειο), το 2017 στο Debrecen (Ουγγαρία), το 2019 στο Cascais (Πορτογαλία) και το 2022 στην Πράγα (Τσεχία).

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, 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.

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 δώδεκα Πανελλήνιοι Αγώνες έως σήμερα. Οι Αγώνες αυτοί κοινοποιούνται με έγγραφο της Διεύθυνσης Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης 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 Προσχήνιο – 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 τρεις χώρες που μετέχουν στο πρόγραμμα.

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, Πρόσφυμα 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 10ο 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, Πρόσφυμα 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 Καρούνιαν, 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 SŁUBICE (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

διαδίκτυου 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: «Δια φωτίζοντας 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 Αλικαρνασσός 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):
 - A. «Το Οπτικό Σύστημα του Ψαριού και η Υποβρύχια Οραση του Ανθρώπου», των Μαργαρίτη Αντωνίου και Μαράκη Γεωργίου (1^η ημέρα) και
 - B. «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. «Γυροσκοπίο ελεγχόμενης ροπής», του Τσουτσουδάκη Αστρινού (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 διαγωνίστηκε.

Χθες και σήμερα (3 και 4 Νοεμβρίου 2023), διεξάγονται οι **Δωδέκατοι** Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών στο Πολιτιστικό Κέντρο «Γιάννης Ρίτσος» του Δήμου Αιγάλεω. Οι δωδέκατοι Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών έχουν κεντρικό θέμα: «Η βιωσιμότητα στην εκπαίδευση STEM». 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. Θα βραβευθούν επτά εκπαιδευτικοί, οι οποίοι θα αποτελέσουν την Ελληνική αποστολή και θα συμμετάσχουν στην κεντρική εκδήλωση του προγράμματος που θα γίνει στο Turku (Φινλανδία), στις 12 έως 15 Αυγούστου 2024.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται συνοπτικά ο αριθμός των ομάδων και ο αριθμός των εργασιών οι οποίες συμμετείχαν στους δώδεκα 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

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 εκλαΐκευσης 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 8ους 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 έφτιαξαν μαθήτριες, δοκίμασαν το τσίπουρο που παρασκευάσαμε 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 Πανελλήνιων 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 2024,
Turku, Finland*

Ανακοίνωση βραβευθέντων εργασιών

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

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 12^{ους} Πανελλήνιους Αγώνες απονεμήθηκαν έξι (6) βραβεία, στους:

1. **Γιαννακουδάκη Καλλιόπη**, Φυσικός του 1^{ου} Γυμνασίου Ηρακλείου Κρήτης, **Χατζησάββας Γεώργιος**, Φυσικός του Πρότυπου ΓΕ.Λ. Ηρακλείου Κρήτης, με εκπρόσωπο την **Γιαννακουδάκη Καλλιόπη**, για εργασία τους με θέμα: «**Ρίχνοντας «φως» στον Πικάσο!**»
2. **Λάζος Παναγιώτης**, Φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Ηλιούπολης, για εργασίες του με θέματα: «**Η έγχρωμη όραση**» και «**Γιατί οι τάρανδοι και όχι οι κότες; Τα παράξενα των κεραυνών**»
3. **Γιαννακέας Δημήτρης**, Βιολόγος, **Λεμπέση Ελένη**, Χημικός και **Μιχαλόπουλος Βασίλης**, Φυσικός, των Εκπαιδευτηρίων Μπουγά, Καλαμάτα, με εκπρόσωπο τον **Μιχαλόπουλο Βασίλη**, για εργασία τους με θέμα: «**Το πρώτο σκαλί**»
4. **Δημητρίου Λουΐζα**, Φυσικός, Συνεργάτης Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω και **Φιλιόγλου Μιχάλης**, Βιολόγος, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Αιγάλεω, με εκπρόσωπο την **Δημητρίου Λουΐζα**, για εργασία τους με θέμα: «**Ηλεκτρική ενέργεια από τα θαλάσσια κύματα**»
5. **Πούτος Πέτρος**, Ηλεκτρονικός Μηχανικός και Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, 1^ο ΕΠΑ.Λ. - Ε.Κ. Σαλαμίνας, για εργασία του με θέμα: «**Παράξενοι τροχοί, Απίστευτες κινήσεις, από έξυπνα πανκαντευθυντικά κινούμενα ρομπότ**» («Strange wheels, incredible movements, from smart omnidirectional mobile robots»)
6. **Χαλκιαδάκης Κωστής**, Φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Ρεθύμνου, Phyphox Ambassador, για εργασία του με θέμα: «**Αναπνέει το μαρούλι στο ψυγείο; Λήψη και απεικόνιση τιμών του CO2 με χρήση Arduino και Phyphox**».

Βραβεύτηκαν επίσης οι εκπαιδευτικοί:

- **Κουράκης Νεκτάριος**, Φυσικός, Γενικό Λύκειο Βάμου, για εργασίες του με θέματα: «**Ανιχνευτής ψεύδους**» και «**Φανάρια κυκλοφορίας με προτεραιότητα στα ασθενοφόρα – Υπερηχητική κόρνα που λειτουργεί και ως ασύρματος**» (1^ο αναπληρωματικό μέλος της Ελληνικής αποστολής).

- **Νούσης Βασίλειος**, Φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Θεσπρωτίας, για εργασία του με θέμα: **«Η κάρτα ήχου ως «έμμεσο» ραδιοτηλεσκόπιο»** (2^ο αναπληρωματικό μέλος της Ελληνικής αποστολής).
- **Χριστόδουλος Μακεδόνας**, χημικός, **Μαριάννα-Φανουρία Μητσιώνη**, χημικός μηχανικός, **Μιλτιάδης Στούρας**, ηλεκτρολόγος μηχανικός, Πρότυπο Γενικό Λύκειο Ευαγγελικής Σχολής Σμύρνης, με εκπρόσωπο τον **Χριστόδουλο Μακεδόνα**, για εργασία τους με θέμα: **«Κατασκευή φασματοφωτομέτρου και δημιουργία λογισμικού με τα οποία είναι δυνατή η λήψη φασμάτων ορατού σε πραγματικό χρόνο στη σχολική τάξη»** (3^ο αναπληρωματικό μέλος της Ελληνικής αποστολής).
- **Γεώργιος Βίλλιας**, Βιολόγος, Αναξαγόρειο Γενικό Λύκειο Νέας Ερυθραίας, για εργασία του με θέμα: **«Τέρατα που ζουν ανάμεσά μας: Fake news ή μια άβολη πραγματικότητα (Ένα εκπαιδευτικό παιχνίδι απόδρασης για την εξέλιξη του ανθρώπου)»** (4^ο αναπληρωματικό μέλος της Ελληνικής αποστολής).

Στους «12^{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):

- Στην **μαθήτριά: Μαρία Τσούρτη** του ΓΕ.Λ. Σούδας, με υπεύθυνο καθηγητή τον **Κουράκη Νεκτάριο**, Φυσικό του Γενικού Λυκείου Βάμου, για την εργασία τους με θέμα: **«Ανιχνευτής ψεύδους»**.
- Στους **μαθητές: Δήμητρα Αναγνωστοπούλου, Δωροθέα Θεοδωροπούλου, Νικόλαος Μαρτινέγκος, Σαββίνα Πουρνάρα, Μαριαλένα Τοράκη, Ιωάννα Φατούρου και Ανδρέας Χανιώτης** του 26^{ου} Γενικού Λυκείου Αθηνών (Μαράσλειο), με υπεύθυνους καθηγητές: **Παναγιώτη Λάζο**, Φυσικό, Υπεύθυνο Ε.Κ.Φ.Ε. Ηλιούπολης και **Στασινάκη Παναγιώτη**, βιολόγο, Υπεύθυνο Ε.Κ.Φ.Ε. Αμπελοκήπων, με εκπρόσωπο της ομάδας τον **Παναγιώτη Λάζο** για την εργασία τους με θέμα: **« Η δυσχρωματοψία και η σαλάτα με τις «μαύρες» πράσινες πιπεριές και τις «μαύρες» κόκκινες ντομάτες»**.
- Στους **δύο μαθητές** του 5^{ου} Γυμνασίου Μυτιλήνης, με υπεύθυνο καθηγητή τον **Γιώργο Ρούγγο**, Φυσικό, Υπεύθυνο Ε.Κ.Φ.Ε. Λέσβου, για την εργασία τους με θέμα: **«Πόση αντίσταση έχει ένας Πικάσο; Εργαστήριο αυτοσχέδιων αντιστατών: Η σχέση της εφαρμογής της STE(A)M μεθόδου στην τάξη με τους στόχους βιώσιμης ανάπτυξης της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την Εκπαίδευση των Θετικών επιστημών»**
- Στους **μαθητές: Δάφνη Σιδεράκη και Ανθή Κοσμά** του Πρότυπου ΓΕ.Λ. Ηρακλείου Κρήτης, **Κωνσταντίνος Κανακούδης** του Κολλεγίου Ανατόλια, **Νεφέλη Αρχου, Φαίδρα Αρχου και Αλέξανδρος Πετράκης** του Μουσικού Σχολείου Ηρακλείου Κρήτης, με υπεύθυνους καθηγητές: **Τσουτσουδάκη Ασρινό**, Φυσικό, Υπεύθυνο 1ου Ε.Κ.Φ.Ε. Ηρακλείου Κρήτης, **Αναστασία Παπακωνσταντίνου**, Βιολόγο του

Γυμνασίου Γουβών, **Ιωάννη Τζαγκαράκη**, Καθηγητή Πληροφορικής και **Ηρώ Κολιάκου**, Φυσικό του Anatolia American College, με εκπρόσωπο της ομάδας τον **Αστρινό Τσουτσουδάκη**, για τις εργασίες τους με θέματα: «**Ο φρουρός της θάλασσας**» (Seewache) και «**Ο από μηχανής Θεός (Deux ex Machina)**».

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 12ων Πανελληνίων Αγώνων
Κατασκευών και Πειραμάτων
Φυσικών Επιστημών

(κενή σελίδα)

Acid rain, is it pain? – Η διδασκαλία του φαινομένου της όξινης βροχής στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση μέσω βιντεο-πειραμάτων

Joint project Ελλάδα-Τουρκία

Αναστασία Παπακωνσταντίνου, Βιολόγος, Γυμνάσιο Γουβών και Συνεργάτης 1ου ΕΚΦΕ

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)

(Ευρωπαϊκό Βραβείο Διδασκαλίας Φυσικών Επιστημών στην κατηγορία «Joint projects»)

Περίληψη

Ο όρος «όξινη βροχή» χρησιμοποιείται για να αναφερθεί στη βροχή που περιέχει όξινες ουσίες με αποτέλεσμα να μειώνεται το pH. Αποτελεί ένα παγκόσμιο περιβαλλοντικό πρόβλημα αφού μελέτες έχουν δείξει τις επιπτώσεις της σε διάφορα υλικά καθώς και σε ζωντανούς οργανισμούς, χερσαίους και υδρόβιους. Στο συγκεκριμένο εγχείρημα στόχος ήταν η δημιουργία συνθηκών βιωματικής μάθησης με έναν ιδιαίτερα παιγνιώδη τρόπο ώστε οι μικροί μαθητές να ανακαλύψουν μόνοι τους μέσω της διερεύνησης τις συνθήκες κάτω από τις οποίες δημιουργείται η όξινη βροχή, τις επιδράσεις της σε υλικά και οργανισμούς, αλλά και να προβληματιστούν πάνω στην εύρεση λύσεων, ιδιαίτερα αυτών που μπορούν κι οι ίδιοι να συνεισφέρουν, καλλιεργώντας την περιβαλλοντική τους συνείδηση. Τα παραπάνω γίνονται αντιληπτά από τους μαθητές μέσω πειραμάτων που είναι εύκολο να εφαρμοστούν στην τάξη, προσαρμοσμένα για την πρωτοβάθμια και την πρώιμη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Οι μαθητές κατασκευάζουν μόνοι τους ένα ενυδρείο που μιμείται την δημιουργία όξινης βροχής. Παρατηρούν και καταγράφουν τις επιπτώσεις σε φυτά και το έδαφος χρησιμοποιώντας ένα αυτοσυντηρούμενο terrarium, που έχουν φτιάξει οι ίδιοι. Παρέχοντας ολοκληρωμένα σχέδια μαθήματος που περιέχουν πειράματα χαμηλού κόστους με βιντεοσκοπημένες οδηγίες βήμα προς βήμα, αναφορές στην επιστημονική βάση του κάθε πειράματος, φύλλα εργασίας, STEM δραστηριότητες και online παιχνίδια, ενδυναμώνονται οι εκπαιδευτικοί προκειμένου να αντιμετωπίσουν την διδασκαλία των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων με αυτοπεποίθηση χρησιμοποιώντας διερευνητική μάθηση.

Abstract

The term "acid rain" is used to refer to rain that contains acidic substances resulting in a decrease in pH. It is a global environmental problem as studies have shown its effects on various materials as well as on living organisms, both terrestrial and aquatic. In this project, the aim was to create experiential learning conditions in a highly playful way so that young students could discover for themselves through investigation the conditions under which acid rain is created, its effects on materials and organisms, and to reflect on finding solutions, especially those that they themselves can contribute to, cultivating their environmental awareness. The above is understood by students through experiments that are easy to implement in the classroom, adapted for primary and early secondary education. Pupils build

themselves an aquarium that mimics the creation of acid rain. They observe and record the effects on plants and soil using a self-sustaining terrarium they have created themselves. By providing comprehensive lesson plans that include low-cost experiments with step-by-step video-taped instructions, references to the scientific basis of each experiment, worksheets, STEM activities and online games, teachers are empowered to confidently tackle teaching global environmental issues using inquiry-based learning.

Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

Η όξινη βροχή χρησιμοποιείται για να αναφερθεί στη βροχή που περιέχει όξινες ουσίες με αποτέλεσμα να έχει χαμηλότερο pH από την «κανονική» βροχή. Η βροχή είναι στην πραγματικότητα λίγο όξινη (pH 5,6) λόγω του SO₂ και των NO_x (από φυσικές πηγές όπως τα ηφαίστεια), τα οποία καταλήγουν σε οξέα όταν έρχονται σε επαφή με το νερό και το οξυγόνο. Η όξινη βροχή θεωρείται αποτέλεσμα της καύσης ορυκτών καυσίμων και το pH της είναι μεταξύ 4,4 και 4,2. Όταν πέφτει μπορεί να επηρεάσει το οικοσύστημα και τους ζωντανούς οργανισμούς του, καθώς όλα συνδέονται μεταξύ τους. Οι οικολογικές επιπτώσεις της μπορούν να παρατηρηθούν σε υδάτινα περιβάλλοντα, όπως οι λίμνες που γίνονται όξινες και μπορούν να βλάψουν τα ψάρια, τα σαλιγκάρια και άλλους οργανισμούς. Η όξινη βροχή αφαιρεί επίσης μέταλλα και θρεπτικά συστατικά από το έδαφος που χρειάζονται τα δέντρα για να αναπτυχθούν. Τα νεκρά ή ετοιμοθάνατα δέντρα είναι ένα συνηθισμένο θέαμα σε περιοχές που επηρεάζονται από την όξινη βροχή.

Η καλλιέργεια περιβαλλοντικής ενσυναίσθησης σε νεαρή ηλικία είναι σημαντική καθώς τότε διαμορφώνεται η προσωπικότητα και οι πεποιθήσεις του παιδιού. Ένα παιδί που αναγνωρίζει κι ενδιαφέρεται για τα περιβαλλοντικά ζητήματα θα γίνει ένας υπεύθυνος ενήλικας με περιβαλλοντική συνείδηση. Είναι λοιπόν πολύ σημαντικό τα περιβαλλοντικά ζητήματα όπως η κλιματική αλλαγή, η όξινη βροχή κλπ να τεθούν όσο γίνεται πιο νωρίς στους μικρούς μαθητές όχι μόνο για την ανάπτυξη περιβαλλοντικής ενσυναίσθησης, αλλά και για την καλλιέργεια ενδιαφέροντος και αγάπης για τις Φυσικές Επιστήμες.

Ο τρόπος διδασκαλίας σε μικρές ηλικίες στηρίζεται στην βιωματική μάθηση, όπου τα παιδιά ενθαρρύνονται να εμπλακούν σε ‘hands on’ δραστηριότητες και να διερευνήσουν μόνοι τους με την καθοδήγηση του δασκάλου τους κάποιο θέμα, σε αντίθεση με τις κλασσικές μεθόδους διδασκαλίας που στηρίζονται στην απομνημόνευση και τις ασκήσεις. Ένας τρόπος διδασκαλίας που έχει αποδειχτεί ιδιαίτερα αποτελεσματικός στην πρώιμη εκπαίδευση είναι η εκμάθηση μέσω παιχνιδιού, η οποία συμβάλλει όχι μόνο στο γνωστικό επίπεδο των μαθητών αλλά και στην ψυχοκοινωνική τους ανάπτυξη. Μέσα στο παιχνίδι οι μαθητές αναπτύσσουν την κοινωνικότητά τους δημιουργώντας ομάδες, υπακούοντας σε κανόνες και ταυτόχρονα δημιουργείται ένα ευχάριστο παιδαγωγικό κλίμα που προάγει την μάθηση.

Περιγραφή εργασίας

Τα παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα αντιμετωπίζονται από τα Ηνωμένα Έθνη, τα οποία εκφράζουν την ανησυχία τους για κρίσιμα ζητήματα όπως η κλιματική αλλαγή, η ρύπανση, η όξινη βροχή, οι περιβαλλοντικές καταστροφές. Αναγνωρίζοντας την ανθρωπογενή φύση αυτών των περιβαλλοντικών προβλημάτων και τις επιπτώσεις τους στην ανθρώπινη ζωή, ο ΟΗΕ εισήγαγε τους στόχους βιώσιμης ανάπτυξης για να συμβάλει στην ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων. Σε αυτόν τον «πόλεμο» η εκπαίδευση αποκτά στρατηγική σημασία. Μέσω της εκπαίδευσης μπορεί να διαδοθεί η ευαισθητοποίηση του κοινού για τα

περιβαλλοντικά ζητήματα, να μάθει νέες συμπεριφορές που είναι απαραίτητες για την προσαρμογή και τον περιορισμό των προβλημάτων και να ενισχυθεί η αποδοχή του κοινού στις σχετικές κυβερνητικές πολιτικές. Η πρόωπη παιδική ηλικία αποτελεί το θεμέλιο για τη δημιουργία περιβαλλοντικά ευαίσθητων πολιτών του μέλλοντος, οπότε το πρόγραμμα σπουδών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης είναι απαραίτητο για την προώθηση και την εφαρμογή της αειφορίας.

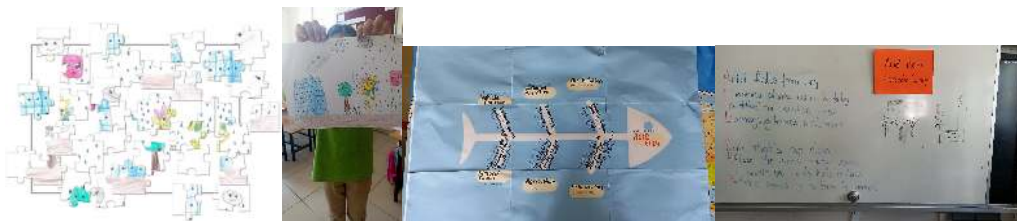
Περιβαλλοντικά θέματα όπως η όξινη βροχή είναι δύσκολο να διδαχθούν στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, καθώς οι μαθητές τα βρίσκουν αφηρημένα και δύσκολα κατανοητά. Η προσέγγιση STEM μπορεί να παρέχει στους εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης τα κατάλληλα εργαλεία για την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων. Οι μικροί μαθητές παρακινούνται να ερευνήσουν για το πρόβλημα, να κατανοήσουν τα αίτια και τις επιπτώσεις του, διεξάγοντας πειράματα, κάνοντας υποθέσεις και παρατηρώντας τα αποτελέσματα. Αυτή η μάθηση που βασίζεται στην έρευνα θα προωθήσει τις δεξιότητες κριτικής σκέψης τους και θα βελτιώσει την αντίληψή τους για τα παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα.

Σε αυτό το πρόγραμμα οι νεαροί μαθητές εισάγονται σε μια σειρά πειραμάτων που εφαρμόζουν το STEM για να κατανοήσουν καλύτερα τις αιτίες και τις επιπτώσεις της όξινης βροχής. Η κατασκευή ενός ενυδρείου που μιμείται την παραγωγή όξινης βροχής με την ανάμειξη καπνού με υδρατμούς βοηθά τους νεαρούς μαθητές να οπτικοποιήσουν την αιτία αυτού του περιβαλλοντικού προβλήματος και εγείρει ερωτήματα σχετικά με την καύση ορυκτών καυσίμων και τις λύσεις που μπορούν να δοθούν. Η παρατήρηση του τι συμβαίνει στους οργανισμούς που ζουν στο ενυδρείο προκαλεί περιβαλλοντική ενσυναίσθηση μέσω της κατανόησης. Η ίδια προσέγγιση ισχύει και για το αυτοσυντηρούμενο terrarium που κατασκεύασαν οι μαθητές. Άλλα απλά πειράματα, όπως η φύτευση σπόρων, το πότισμά τους με νερό με pH 4,2, βοηθούν στην οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων. Όλα αυτά έρχονται με τη μορφή σχεδιασμού μαθημάτων, βίντεο, σεμιναρίων, φύλλων εργασίας και δραστηριοτήτων που οι εκπαιδευτικοί μπορούν εύκολα να χρησιμοποιήσουν για να προωθήσουν την επιστημονική μέθοδο και να προκαλέσουν περιβαλλοντική ενσυναίσθηση στους μαθητές τους.

Στην δημιουργία του υλικού δόθηκε έμφαση στην ασφάλεια των μαθητών, με την χρήση μη τοξικών υλικών, στην καταλληλότητα των πειραμάτων βάσει της ηλικίας, του γνωστικού επιπέδου και των δεξιοτήτων που διαθέτουν οι μαθητές, αλλά και στην δημιουργία ελκυστικών δραστηριοτήτων για την κινητοποίησή τους, όπως online παιχνίδια προκειμένου να προσελκύσουν το ενδιαφέρον των μικρών μαθητών. Κύριος στόχος όμως είναι η ενδυνάμωση των εκπαιδευτικών στο έργο τους προσφέροντάς τους τα κατάλληλα εργαλεία που έχουν φτιαχτεί από εκπαιδευτικούς και δοκιμαστεί μέσα στην τάξη (from teachers for teachers), παρέχοντάς τους σχέδια μαθημάτων κι εξοικονομώντας τους πολύτιμο χρόνο, δίνοντάς τους τις επιστημονικές γνώσεις για να νιώθουν ασφάλεια να προσεγγίσουν το ζήτημα της όξινης βροχής.

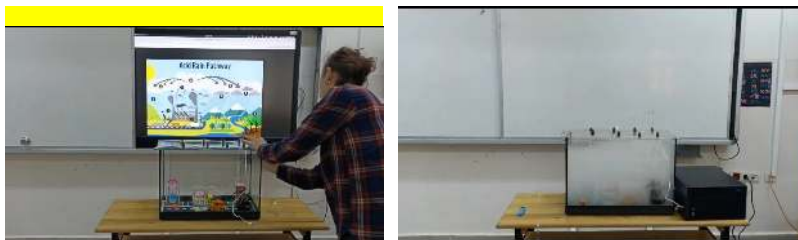
Το project περιέχει αρχικά δύο σχέδια μαθημάτων που το πρώτο αφορά την κατανόηση από τους μικρούς μαθητές πως δημιουργείται και τι είναι η όξινη βροχή, ενώ το δεύτερο σχέδιο αφορά τις επιπτώσεις της στους οργανισμούς και παρακινούνται οι μαθητές να βρουν κάποιες λύσεις για το παγκόσμιο αυτό περιβαλλοντικό πρόβλημα. Οι μαθητές καλούνται να αναρωτηθούν τι είναι κατά αυτούς η όξινη βροχή και να το αποτυπώσουν σε ζωγραφιά. Οι ζωγραφιές αυτές γίνονται παζλ online και τα παιδιά σε δεύτερο χρόνο παίζουν και συζητάνε για τις γνώσεις αλλά και τα συναισθήματα που έχουν γύρω από το περιβαλλοντικό αυτό πρόβλημα.

Μέσα από την συζήτηση οι μικροί μαθητές ανακαλύπτουν τι είναι η όξινη βροχή, πως δημιουργείται και τι προκαλεί. Τις γνώσεις αυτές τις αποτυπώνουν φτιάχνοντας ένα διάγραμμα Ishikawa με τα αίτια του προβλήματος κι ένα ποίημα ακροστιχίδας.



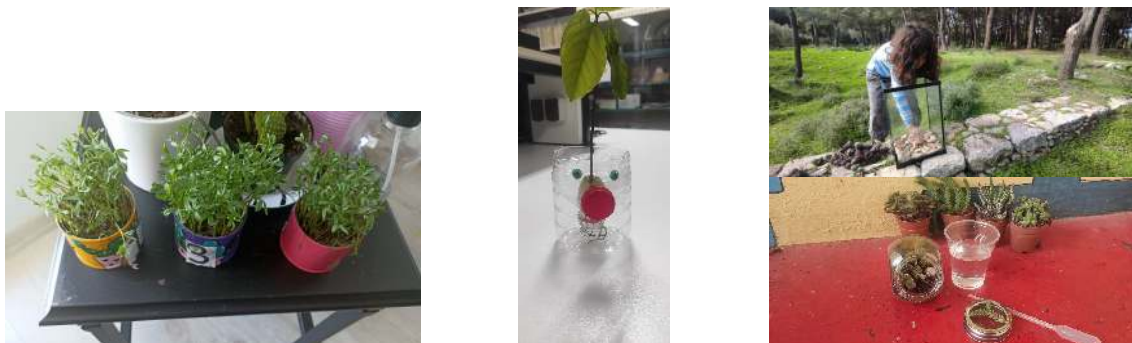
Εικόνα 1: α) & β) Δημιουργία online puzzle από ζωγραφιές με το <https://im-a-puzzle.com> και το <https://puzzel.org> γ) Ishikawa διάγραμμα δ) ποίημα ακροστιχίδας

Στο πρώτο πείραμα οι μικροί μαθητές κατασκευάζουν ένα ενυδρείο μέσα στο οποίο θα δουν πώς το διοξείδιο του άνθρακα από αναθυμιάσεις θα ενωθεί με υδατμούς και θα δημιουργηθεί η όξινη βροχή (μέτρηση pH).



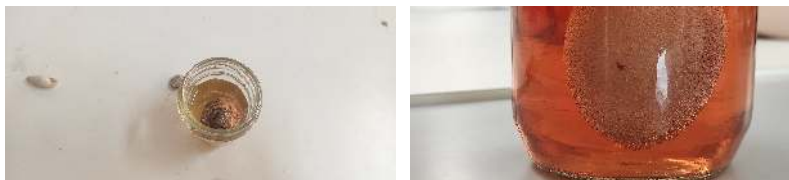
Εικόνα 2: Κατασκευή ενυδρείου για οπτικοποίηση της δημιουργίας όξινης βροχής

Στο δεύτερο σχέδιο μαθήματος διερευνώνται τα αποτελέσματα της όξινης βροχής στους οργανισμούς (φυτά και ζώα) και σε κατασκευές. Στο πρώτο πείραμα που αφορά τις επιπτώσεις σε φυτά τα παιδιά χωρίζονται σε 3 ομάδες. Η πρώτη ομάδα τοποθετεί σε 3 γλάστρες φακές και τις ποτίζει την πρώτη με κανονικό νερό, την δεύτερη με νερό ελαφρώς όξινο και την τρίτη με νερό pH κοντά στο 4. Για την προσομοίωση χρησιμοποιούμε ξύδι ως μέσο οξίνισης και τα παιδιά καταγράφουν την ανάπτυξη των φυτών σε φύλλο εργασίας για τις επόμενες 15 μέρες. Η δεύτερη ομάδα κατασκευάζει μια πρωτότυπη γλάστρα για την σωστή ανάπτυξη αβοκάντο. Ο σπόρος του αβοκάντο είναι ευμεγέθης δίνοντας έναν δυνατό ψηλό βλαστό με μεγάλα φύλλα και ρίζα μεγάλη με πολλές διακλαδώσεις. Στις γλάστρες που θα δημιουργήσουν οι μισές θα ποτίζονται με κανονικό νερό, ενώ οι άλλες μισές με νερό και ξύδι. Μετά τις δέκα μέρες όπου αρχίζει η ανάπτυξη, οι μικροί μαθητές αρχίζουν καταγραφή των αποτελεσμάτων για τις επόμενες 15 μέρες σε φύλλο εργασίας. Τέλος η Τρίτη ομάδα θα δημιουργήσει βάση των οδηγιών δύο αυτοσυντηρούμενα terrarium. Τα αυτοσυντηρούμενα terrarium προστίθεται νερό μόνο στην αρχή και κατόπιν του κλεισίματος τους το νερό αυτό ανακυκλώνεται μέσω των φυσικών διεργασιών. Στο ένα terrarium θα έχει προστεθεί κανονικό νερό και στο άλλο νερό με ξύδι ώστε να παρατηρούν οι μικροί μαθητές τις διαφορές στα φυτά καθόλη την διάρκεια της σχολικής χρονιάς.



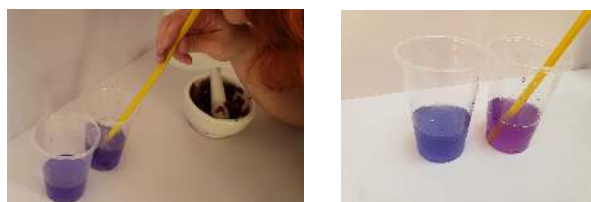
Εικόνα 3: Επιπτώσεις στα φυτά – α) πείραμα με γλάστρες – β) γλάστρα για αβοκάντο –γ) κατασκευή terrarium

Στο πείραμα για τις επιπτώσεις στα ζώα δεν χρησιμοποιούνται ζωντανοί οργανισμοί καθώς υπάρχουν ηθικοί και νομικοί περιορισμοί. Οι μικροί μαθητές χωρίζονται σε δύο ομάδες. Η πρώτη ομάδα χρησιμοποιεί κελύφη από γαστερόποδα (σαλιγκάρια) και μαλάκια. Η δεύτερη ομάδα χρησιμοποιεί αυγά πουλιών (πτηνοτροφείου για να μην βλάψουμε κάτι ζωντανό). Και οι δύο ομάδες εμβαπτίζουν τα υλικά τους σε νερό με ξύδι και καταγράφουν τα αποτελέσματά τους σε φύλλο εργασίας. Καλούνται να αναρωτηθούν τι μπορεί να είναι οι φυσαλίδες που παρατηρούν στην επιφάνεια των αυγών και των κελυφών.



Εικόνα 4: Επιπτώσεις σε ζωικούς οργανισμούς – α) κελύφη σαλιγκαριών – β) αυγά πουλιών

Για να κατανοήσουν τα παιδιά πώς επηρεάζονται τα νερά π.χ. λίμνες από την όξινη βροχή και κατά συνέπεια κι οργανισμοί που ζουν μέσα στο νερό, αλλά και να κατανοήσουν πώς το διοξείδιο του άνθρακα επηρεάζει, οι μικροί μαθητές πραγματοποιούν το εξής πείραμα. Φτιάχνουν βάση οδηγιών δείκτη από κόκκινο λάχανο. Σε δύο διάφανα ποτήρια με νερό βάζουν δυο κουταλάκια του γλυκού από αυτόν τον δείκτη. Κατόπιν φυθούν στο ένα με ένα καλαμάκι. Γνωρίζοντας πως με την εκπνοή τους βγάζουν διοξείδιο του άνθρακα, παρατηρούν την αλλαγή στο χρώμα και προβληματίζονται. Για να συνεχιστεί ο προβληματισμός για το οξύ και πώς αλλάζει τα χρώμα παρακινούμε τα παιδιά να χρωματίσουν μεμπογιές που έχουν κατασκευάσει με το δείκτη κόκκινο λάχανο και την διαφορά στα χρώματα αν βάλουν ξύδι ή μαγειρική σόδα.



Εικόνα 5: Ocean acidification

Οι κατασκευές, ιδίως από μάρμαρο και γύψο δεν μένουν ανεπηρέαστες από την όξινη βροχή. Τα παιδιά βλέπουν φωτογραφίες από αγάλματα που έχουν υποστεί φθορές και μοντελοποιούν την αντίδραση με το παρακάτω πείραμα. Σε τρία δοχεία τοποθετούν κιμωλίες. Στο ένα ποτήρι το νερό είναι κανονικό, στο άλλο ελαφρώς όξινο και στο τρίτο έχει pH γύρω στο 4. Παρατηρούν τις φυσαλίδες που δημιουργούνται, την φθορά που υπάρχει και τέλος ζυγίζουν τις κιμωλίες μετά από ένα χρονικό διάστημα. Το ίδιο πείραμα μπορεί να γίνει με σιδερένιους συνδετήρες ή άλλα υλικά με τα οποία μπορεί να θέλουν να πειραματιστούν τα παιδιά.



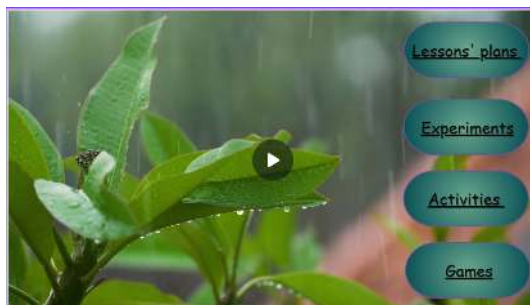
Εικόνα 6: Επιπτώσεις σε υλικά – Πείραμα με κιμωλίες

Τέλος τα παιδιά καλούνται να συζητήσουν (παιχνίδι ζάρι συζήτησης) για τα αίτια και τα αποτελέσματα της όξινης βροχής. Παίζουν online παιχνίδια σχεδιασμένα για την καλύτερη κατανόηση και εμπέδωση αυτών που έμαθαν. Δημιουργούν αφίσες και φυλλάδια για να ευαισθητοποιήσουν άλλους μαθητές στο σχολείο και την τοπική κοινωνία για το πρόβλημα της όξινης βροχής. Με το πρόγραμμα Bookcreator δημιουργούν μια ιστορία βασισμένη σε όλα αυτά που έμαθαν την οποία εικονογραφούν με δικές τους ζωγραφιές ενισχύοντας την φαντασία και την δημιουργικότητά τους.



Εικόνα 7: Online games - α) Escape room –β) snakes & ladders

Όλο το υλικό είναι σχεδιασμένο σε μορφή διαδραστικής παρουσίασης ώστε να είναι οργανωμένο κι εύκολα προσβάσιμο από τους δασκάλους για άμεση εφαρμογή στην τάξη.



Εικόνα 8: Οργάνωση παρουσίασης

Το υλικό καθώς είναι μέρος ενός ευρύτερου project του Science on Stage για την διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών μέσω πειραμάτων στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, θα είναι διαθέσιμο μετά στην σελίδα του project “Save Nature by understanding it” στις αρχές του 2025.

Βιβλιογραφία

1. American Public University, <https://www.apu.apus.edu/area-of-study/education/resources/why-is-early-childhood-education-important-for-children/> (February 2024)
2. EPA, United States Environmental Protection Agency, <https://www.epa.gov/acidrain/effects-acid-rain> (October 2023)
3. EPA, United States Environmental Protection Agency, <https://www.epa.gov/acidrain/what-acid-rain#:~:text=Acid%20rain%20results%20when%20sulfur,form%20sulfuric%20and%20nitric%20acids> (October 2023)
4. Mengying He, Zexun Hua, et al “Effects of simulated acid rain on rhizosphere microorganisms of invasive Alternanthera philoxeroides and native Alternanthera sessilis” Front. Microbiol., 09 September 2022, Sec. Microbe and Virus Interactions with Plants, Volume 13 - 2022 | <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.993147>
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2022.993147/full>
5. Saputri et al 2020 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 485 012091, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/485/1/012091/pdf>
6. Tekyi-Arhin, Oliver. (2023). THE IMPORTANCE OF PLAY-BASED LEARNING IN EARLY CHILDHOOD EDUCATION
10.13140/RG.2.2.35564.64643.<https://www.researchgate.net/publication/368926688>
7. Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Ishikawa_diagram (October 2023)
8. Yan Zhang ^a, Jiahong Li ^b, et al An overview of the direct and indirect effects of acid rain on plants: Relationships among acid rain, soil, microorganisms, and plants, Science of The Total Environment, Volume 873, 15 May 2023, 162388, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969723010045#:~:text=Acid%20rain%20can%20negatively%20affect,et%20al.%2C%202021c>

*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στις συγγραφείς.



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Greece



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Europe

Science on Stage Festival 2024, Turku, Finland

Σχετικά με την έγχρωμη όραση: Εκεί που συναντώνται η φυσική, η φυσιολογία και η τεχνολογία

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

(Highly Commended Programme στην κατηγορία «Προγράμματα STEM χαμηλού κόστους στην εκπαίδευση» και 2^ο Βραβείο 12^{ων} Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών)

Περίληψη

Είναι, ίσως, περιττό να γραφτεί πόσο σημαντική είναι η έγχρωμη όραση, η ικανότητα του ανθρώπου να διακρίνει χρώματα. Η τριχρωματική θεωρία, που οικοδομήθηκε τον 19ο αιώνα με πρωτοπόρους τους Young και Helmholtz, εξηγεί την αντίληψη των χρωμάτων ως το αποτέλεσμα της λειτουργίας των ειδικών φωτοϋποδοχέων που υπάρχουν στον ανθρώπινο αμφιβληστροειδή και ονομάζονται κωνία.

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο την εξοικείωση των μαθητών με τη θεωρία, τη σχέση της με την ανθρώπινη φυσιολογία και τις εφαρμογές της μέσω μίας σειράς πειραματικών δραστηριοτήτων χρησιμοποιώντας κυρίως υλικά χαμηλού κόστους.

Η πρώτη δραστηριότητα αναδεικνύει πως στην πραγματικότητα βλέπουμε ασπρόμαυρα στα άκρα του οπτικού μας πεδίου, καθώς ο αμφιβληστροειδής διαθέτει κωνία μόνο στην κεντρική περιοχή του. Το παράδοξο αυτό γεγονός συγκαλύπτεται χάρη στην επαναλαμβανόμενη σάρωση του χώρου μέσω της κίνησης των οφθαλμών μας.

Η χρήση της τριχρωματικής θεωρίας για την αναπαραγωγή χρωμάτων στις σύγχρονες οθόνες αναδεικνύεται μέσα από δύο δραστηριότητες. Στην πρώτη γίνεται παρατήρηση και συζήτηση για τα χρώματα των τριών σκιών ενός αντικειμένου όταν αυτό φωτίζεται από τρεις λαμπτήρες με κόκκινο, πράσινο και μπλε φως αντίστοιχα. Στη συνέχεια η μικροσκοπική παρατήρηση της οθόνης ενός κινητού τηλεφώνου σε λειτουργία αναδεικνύει το πώς επιτυγχάνεται η απεικόνιση εκατομμυρίων διαφορετικών χρωμάτων με τη χρήση μόλις τριών διαφορετικών ειδών εικονοστοιχείων (pixel).

Ο δίσκος του Benham, στον οποίον διακρίνουμε έγχρωμους δακτυλίους όταν περιστρέφεται ενώ διαθέτει μόνο άσπρες και μαύρες περιοχές, οδηγεί στο συμπέρασμα πως η ταχύτητα αντίδρασης των διαφορετικών τύπων κωνίων δεν είναι η ίδια.

Σε μία άλλη δραστηριότητα ζητείται από τους συμμετέχοντες να κοιτάζουν σταθερά για κάποιο χρονικό διάστημα μια εικόμα με δύο έγχρωμες επιφάνειες. Αμέσως μετά τους παρουσιάζεται μία λευκή επιφάνεια και παρατηρούν πως πλέον αντιλαμβάνονται -αντί για λευκό- το συμπληρωματικό χρώμα κάθε ενός από τα δύο χρώματα που παρατηρούσαν νωρίτερα. Το φαινόμενο, που οφείλεται σε χαρακτηριστικά των κωνίων, είναι η αιτία για την επιλογή των χρωμάτων στους τοίχους των χειρουργείων και στα ρούχα των χειρουργών.

Τέλος, μία πρωτότυπη δραστηριότητα σχετικά με την αντίληψη για τη σύνθεση των χρωμάτων βασίζεται σε έναν μικροελεγκτή Arduino Nano με κατάλληλο κώδικα και ένα RGB LED. Το σύνολο μπορεί να περιστρέφεται με τη βοήθεια μίας φυγοκεντρικής μηχανής. Στόχος της δραστηριότητας είναι να αναδείξει πως η σύνθεση των χρωμάτων πραγματοποιείται μόνο όταν αυτή συμβαίνει στην ίδια περιοχή του αμφιβληστροειδή. Η

συγκεκριμένη παρατήρηση συνοδεύεται από συζήτηση για τον δίσκο του Νεύτωνα και μία ανάλογη δραστηριότητα με αυτόν.

Abstract

It is perhaps unnecessary to say how important colour vision, the ability of man to distinguish colours, is. The trichromatic theory, built up in the 19th century with Young and Helmholtz as pioneers, explains the perception of colours as the result of the function of special photoreceptors present in the human retina called cones.

This project aims to familiarise students with the theory, its relation to human physiology and its applications through a series of experimental activities using mainly low-cost materials.

The first activity highlights that we actually see in black and white at the edges of our visual field, as the retina has cones only in its central region. This paradox is masked by the repeated scanning of space through the movement of our eyes.

The use of trichromatic theory for colour reproduction in modern displays is demonstrated through two activities. In the first, the colours of the three shadows of an object are observed and discussed when it is illuminated by three lamps with red, green and blue light respectively. Next, the microscopic observation of a mobile phone screen in operation highlights how the display of millions of different colours is achieved using just three different types of pixels.

Benham's disc, which shows colour rings when rotated while has only white and black areas, leads to the conclusion that the reaction speed of different types of cones is not the same.

In another activity, participants are asked to look steadily for some time at a picture with two coloured surfaces. Immediately afterwards they are presented with a white surface and observe that they now perceive - instead of white - the complementary colour of each of the two colours they observed earlier. The phenomenon, due to characteristics of cones, is the reason for the choice of colours on the walls of operating rooms and on the surgeons' clothes.

Finally, an original activity on the perception of color composition is based on an Arduino microcontroller with appropriate code and an RGB LED that can be rotated. The aim of the activity is to demonstrate that colour synthesis only takes place when it occurs in the same area of the retina. This observation is accompanied by a discussion of Newton's disc and a similar activity with it.

Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

Η τριχρωματική θεωρία, που αναπτύχθηκε από τους Thomas Young και Hermann von Helmholtz, αποτελεί μία από τις βασικές αρχές της φυσιολογίας της όρασης και της ψυχολογίας του χρώματος. Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία, η ανθρώπινη όραση μπορεί να αναλυθεί σε τρία βασικά χρώματα: το κόκκινο, το πράσινο και το μπλε. Η θεωρία αυτή προτείνει ότι όλα τα χρώματα που αντιλαμβανόμαστε δημιουργούνται μέσω του συνδυασμού αυτών των τριών βασικών χρωμάτων. Ο Young αρχικά παρουσίασε αυτήν την ιδέα το 1802, ενώ ο Helmholtz την επεξεργάστηκε και την τεκμηρίωσε πειραματικά στα μέσα του 19ου αιώνα.

Η τριχρωματική θεωρία βασίζεται στην ιδέα ότι ο αμφιβληστροειδής του ανθρώπινου ματιού περιέχει τρία είδη φωτοευαίσθητων κυττάρων, τα οποία είναι γνωστά ως κωνία. Κάθε τύπος κωνίου είναι ευαίσθητος σε διαφορετικό εύρος μηκών κύματος φωτός, το οποίο

αντιστοιχεί σε ένα από τα τρία βασικά χρώματα. Έτσι, υπάρχουν κωνία που αντιδρούν κυρίως στο φως του κόκκινου, του πράσινου και του μπλε. Όταν ένα αντικείμενο εκπέμπει ή αντανακλά φως, τα κωνία στον αμφιβληστροειδή του ματιού ενεργοποιούνται σε διαφορετικούς βαθμούς ανάλογα με το μήκος κύματος του φωτός, και αυτή η ποικιλία στη διέγερση των κωνίων επιτρέπει στον εγκέφαλο να αντιλαμβάνεται το χρώμα του αντικειμένου (Waldman, 2002).

Αναλυτικότερα, τα τρία είδη κωνίων είναι γνωστά ως S, M και L, που είναι ακρωνύμια των λέξεων Short (κοντό), Medium (μεσαίο) και Long (μακρύ), και αντιστοιχούν στα μήκη κύματος του φωτός στα οποία τα συγκεκριμένα κωνία είναι περισσότερο ευαίσθητα. Τα S κωνία αντιδρούν κυρίως στο μπλε φως (βραχεία μήκη κύματος), τα M κωνία στο πράσινο φως (μεσαία μήκη κύματος), και τα L κωνία στο κόκκινο φως (μακρά μήκη κύματος). Η ενεργοποίηση αυτών των κωνίων σε διάφορους συνδυασμούς και αναλογίες επιτρέπει στον εγκέφαλο να δημιουργήσει ένα ευρύ φάσμα χρωμάτων από αυτές τις τρεις βασικές αποχρώσεις.

Η τριχρωματική θεωρία εξηγεί με επιτυχία πολλές από τις ιδιότητες της ανθρώπινης όρασης, όπως η ανάμιξη χρωμάτων και η αναγνώριση χρωματικών τόνων. Για παράδειγμα, όταν το κόκκινο και το πράσινο φως συνδυάζονται, ενεργοποιούνται τα M και L κωνία, δημιουργώντας την αντίληψη του κίτρινου χρώματος. Αντίστοιχα, όταν ενεργοποιούνται όλα τα κωνία εξίσου, αντιλαμβανόμαστε το λευκό φως. Αυτή η διαδικασία ανάμιξης χρωμάτων είναι η βάση για πολλές πρακτικές εφαρμογές, όπως οι οθόνες ηλεκτρονικών συσκευών που χρησιμοποιούν το σύστημα RGB (Red, Green, Blue) για την αναπαραγωγή χρωμάτων στις διάφορες οθόνες (τηλεοράσεις, μόνιτορ, οθόνες κινητών τηλεφώνων κ.λπ.).

Η σχέση μεταξύ της τριχρωματικής θεωρίας και των κωνίων είναι καθοριστική για την κατανόηση της χρωματικής όρασης. Οι έρευνες που ακολούθησαν την εποχή των Young και Helmholtz επιβεβαίωσαν ότι τα κωνία όντως υπάρχουν στον αμφιβληστροειδή και λειτουργούν με τον τρόπο που πρότεινε η τριχρωματική θεωρία.

Η δυσχρωματοψία είναι μία κατάσταση που συχνά εξηγείται μέσω της τριχρωματικής θεωρίας. Στην περίπτωση της δυσχρωματοψίας, ένα ή περισσότερα είδη κωνίων είτε απουσιάζουν είτε δεν λειτουργούν σωστά, με αποτέλεσμα το άτομο να δυσκολεύεται ή να αδυνατεί να διακρίνει συγκεκριμένα χρώματα. Για παράδειγμα, η πιο κοινή μορφή δυσχρωματοψίας, η οποία επηρεάζει την αντίληψη του κόκκινου και του πράσινου, συνδέεται με τη δυσλειτουργία ή την απουσία των M και L κωνίων.

Παρόλο που η τριχρωματική θεωρία εξηγεί πολλές πτυχές της χρωματικής όρασης, δεν είναι η μόνη θεωρία που έχει προταθεί. Υπάρχουν άλλες θεωρίες, όπως η θεωρία των αντιθέσεων χρωμάτων του Ewald Hering, που προτείνει ότι η αντίληψη των χρωμάτων βασίζεται σε αντιθετικά ζεύγη χρωμάτων (όπως κόκκινο-πράσινο και μπλε-κίτρινο). Παρ' όλα αυτά, η τριχρωματική θεωρία παραμένει η πιο διαδεδομένη και αποτελεί τη βάση για πολλές σύγχρονες τεχνολογίες και εφαρμογές.

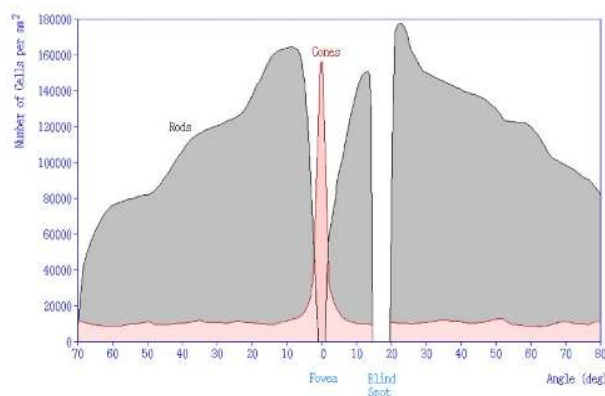
Η σημασία της τριχρωματικής θεωρίας δεν περιορίζεται μόνο στην κατανόηση της ανθρώπινης όρασης, αλλά επεκτείνεται και σε πρακτικούς τομείς όπως η τεχνολογία απεικόνισης και η γραφιστική. Η εφαρμογή της στις οθόνες των υπολογιστών, στις τηλεοράσεις και στους εκτυπωτές επιτρέπει την αναπαραγωγή μιας ευρείας γκάμας χρωμάτων χρησιμοποιώντας μόνο τα τρία βασικά χρώματα της θεωρίας. Αυτή η πρακτική εφαρμογή είναι ένας από τους λόγους που η θεωρία παραμένει τόσο σημαντική μέχρι σήμερα.

Περιγραφή εργασίας

Βλέπουμε χρώματα στην περιφερειακή μας όραση;

Η κατανομή των κωνίων στον αμφιβληστροειδή δεν είναι σταθερή. Όπως φαίνεται στην εικόνα 1 τα κωνία είναι κατανεμημένα σχεδόν αποκλειστικά σε μία περιοχή που σχηματίζει γωνία 10° με την ωχρά κηλίδα. Με άλλα λόγια είμαστε εξαιρετικά ικανοί να αντιλαμβανόμαστε χρώματα σε μία μικρή περιοχή γύρω από το σημείο στο οποίο κοιτάζουμε. Η αντίστοιχη ικανότητα έξω από αυτή την περιοχή είναι σημαντικά χαμηλότερη και στην πραγματικότητα βλέπουμε ασπρόμαυρα στην περιφερειακή μας όραση¹. Βέβαια κάτι τέτοιο είναι δύσκολο να το αποδεχθούμε. Για τον λόγο αυτό προτείνεται η εξής απλή δραστηριότητα: Ζητείται από τους μαθητές να κοιτάζουν σταθερά σε ένα τέτοιο σημείο ώστε ο εκπαιδευτικός να είναι στο άκρο του οπτικού τους πεδίου. Για να βεβαιωθεί πως είναι εντός του πεδίου ο εκπαιδευτικός κουνάει το χέρι του πάνω κάτω και ρωτάει τους μαθητές αν το βλέπουν (χωρίς να στρίψουν το βλέμα τους προς εκείνον). Η κίνηση είναι το μόνο που μπορούμε να αντιληφθούμε στα άκρα του οπτικού μας πεδίου και αν ο εκπαιδευτικός βρίσκεται εντός του οπτικού πεδίου των μαθητών, αυτοί θα δουν το χέρι να κινείται. Στη συνέχεια ο εκπαιδευτικός κρατάει στο χέρι του ένα έγχρωμο αντικείμενο, το οποίο νωρίτερα είχε κάπου κρυμμένο, διαστάσεων περίπου 10 cm x 10 cm και ρωτάει τους μαθητές αν διακρίνουν το χρώμα. Προτείνεται να μην πουν τι χρώμα βλέπουν αλλά μόνο αν το βλέπουν ή όχι, έτσι ώστε να μην επηρεάσουν ο ένας τον άλλον. Ο εκπαιδευτικός μπορεί να μετακινήσει το αντικείμενο έτσι ώστε να πλησιάσει περισσότερο προς την κεντρική περιοχή όρασης των μαθητών και να τους δώσει την ευκαιρία να παρατηρήσουν τότε μπορούν να αναγνωρίσουν το χρώμα.

Ο λόγος που δεν έχουμε επίγνωση του φαινομένου, αν δεν έχουμε παρακολουθήσει κάποια σχετική δραστηριότητα, είναι πως κινούμε ασυναίσθητα και σε τακτά διαστήματα το βλέμα μας στον χώρο που μας περιβάλλει ώστε να αποκτήσουμε εκ νέου πληροφορία για τα χρώματα και τα σχήματα των αντικειμένων γύρω μας.



Εικόνα 1: Κατανομή κωνίων και ραβδίων στον αμφιβληστροειδή²

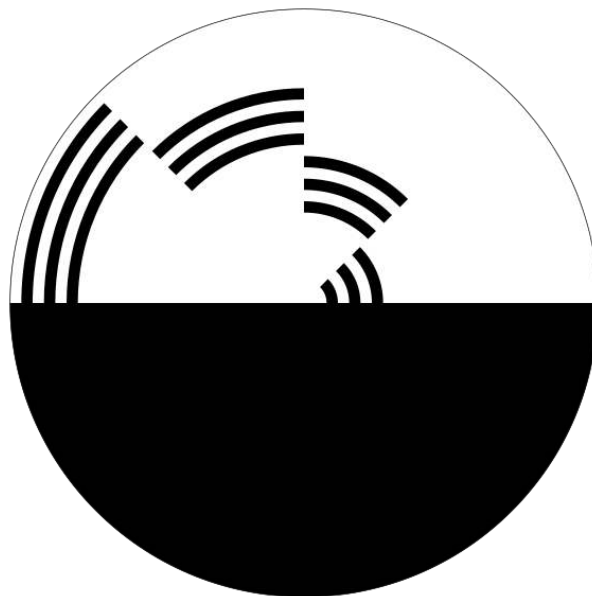
¹ Η μειωμένη ικανότητα χρωματικής αντίληψης στην περιφερειακή όραση πιθανώς οφείλεται σε (ή και σε) άλλες αιτίες πέρα από την κατανομή των κωνίων. Ενδεικτικά βλ. Newton & Eskew, 2003.

² Εισαγωγή εικόνας από:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Distribution_of_Conos_and_Rods_on_Human_Retina.png

Ο δίσκος του Benham

Ο δίσκος του Benham είναι ένα οπτικό φαινόμενο που δημιουργεί την ψευδαίσθηση χρωμάτων σε μια επιφάνεια που είναι στην πραγματικότητα ασπρόμαυρη. Αυτό το φαινόμενο ανακαλύφθηκε το 1894 από τον Charles Benham, έναν Άγγλο δημοσιογράφο και πωλητή παιχνιδιών, ο οποίος δημιούργησε έναν περιστρεφόμενο δίσκο με ένα συγκεκριμένο μοτίβο μαύρων και λευκών τμημάτων (εικόνα 2). Όταν ο δίσκος περιστρέφεται, οι παρατηρητές αναφέρουν ότι βλέπουν δακτυλίους με διάφορα χρώματα, παρά το γεγονός ότι δεν υπάρχει κανένα πραγματικό χρώμα στον ίδιο τον δίσκο.



Εικόνα 2: Ο δίσκος του Benham³

Το φαινόμενο έχει προκαλέσει το έντονο ενδιαφέρον πολλών επιστημονικών ειδικοτήτων (von Campenhausen & Schramme, 1995). Οι ακριβείς λόγοι πίσω από την εμφάνιση των χρωμάτων παραμένουν αντικείμενο έρευνας και θεωρητικών προτάσεων. Μία από τις επικρατέστερες θεωρίες είναι ότι το φαινόμενο οφείλεται στις διαφορές στην αντίδραση των τριών τύπων κωνίων στον αμφιβληστροειδή του ματιού, τα οποία είναι υπεύθυνα για την αντίληψη διαφορετικών μήκων κύματος φωτός. Καθώς ο δίσκος περιστρέφεται, οι διαφορετικές ζώνες μαύρου και λευκού εμφανίζονται στα μάτια με διαφορετικούς ρυθμούς, δημιουργώντας μια ποικιλία χρωματικών εντυπώσεων.

Μία ερμηνεία της λειτουργίας του δίσκου του Benham βασίζεται στην ιδέα της χρονικής ασυμμετρίας των κωνίων. Τα σήματα που στέλνουν τα κωνία στον εγκέφαλο δημιουργούνται από χημικές φωτοαντιδράσεις στο εσωτερικό τους, οι οποίες είναι διαφορετικές στα τρία είδη κωνίων και έχουν διαφορετική ταχύτητα. Όταν, λοιπόν, βλέπουμε τον περιστρεφόμενο δίσκο του Benham κοιτάζουμε άσπρες και μαύρες περιοχές που διαδέχονται η μία την άλλη με μεγάλη συχνότητα. Κανονικά θα έπρεπε τα τρία είδη κωνίων να στέλνουν ταυτόχρονα ισχυρό

³ Εισαγωγή εικόνας από: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Benham_disc_animated.svg

σήμα για τις άσπρες περιοχές και - επίσης ταυτόχρονα - μηδενικό σήμα για τις μαύρες. Ωστόσο, οι διαφορετικές ταχύτητες αντίδρασης στα κωνία προκαλούν μία έλλειψη συγχρονισμού στην αποστολή των σημάτων. Με άλλα λόγια τα σήματα από τα τρία είδη κωνίων δεν είναι ταυτόχρονα μέγιστα ή ελάχιστα, αλλά έχουν κάποιες ενδιάμεσες τιμές και αυτό ερμηνεύεται ως κάποιο χρώμα (Exploratorium Teacher Institute, 2009).

Σημειώνουμε, πάντως, πως παρά το γεγονός ότι έχουν προταθεί διάφορες θεωρίες για την εξήγηση του φαινομένου του δίσκου του Benham, δεν υπάρχει μέχρι σήμερα μια απόλυτα αποδεκτή εξήγηση για όλες τις πλευρές του φαινομένου. Για παράδειγμα, δεν έχει εξηγηθεί το γιατί δεν παρατηρούνται χρώματα αν οι γραμμές των μαύρων τόξων γίνουν παχύτερες.

Αναπαραγωγή χρωμάτων από τα τρία βασικά χρώματα

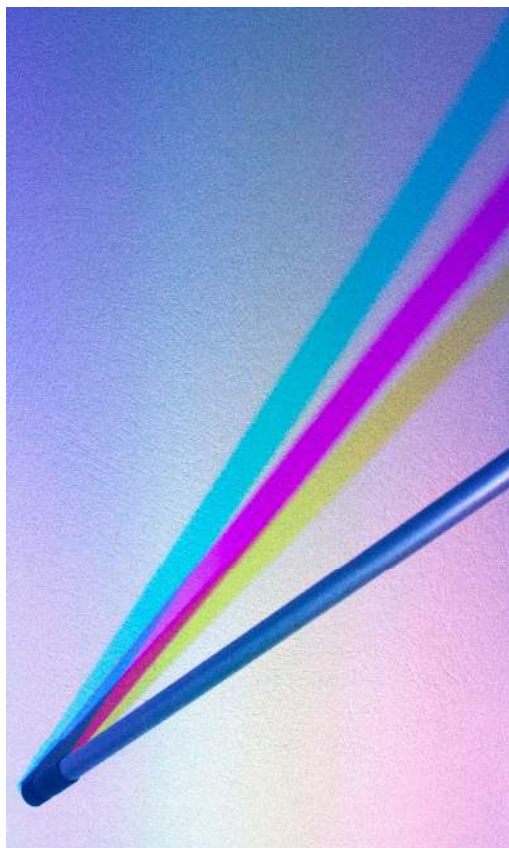
Όταν ένα αντικείμενο φωτίζεται από τρεις λαμπτήρες με κόκκινο, πράσινο και μπλε φως, τότε δημιουργούνται τρεις σκιές που έχουν τα χρώματα κίτρινο, ματζέντα και κυανό (εικόνα 3). Στις περιοχές που σχηματίζονται οι σκιές το αντικείμενο μπλοκάρει το φως από έναν μόνο λαμπτήρα. Συνεπώς η σκιά φωτίζεται από τους άλλους δύο λαμπτήρες και το χρώμα της οφείλεται στην «πρόσθεση» των αντίστοιχων χρωμάτων.

Για παράδειγμα, η σκιά που δημιουργείται όταν το αντικείμενο μπλοκάρει το μπλε φως φαίνεται κίτρινη, διότι τα υπόλοιπα δύο χρώματα (κόκκινο και πράσινο) συνδυάζονται για να σχηματίσουν κίτρινο. Αντίστοιχα, η σκιά που δημιουργείται από την απουσία του κόκκινου φωτός φαίνεται κυανή, καθώς το πράσινο και το μπλε φως συνδυάζονται, ενώ η σκιά από την έλλειψη του πράσινου φωτός φαίνεται ματζέντα, λόγω του συνδυασμού κόκκινου και μπλε φωτός. Ουσιαστικά, το χρώμα κάθε σκιάς είναι το συμπληρωματικό χρώμα του λαμπτήρα το φως του οποίου μπλοκάρεται από το αντικείμενο.



Εικόνα 3: Η διάταξη με τους τρεις λαμπτήρες

Οι σκιές δεν είναι μαύρες, διότι συνεχίζουν να φωτίζονται από το φως των άλλων λαμπτήρων που δεν έχουν αποκλειστεί από το αντικείμενο. Ωστόσο, αν το αντικείμενο έρθει αρκετά κοντά στο πέτασμα, στο οποίο σχηματίζονται οι σκιές, τότε παρατηρούνται αρχικά σκιές με κόκκινο και μπλε χρώμα – καθώς μπλοκάρεται πλέον το φως από δύο λαμπτήρες και όχι μόνο έναν - και τελικά μαύρη σκιά, καθώς μπλοκάρεται το φως από όλους τους λαμπτήρες (εικόνες 4 και 5).



Εικόνα 4: Τρεις σκιές από ένα σκουπόξυλο

Το φαινόμενο παρουσιάζει εξαιρετικό τεχνολογικό ενδιαφέρον γιατί με τη συγκεκριμένη διάταξη δημιουργούνται (σωστότερα: αναπαράγονται) τρία νέα χρώματα χρησιμοποιώντας κάθε φορά δύο από τα τρία χρώματα κόκκινο, πράσινο και μπλε. Στο σημείο αυτό μπορεί να ξεκινήσει μία συζήτηση για το τι θα γίνει αν χρησιμοποιήσουμε και τα τρία χρώματα έχοντας επιπλέον τη δυνατότητα να ελέγχουμε τη φωτεινότητα κάθε λαμπτήρα. Εύκολα γίνεται αντιληπτό πως μία τέτοια διάταξη μας δίνει τη δυνατότητα να αναπαράγουμε έναν σημαντικό αριθμό από χρώματα. Αυτή ακριβώς είναι η ιδέα πίσω από το σύστημα RGB.



Εικόνα 5: Τρεις σκιές από ένα χέρι. Παρατηρήστε τη μπλε και την κόκκινη σκιά στην περιοχή όπου καλύπτονται δύο λαμπτήρες από το χέρι και τη μαύρη σκιά στην περιοχή όπου το χέρι καλύπτει όλους τους λαμπτήρες

Το σύστημα RGB: Ο κόσμος του χρώματος στις οθόνες μας

Το σύστημα RGB, ακρωνύμιο των λέξεων Red (Κόκκινο), Green (Πράσινο) και Blue (Μπλε), αποτελεί τη βάση της αναπαραγωγής χρώματος σε όλες τις ψηφιακές οθόνες, από τους υπολογιστές και τα smartphones μέχρι τις τηλεοράσεις. Αυτό το προσθετικό χρωματικό μοντέλο βασίζεται στην αρχή ότι η ανάμειξη διαφορετικών ποσοστών των τριών βασικών χρωμάτων κόκκινου, πράσινου και μπλε μπορεί να δημιουργήσει οποιοδήποτε άλλο χρώμα ορατό στο ανθρώπινο μάτι. Σε πολλές εφαρμογές, αλλά όχι σε όλες, κάθε χρώμα στο σύστημα RGB αντιπροσωπεύεται από έναν αριθμό μεταξύ 0 και 255, ο οποίος καθορίζει την ένταση του αντίστοιχου βασικού χρώματος. Έτσι, το μαύρο αντιστοιχεί στο (0,0,0) και το λευκό στο (255,255,255). Όλοι οι άλλοι χρωματικοί συνδυασμοί δημιουργούνται από διαφορετικές αναλογίες των τριών βασικών χρωμάτων. Για παράδειγμα, το κόκκινο είναι (255,0,0), το πράσινο (0,255,0) και το μπλε (0,0,255). Οι οθόνες αποτελούνται από εκατομμύρια μικροσκοπικά τετραγωνάκια που ονομάζονται pixels, όρος που προέρχεται από τις λέξεις picture element. Κάθε pixel, με τη σειρά του, αποτελείται από τρία υποpixel: ένα κόκκινο, ένα πράσινο και ένα μπλε. Ελέγχοντας την ένταση του φωτός που εκπέμπεται από κάθε υποpixel, η οθόνη μπορεί να δημιουργήσει οποιοδήποτε χρώμα σε κάθε pixel.

Οι μαθητές μπορούν να παρατηρήσουν εύκολα τα υποpixel στην οθόνη ενός κινητού τηλεφώνου με ένα μικροσκόπιο. Αρκεί να τοποθετήσουν το κινητό στην τράπεζα του μικροσκοπίου και να εστιάσουν στην οθόνη του, ενώ εκείνη προβάλλει μία πολύχρωμη εικόνα. Στην εικόνα 6 φαίνεται ένα εικονίδιο όπως θα το βλέπαμε στην οθόνη του κινητού και στις εικόνες 7 και 8 τα ψηφία 5 και 8 όπως φαίνονται μέσω μικροσκοπικής παρατήρησης. Παρατηρώντας διαφορετικά σημεία της οθόνης είναι εύκολο να διακρίνουν πως υπάρχουν μόνο τρία είδη υποpixel (κόκκινα, πράσινα και μπλε) και πως κάθε χρώμα αναπαράγεται μέσω της διαφορετικών συνδυασμών της φωτεινότητας των τριών χρωμάτων. Π.χ. μία λευκή

περιοχή στην εικόνα παράγεται όταν και τα τρία είδη υποpixel είναι πολύ φωτεινά. Επίσης, οι μαθητές μπορούν να παρατηρήσουν και να συγκρίνουν οθόνες από παλαιότερα και πιο σύγχρονα μοντέλα κινητών τηλεφώνων. Καθώς η ανάλυση των οθονών βελτιώνεται με την πάροδο του χρόνου οι μαθητές θα παρατηρήσουν πως τα υποpixel γίνονται μικρότερα στα πιο νέα μοντέλα, ώστε να χωρούν περισσότερα στην ίδια επιφάνεια⁴.



Εικόνα 6: Εικονίδιο στην οθόνη κινητού τηλεφώνου⁵

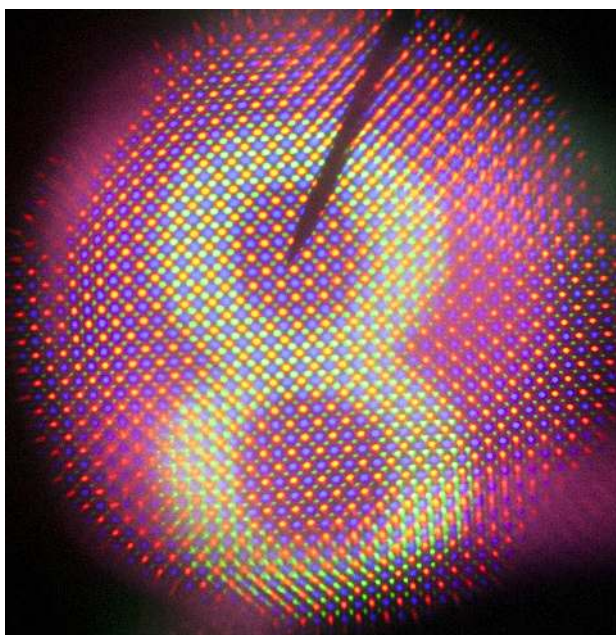


Εικόνα 7: Το ψηφίο 5 όπως φαίνεται μέσω μικροσκοπικής παρατήρησης

⁴ Σε παλαιότερα κινητά με σχετικά χαμηλή ανάλυση και μεγαλύτερα pixel παρατηρείται το εξής φαινόμενο: όταν μία σταγόνα νερού σχηματιστεί πάνω στην οθόνη –ιδανικά πάνω σε μία επιφάνεια που εκπέμπει λευκό φως- τότε παρατηρούνται χρώματα μέσα της. Η σταγόνα δρα ως επιπεδόκυρτος φακός και αναλύει το λευκό φως από την οθόνη στα τρία βασικά χρώματα από τα υποpixel.

⁵ Εισαγωγή εικόνας από:

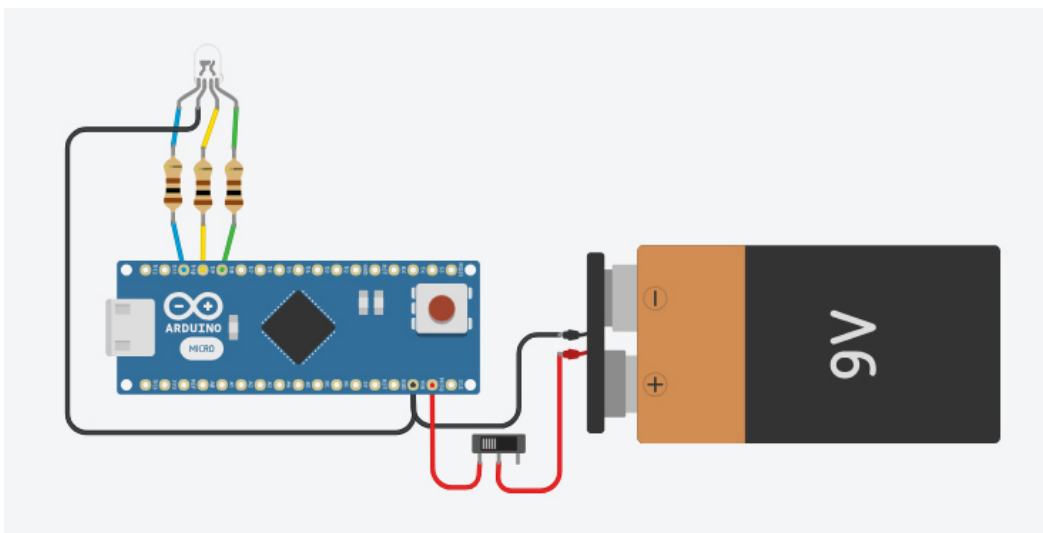
https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mobilityware.Sudoku&hl=en_US&pli=1



Εικόνα 8: Το ψηφίο 8 όπως φαίνεται μέσω μικροσκοπικής παρατήρησης

Μία παράξενη ανάλυση του λευκού φωτός

Ανοίγουμε το πλαστικό κέλυφος ενός άχρηστου οικιακού λαμπτήρα LED, αφαιρούμε το εσωτερικό του και στη θέση του τοποθετούμε το κύκλωμα της εικόνας 9, το οποίο αποτελείται από έναν μικροελεγκτή Arduino Nano με κατάλληλο κώδικα⁶, μία μπαταρία, έναν διακόπτη και ένα RGB LED.



Εικόνα 9: Το κύκλωμα που τοποθετείται μέσα στο κέλυφος του λαμπτήρα

⁶ Ο κώδικας για το Arduino Nano μπορεί να κατέβει από τη διεύθυνση: <https://tinyurl.com/rwxk9hxz>

Ο κώδικας εξασφαλίζει πως κάθε ένα από τα κόκκινο, πράσινο και μπλε LED του RGB LED ανάβουν ξεχωριστά και συγκεκριμένα για 6 ms το καθένα. Η εναλλαγή των LED γίνεται πολύ γρήγορα για να την αντιληφθούμε και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αντιλαμβανόμαστε το LED ως λευκό όταν το κοιτάμε ενώ είναι ακίνητο (εικόνα 10 αριστερά). Αυτό συμβαίνει γιατί το φως από τα τρία LED προβάλλεται στην ίδια μικρή περιοχή του αμφιβληστροειδούς και τα τρία είδη κωνίων της περιοχής στέλνουν σήμα στον εγκέφαλο. Αν, όμως, το σύνολο περιστρέφεται με τη βοήθεια μίας φυγοκεντρικής μηχανής τα LED ανάβουν πλέον σε διαφορετική θέση και προβάλλονται σε άλλες περιοχές του αμφιβληστροειδούς. Το αποτέλεσμα είναι να διακρίνουμε καθαρά τα τρία διαφορετικά χρώματα (εικόνα 10 δεξιά και εικόνα 11). Για να πραγματοποιηθεί σύνθεση των χρωμάτων είναι απαραίτητο αυτά να προβάλλονται στην ίδια περιοχή του αμφιβληστροειδούς.

Το φαινόμενο μπορεί να επιδειχθεί εξίσου πειστικά και ενδεχομένως πιο... διασκεδαστικά με τη βοήθεια ενός δίσκου του Νεύτωνα. Αρκεί να θέσουμε σε περιστροφή τον δίσκο με μία φυγοκεντρική μηχανή ενώ ταυτόχρονα την κινούμε γρήγορα δεξιά αριστερά ή πάνω κάτω. Οι θεατές μπορούν να διακρίνουν τα χρώματα του δίσκου –ίσως όχι διαρκώς αλλά σε αρκετές στιγμές- παρόλο που εκείνος περιστρέφεται, καθώς τα χρώματα δεν προβάλλονται στην ίδια περιοχή του αμφιβληστροειδούς.



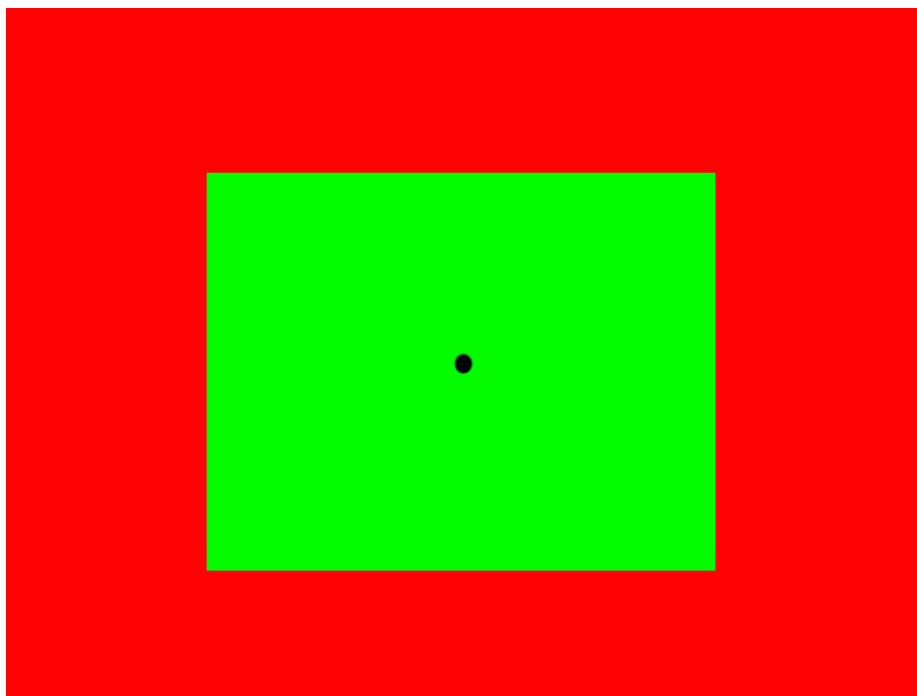
Εικόνα 10: Η διάταξη ακίνητη φαίνεται να εκπέμπει λευκό φως (αριστερά) ενώ κινούμενη φαίνεται να εκπέμπει περιοδικά κόκκινο, πράσινο και μπλε.



Εικόνα 11: Η διάταξη περιστρεφόμενη με φυγοκεντρική μηχανή

Μεταεικόνα ή μεταίσθημα και χρώμα

Οι μαθητές καλούνται να κοιτάζουν για περίπου 15 sec τη μαύρη τελεία στο μέσο της εικόνας 12. Στο τέλος του χρόνου η εικόνα αντικαθίσταται άμεσα με μία λευκή επιφάνεια. Οι μαθητές αντιλαμβάνονται πως αντί για λευκή επιφάνεια βλέπουν ένα ματζέντα (φούξια) παραλληλόγραμμο στη θέση που υπήρχε το πράσινο χρώμα, το οποίο περιβάλλεται από ένα κυανό περίγραμμα στη θέση που υπήρχε το κόκκινο χρώμα. Η συγκεκριμένη οπτική αντίληψη εξασθενεί σταδιακά και μετά από λίγα δευτερόλεπτα οι μαθητές αντιλαμβάνονται την επιφάνεια ως λευκή.



Εικόνα 12: Μοτίβο με πράσινο και κόκκινο χρώμα για τη δημιουργία μεταεικόνας

Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως μεταεικόνα ή μεταίσθημα (afterimage) και είναι αποτέλεσμα της λειτουργίας των κωνίων. Συγκεκριμένα, όταν κοιτάζουμε για παρατεταμένο χρονικό διάστημα μια κόκκινη επιφάνεια, τα κωνία που είναι υπεύθυνα για την αντίχρεση του κόκκινου χρώματος διεγείρονται έντονα. Αυτό οδηγεί στην κόπωση τους, δηλαδή την προσωρινή μείωση της ευαισθησίας τους στο κόκκινο χρώμα.

Όταν στη συνέχεια κοιτάζουμε μια λευκή επιφάνεια, η οποία είναι ουσιαστικά μια συνδυαστική αντανάκλαση όλων των χρωμάτων, τα συγκεκριμένα κωνία ασθενέστερο σήμα στον εγκέφαλο. Εξαιτίας αυτού, ο εγκέφαλος λαμβάνει ισχυρότερη αντίληψη από τα κύτταρα που αντιδρούν στο πράσινο και στο μπλε χρώμα με αποτέλεσμα να σχηματίζεται η αντίληψη του κυανού χρώματος, το οποίο είναι το συμπληρωματικό χρώμα του κόκκινου. Αντίστοιχα, σε κάθε περίπτωση που κοιτάζουμε για αρκετό χρόνο μία επιφάνεια με κάποιο χρώμα και αμέσως μετά βλέπουμε μία λευκή επιφάνεια μας δημιουργείται η αίσθηση του συμπληρωματικού χρώματος της αρχικής επιφάνειας.

Το φαινόμενο αποτελεί την αιτία για την επιλογή κυανών ή κυανοπράσινων αποχρώσεων τόσο στους τοίχους των χειρουργείων όσο και στα ρούχα των χειρουργών (εικόνα 13), σε αντίθεση με τα συνήθη ιατρικά ρούχα που είναι λευκά. Οι χειρουργοί έχουν το βλέμμα τους προσηλωμένο στον ασθενή, με αποτέλεσμα να κοιτάζουν για ώρα κόκκινες επιφάνειες. Αν στον χώρο στον οποίον εργάζονται κυριαρχούσαν τα λευκά χρώματα, τότε θα έβλεπαν παράξενα και ενοχλητικά κυανά σχέδια όποτε απομάκρυναν το βλέμμα τους από τον ασθενή. Για να αποφεύγεται αυτό το δυσάρεστο φαινόμενο έχει ληφθεί φροντίδα ώστε τα πάντα σε ένα χειρουργείο να είναι ήδη κυανά και να μην γίνεται αντιληπτό.



Εικόνα 13: Το κυανό και το κυανοπράσινο είναι τα χρώματα που επιλέγονται στον χώρο των χειρουργείων

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. C. von Campenhausen, J. Schramme: '100 years of Benham's top in colour science', Perception, 24(6), (1995), σελ. 695-717.

2. Exploratorium Teacher Institute: “*The Exploratorium Science Snackbook*” (New York, John Wiley & Sons, 2009).
3. J. R. Newton, R. T. Eskew: ‘*Chromatic detection and discrimination in the periphery: A postreceptoral loss of color sensitivity*’, *Visual Neuroscience*, 20(5), (2003), σελ. 511–521. <https://doi.org/10.1017/s0952523803205058>
4. G. Waldman: ‘*Introduction to Light. The Physics of Light, Vision, and Color*’ (Dover, New York, 2002).

*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στον συγγραφέα.



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Europe

*Science on Stage Festival 2024,
Turku, Finland*

**« Παράξενοι τροχοί, Απίστευτες κινήσεις, από έξυπνα πανκατευθυντικά
κινούμενα ρομπότ»**

**«Strange wheels, incredible movements, from smart omnidirectional
mobile robots»**

*Πούτος Πέτρος, Ηλεκτρολόγος και Ηλεκτρονικός Μηχανικός (ΠΕ84 και ΠΕ83),
1ο ΕΠΑ.Λ – Ε.Κ Σαλαμίνας
[petpoutos\[a\]gmail.com](mailto:petpoutos[a]gmail.com)*

*(5^ο Βραβείο 12^{ων} Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών
και Highlights στο Ευρωπαϊκό Φεστιβάλ)*

Περίληψη

Πρόκειται για μια 100% STEM εργασία μακράς διάρκειας (ενός σχολικού έτους), η οποία έχει συμπεριλάβει στο μέγιστο δυνατό, όλο αυτό που εκφράζει το ακρωνύμιο STEM. Εκπονήθηκε δε τηρώντας την *κυκλική* μεθοδολογία EDP (Engineering Design Process). Περιλαμβάνει τη *μελέτη* με βάση την επιστημονική τεκμηρίωση, στη συνέχεια τον *σχεδιασμό* με βάση την εφικτή οικονομικά τεχνολογία, και τέλος την κατασκευή με βάση τους κανόνες της *μηχανοτρονικής*, δύο ρομποτικών οχημάτων, τα οποία μπορούν να κινούνται προς κάθε κατεύθυνση στο οριζόντιο επίπεδο, χάρη στους *παράξενους* τροχούς τους. Οδηγούνται με τηλεχειρισμό μέσω smart phone, tablet, αλλά έχουν τη δυνατότητα και αυτόνομης λειτουργίας, αποφεύγοντας έτσι με ιδιόμορφο τρόπο, εμποδία που τυχόν θα βρίσκονται στο δρόμο τους.

Τα δύο τελευταία στάδια (σχεδιασμού και κατασκευής), αποτελούν ουσιαστικά το πειραματικό μέρος, με το οποίο εξάγονται συνεχώς συμπεράσματα τα οποία συντελούν στην βελτιστοποίηση της όλης κατασκευής. Το κυριότερο δε, είναι ότι με την πειραματική διαδικασία, προσλαμβάνονται νέα πεδία γνώσεων, νέες δεξιότητες και σημαντική εμπειρία, εξειδικευμένη, αλλά και εκπαιδευτικού περιεχομένου.

Η εργασία περιλαμβάνει δύο ρομποτικά οχήματα. Το πρώτο φέρει τέσσερις τροχούς οι οποίοι ονομάζονται μηχανικοί τροχοί ή mecanum wheels και το δεύτερο κινείται με τρεις τροχούς που ονομάζονται πανκατευθυντικοί τροχοί ή omni wheels. Η πρωτοτυπία των τροχών αυτού του είδους, είναι ότι φέρουν κάθετα στην περιφέρειά τους ένα είδος κυλινδρικών ρόλερς, με γωνία τοποθέτησης 45° και φορά προσανατολισμού δεξιά ή αριστερά (mecanum wheels). Αυτοί οι τροχοί τοποθετούνται πάντα σε διαγώνια ζεύγη στο όχημα και ανάλογα με τη φορά περιστροφής του κάθε ενός ξεχωριστά τροχού, επιτυγχάνονται οι κινήσεις που μπορούν να κινήσουν το όχημα σε οποιοδήποτε σημείο του οριζόντιου επιπέδου με λίγο ανορθόδοξο τρόπο. Οι omni wheels τροχοί, περιλαμβάνουν στη περιφέρειά τους κυλινδρικά ρόλερς αλλά με παράλληλη τοποθέτηση. Τα ρομποτικά οχήματα που χρησιμοποιούν αυτούς τους τροχούς μπορούν να φέρουν από 3 τροχούς το ελάχιστο, σε τοποθέτηση στις κορυφές ενός ισόπλευρου τριγώνου. Αν είναι 4 τροχών, τότε τοποθετούνται στις κορυφές ενός τετραγώνου. Με περισσότερους τροχούς στις κορυφές ενός κανονικού πολυγώνου. Τα οχήματα αυτά κινούνται στο επίπεδο με βάση τη φορά περιστροφής των τροχών, αλλά και με το μέτρο της ταχύτητας περιστροφής του καθενός.

Αυτό που πρέπει να αναφερθεί είναι ότι αυτού του τύπου τα ρομποτικά οχήματα, κινούνται μόνο σε απόλυτα επίπεδες και λείες επιφάνειες.

Τα ρομποτικά οχήματα αυτού του είδους εκτός από επιστημονικό – ερευνητικό – ενδιαφέρον, λόγω ρομποτικής τεχνολογίας και όχι μόνο, έχουν εφαρμογή στην ιατρική με κατασκευή αμαξιδίων που εξυπηρετούν συνανθρώπους μας με κινητικές ανάγκες, επίσης έχουν εφαρμογή στη βιομηχανία στη μεταφορά μεγάλου όγκου και μεγάλου βάρους αντικειμένων σε μεγάλες αποθήκες (logistics), με μεταφορικά οχήματα τύπου clarks, καθώς και στην αυτοματοποίηση και την εξοικονόμηση χρόνου μεταφορών και διευθέτησης σε μεγάλα βιομηχανικά και αποθηκευτικά περιβάλλοντα.

Abstract

It is a 100% STEM project of long duration (a school year), which has included as much as possible, all that the acronym STEM expresses. It was prepared following the circular EDP (Engineering Design Process) methodology. It involves the study based on scientific documentation, then the design based on economically feasible technology, and finally the construction based on the rules of mechatronics of two robotic vehicles, which can move in any direction in the horizontal plane, thanks to the strange wheels their. They are driven by remote control via smart phone, tablet, but they also have the possibility of autonomous operation, thus avoiding in a peculiar way, obstacles that may be in their way.

The last two stages - design and construction - essentially constitute the experimental part, with which conclusions are constantly drawn which contribute to the optimization of the entire construction. The main thing is that with the experimental process, new fields of knowledge, new skills and important experience, both specialized and educational, are received.

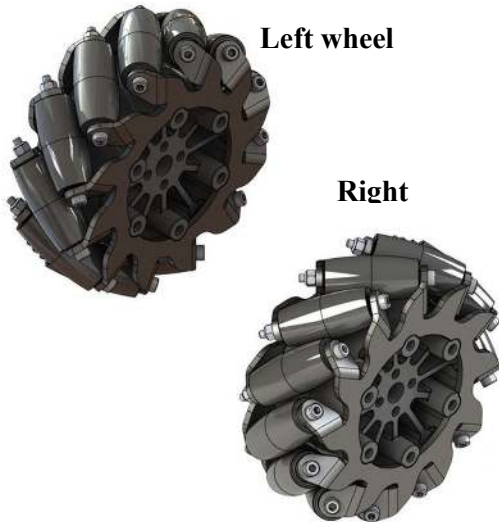
The project include two robotic vehicles. The first has four wheels called mechanical wheels or mecanum wheels and the second moves with three wheels called omni wheels. The originality of wheels of this type is that they carry a type of cylindrical rollers vertically on their circumference, with a mounting angle of 45° and right or left direction (mecanum wheels). These wheels are always placed in diagonal pairs on the vehicle, and depending on the direction of rotation of each individual wheel, movements are achieved that can move the vehicle to any point on the horizontal plane in a somewhat unorthodox manner. The omni wheels include cylindrical rollers in their circumference but with parallel positioning. Robotic vehicles using these wheels can carry a minimum of 3 wheels, positioned at the vertices of an equilateral triangle. If they are 4 wheels, then they are placed on the vertices of a square. With more wheels on the vertices of a regular polygon. These vehicles move on the level based on the direction of rotation of the wheels, but also on the rotation speed of each one.

What should be mentioned is that robotic vehicles of this type, only move on perfectly flat and smooth surfaces.

Robotic vehicles of this kind, in addition to being of scientific - research - interest, due to robotic technology and not only, have application in medicine by manufacturing wheelchairs that serve our fellow human beings with mobility needs, also have application in industry in the transport of large volume and heavy objects in large warehouses (logistics), with clarks type transport vehicles, as well as in the automation and time saving of transport and arrangement in large industrial and storage environments.

Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

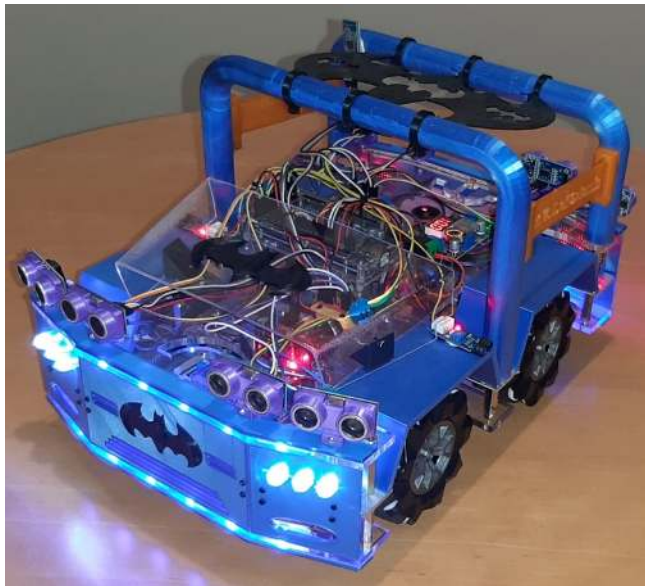
Τα ρομποτικά οχήματα που περιλαμβάνει η παρούσα εργασία είναι δύο. Το πρώτο φέρει 4 μηχανικούς τροχούς, *mecanum wheels* και το δεύτερο φέρει 3 τροχούς οι οποίοι ονομάζονται *omni wheels*.



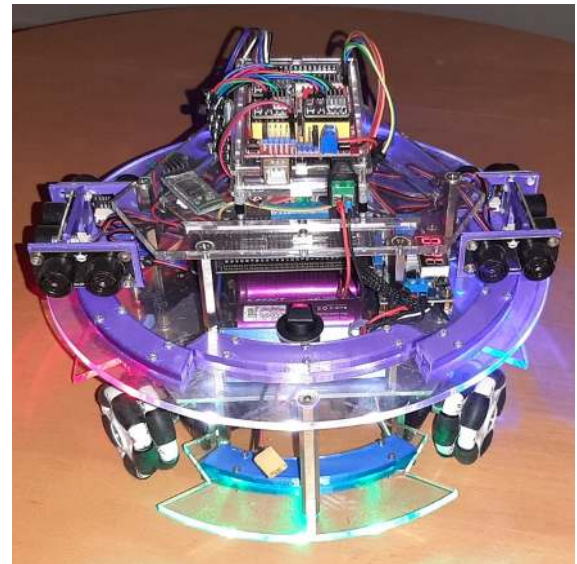
Εικόνα 1. Mecanum Wheels



Εικόνα 2. Omni Wheel



Εικόνα 3. Mecanum Wheels mobile robot



Εικόνα 4. Omni Wheels mobile robot

Στις παραπάνω εικόνες (εικόνα 1 και εικόνα 2) φαίνονται οι τροχοί που χρησιμοποιούνται στα κινούμενα ρομποτικά οχήματα της παρούσας εργασίας (εικόνες 3 και 4).

Η θεωρητική ανάλυση και θεμελίωση περιλαμβάνει την κινηματική ανάλυση και σύνθεση των διανυσμάτων ταχύτητας των τροχών και εν συνεχεία ολόκληρου του οχήματος. Στη συνέχεια εξάγεται το ευθύ κινηματικό πρόβλημα και έπειτα το αντίστροφο κινηματικό πρόβλημα.

Προφανώς για προβλήματα ρομποτικής π.χ ρομποτικών βραχιόνων, drones, ROV, UAV κ.τ.λ η όλη ανάλυση πραγματοποιείται στον τρισδιάστατο χώρο X,Y,Z όπου και κινούνται τα παραπάνω, στη παρούσα εργασία όμως, ναι μεν η ανάλυση πραγματοποιείται στον τρισδιάστατο χώρο, αλλά στον άξονα Z τοποθετείται ένα διάνυσμα το οποίο «περιγράφει» την περιστροφή του οχήματος γύρω απ' το γεωμετρικό κέντρο του. Στο επίπεδο X,Y «περιγράφονται» οι κινήσεις που μπορεί να επιτύχει το όχημα.

Περίληπτικά:

Το ευθύ κινηματικό πρόβλημα έχει ως εξής: Με γνωστές τις γωνιακές ταχύτητες $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$, των τροχών και την κατεύθυνση περιστροφής τους, «συντάσσεται» το σύστημα εξισώσεων με αγνώστους τα διανύσματα των ταχυτήτων V_x, V_y και V_z με V_z όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Έτσι λοιπόν υπολογίζεται η κατεύθυνση του κέντρου του οχήματος στο επίπεδο, καθώς και περιστροφή του.

Το αντίστροφο κινηματικό πρόβλημα τώρα: Με γνωστά τα V_x, V_y και V_z δηλαδή ουσιαστικά την *επιθυμητή κατεύθυνση του οχήματος*, υπολογίζονται οι γωνιακές ταχύτητες $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ των τροχών, προφανώς και η φορά περιστροφής τους που χρειάζεται ώστε να κινηθεί το όχημα κατά την επιθυμητή κατεύθυνση.

Αυτή είναι η γενική μέθοδος που χρησιμοποιείται στα κινούμενα ρομποτικά συστήματα τέτοιου είδους. Αντίστοιχα με τα παραπάνω ισχύουν και για το όχημα με τρεις τροχούς.

Αυτό που ενδιαφέρει περισσότερο στη παρούσα εργασία, είναι προφανώς το *αντίστροφο κινηματικό πρόβλημα*, ώστε να εξαχθούν οι εξισώσεις υπολογισμού των γωνιακών ταχυτήτων των τροχών και να γραφούν στον κώδικα που θα *κατεβεί* στη μνήμη του μικροεπεξεργαστή *ελέγχοντας* έτσι την γωνιακή ταχύτητα των κινητήρων των τροχών. Αυτό βέβαια είναι το βασικό κομμάτι του κώδικα αλλά υπάρχουν και πολλές άλλες παράμετροι όπως είναι οι αισθητήρες απόστασης, οι χρόνοι απόκρισης κ.τ.λ ώστε να υπάρχει και κάποιου είδους αυτόνομη λειτουργία του ρομποτικού οχήματος.

Ρομποτικό όχημα με Mecanum Wheels

Αρχικά θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι mecanum wheels όταν περιστραφούν με γωνιακή ταχύτητα ω_{wi} στην περιφέρειά τους προκύπτουν δύο γραμμικές ταχύτητες:

$V_{iw} = \omega_{wi} \times r_w$ (1) γραμμική ταχύτητα τροχού (όπου w: wheel, i: αριθμός τροχού, r_w : ακτίνα τροχού)

$V_{ir} = \omega_{ri} \times r_r$ (2) γραμμική ταχύτητα rollers (όπου r: roller, r_r : ακτίνα roller)

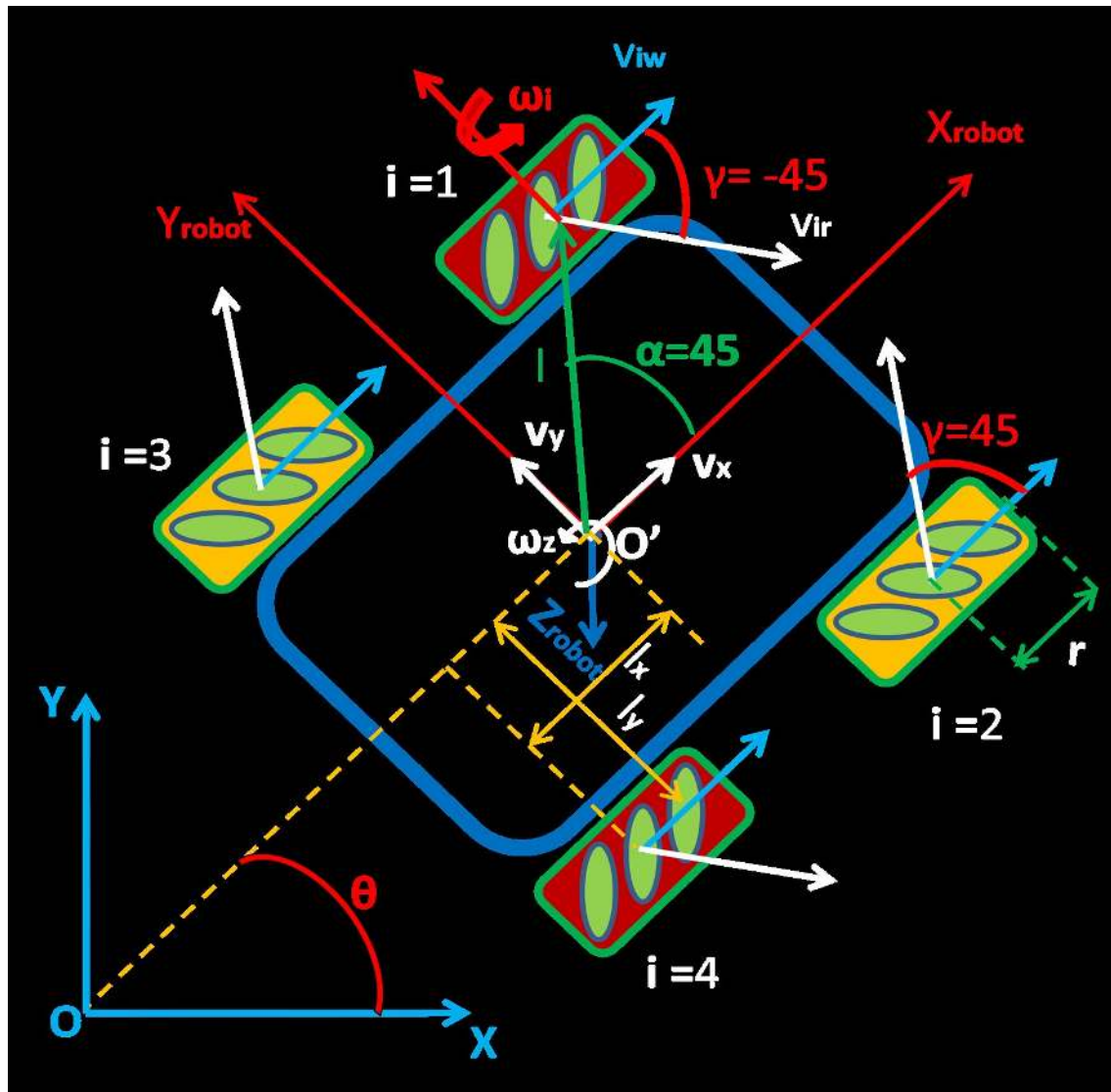
Η γωνιακή ταχύτητα ω_{ri} προκύπτει απ' την τριβή του roller με το έδαφος.

Συνεπώς κάθε τροχός έχει συνισταμένη γραμμική ταχύτητα που προκύπτει απ' τον συνδυασμό των δύο γραμμικών ταχυτήτων V_{iw} , V_{ir} .

Τα rollers είναι τοποθετημένα κάθετα στην περιφέρεια του τροχού αλλά με γωνία 45° και **φορά δεξιά** στον αριστερό τύπο τροχού και με **φορά αριστερή** στον δεξιό τύπο τροχού.

Οι τροχοί στο όχημα τοποθετούνται πάντα σε ζεύγη και διαγώνια.

Η παρακάτω εικόνα δείχνει ακριβώς τόσο την τοποθέτηση των τροχών στο όχημα, αλλά και τα διανύσματα των ταχυτήτων.



Εικόνα 5. 4WD mecanum wheels mobile robot διανύσματα ταχυτήτων

Για το **ευθύ κινηματικό πρόβλημα** οι εξισώσεις των V_x, V_y, ω_z είναι:

$$\begin{aligned} V_x &= (\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \omega_4) \cdot \frac{r}{4} \\ V_y &= (-\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 - \omega_4) \cdot \frac{r}{4} \\ \omega_z &= (-\omega_1 + \omega_2 - \omega_3 + \omega_4) \cdot \frac{r}{4(l_x + l_y)} \end{aligned} \quad (1)$$

ή με τη μορφή πίνακα

$$(2) \quad \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ \omega_z \end{bmatrix} = \frac{r}{4} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \\ -\frac{1}{(l_x+l_y)} & \frac{1}{(l_x+l_y)} & -\frac{1}{(l_x+l_y)} & \frac{1}{(l_x+l_y)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \\ \omega_4 \end{bmatrix}$$

Όπως φαίνεται στο προηγούμενο σύστημα εξισώσεων (2) κανένα στοιχείο της Ιακωβιανής μήτρας (J) του συστήματος δεν είναι μηδέν. Συνεπώς ο βαθμός της $\text{rank}(J) = 3$ συνεχώς.

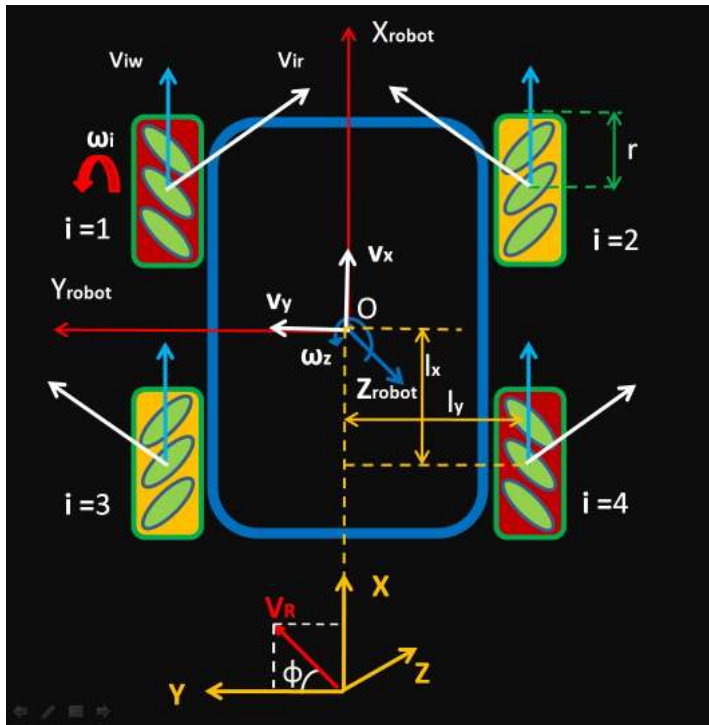
Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα έχει τρεις βαθμούς ελευθερίας. Άρα μπορεί να κινηθεί προς όλες τις κατευθύνσεις (*omnidirection mobile robot*).

Το αντίστροφο κινηματικό πρόβλημα προκύπτει με την αντιστροφή του παραπάνω πίνακα (2) και δίνει τις εξισώσεις για υπολογισμό των γωνιακών ταχυτήτων του κάθε τροχού.

$$\begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \\ \omega_4 \end{bmatrix} = \frac{1}{r} \begin{bmatrix} 1 & -1 & -(l_x + l_y) \\ 1 & 1 & (l_x + l_y) \\ 1 & 1 & -(l_x + l_y) \\ 1 & -1 & (l_x + l_y) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ \omega_z \end{bmatrix} \quad (3)$$

Συνεπώς το σύστημα σε μορφή εξισώσεων θα είναι:

$$\begin{aligned} \omega_1 &= V_x - V_y - (l_x + l_y)\omega_z \\ \omega_2 &= V_x + V_y + (l_x + l_y)\omega_z \\ \omega_3 &= V_x + V_y - (l_x + l_y)\omega_z \\ \omega_4 &= V_x - V_y + (l_x + l_y)\omega_z \end{aligned} \quad (4)$$



Η προκύπτουσα ταχύτητα του κέντρου του ρομποτικού οχήματος V_R , κι η κατεύθυνσή της φ στο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων (x,y,z) , ορίζονται με τις ακόλουθες εξισώσεις: (5)

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{V_x}{V_y} \right)$$

$$V_R = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

Εικόνα 6. Προκύπτουσα κατεύθυνση του ρομποτικού οχήματος

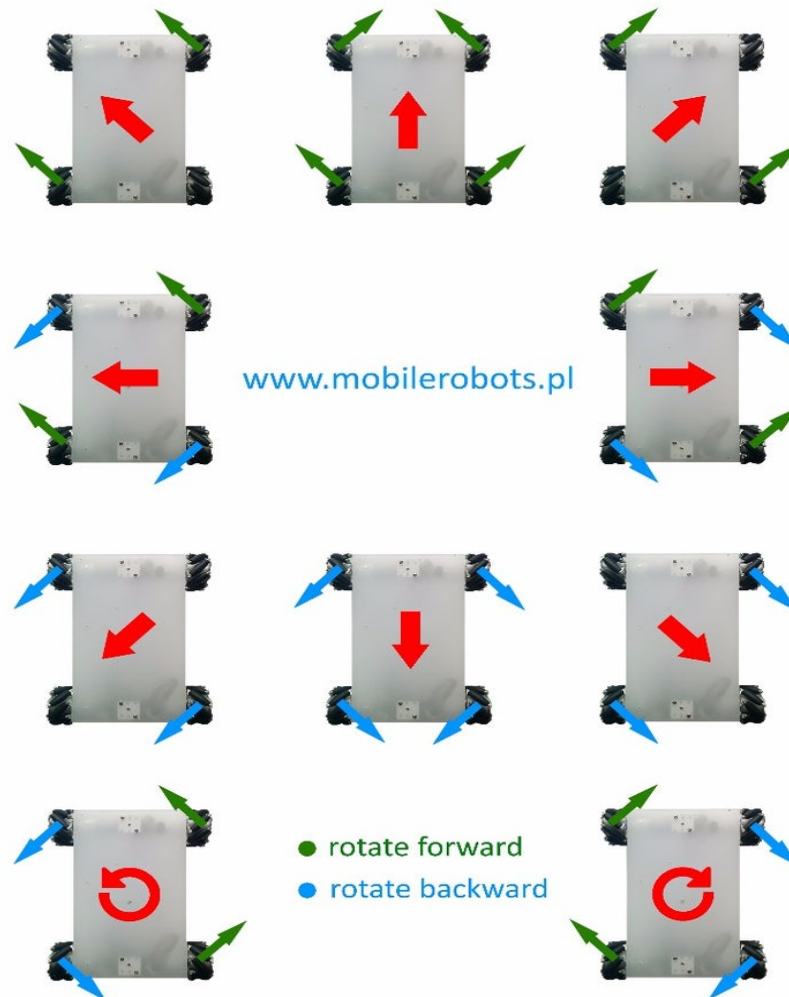
Παράδειγμα

Με κανονικοποιημένες τιμές ταχυτήτων αν θέλουμε να κινηθεί το όχημα π.χ διαγώνια δεξιά με γωνία $\varphi = -45^\circ$ και χωρίς περιστροφή του οχήματος $\omega_z = 0$, τότε απ' τις εξισώσεις (5) προκύπτει $\left(\frac{V_x}{V_y}\right) = -1$ δηλαδή $V_x = -V_y$. Αν υποθέσουμε ότι $V_x = 1$ και ομοίως $V_y = -1$ τότε $V_R = \sqrt{2}$.

Αν επιλύσουμε τις εξισώσεις (4) του αντίστροφου κινηματικού προβλήματος με τα παραπάνω δεδομένα θα έχουμε: $\omega_1 = 2$, $\omega_2 = 0$, $\omega_3 = 0$, $\omega_4 = 2$ που σημαίνει ότι θα περιστρέφονται οι τροχοί $i=1$ και $i=4$, και οι άλλοι δύο θα είναι ακίνητοι. Θα περιστρέφονται μόνο τα ρόλερ τους απ' την τριβή.

Αυτές οι εξισώσεις λοιπόν γράφονται στον κώδικα του μικροελεγκτή και με βάση τις επιθυμητές κινήσεις που «δίνουμε», τότε υπολογίζονται και οι ταχύτητες κάθε τροχού και το όχημα κινείται στην επιθυμητή κατεύθυνση.

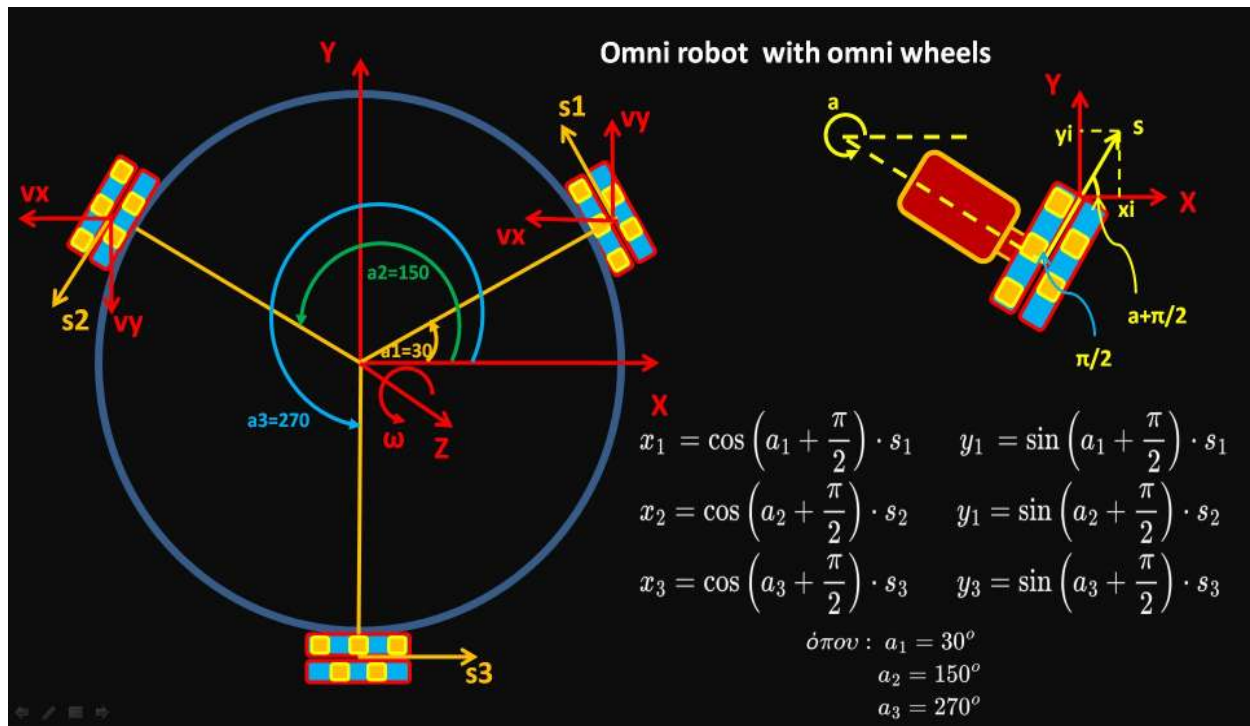
Μερικές απ' τις βασικές κινήσεις του 4WD mecanum wheels robot φαίνονται στην παρακάτω Εικόνα 7



Εικόνα 7. Βασικές κινήσεις 4WD mecanum wheels mobile robot

Ρομποτικό όχημα με omni Wheels

Το ρομποτικό όχημα με omni wheels, κινείται με τρεις τροχούς οι οποίοι βρίσκονται τοποθετημένοι στις κορυφές ενός ισόπλευρου τριγώνου, οι άξονες δηλαδή κάθε τροχού, βρίσκονται ανά 120° τοποθετημένοι στην περιφέρεια ενός κύκλου όπως φαίνεται στη παρακάτω εικόνα (8)



Εικόνα 8. Τοποθέτηση τροχών (omni wheels) στο ρομποτικό όχημα και η διανυσματική ανάλυση ταχυτήτων

Από την παραπάνω εικόνα προκύπτει για την **ανάλυση** των διανυσμάτων των ταχυτήτων s_i των τροχών, στο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων (XOY), x_i, y_i .

$$\begin{aligned}
 x_1 &= -0.5 & x_2 &= -0.5 & x_3 &= 1 \\
 y_1 &= 0.866 & y_2 &= -0.866 & y_3 &= 0
 \end{aligned} \quad (6)$$

Για το **ευθύ κινηματικό πρόβλημα** το σύστημα των εξισώσεων των διανυσμάτων x, y, ω (όπου ω αντί για τον άξονα Z παριστά την περιστροφή του οχήματος γύρω απ' το κέντρο του). δίνονται παρακάτω με τη μορφή πίνακα. (7)

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ \omega \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \\ y_1 & y_2 & y_3 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \end{bmatrix} \xrightarrow{(6)} \begin{bmatrix} x \\ y \\ \omega \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.5 & -0.5 & 1 \\ 0.866 & -0.866 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Για το **αντίστροφο κινηματικό πρόβλημα** το σύστημα των εξισώσεων των διανυσμάτων των ταχυτήτων s_1, s_2, s_3 φαίνεται παρακάτω με τη μορφή πίνακα (σχέση (8)) και με τη μορφή εξισώσεων (9) οι οποίες έχουν προκύψει με αντιστροφή της παραπάνω μήτρας του συστήματος.

$$\begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.33 & 0.58 & 0.33 \\ -0.33 & -0.58 & 0.33 \\ 0.67 & 0 & 0.33 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ \omega \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} s_1 &= -0.33 \cdot x + 0.58 \cdot y + 0.33 \cdot \omega \\ s_2 &= -0.33 \cdot x - 0.58 \cdot y + 0.33 \cdot \omega \\ s_3 &= 0.67 \cdot x + 0 \cdot y + 0.33 \cdot \omega \end{aligned} \quad (9)$$

Για τη περιστροφή του οχήματος ως προς το κέντρο του είτε δεξιά είτε αριστερά ισχύει η παρακάτω σχέση (10) με απόλυτες τιμές φυσικά.

$$|\omega| = |s_1| + |s_2| + |s_3| \quad (10)$$

Προφανώς η προκύπτουσα ταχύτητα V_R του κέντρου του οχήματος καθώς και η κατεύθυνσή της φ στο καρτεσιανό σύστημα (X,Y,Z) δίνονται πάλι όπως και στο προηγούμενο όχημα απ' τις εξισώσεις (11).

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{V_x}{V_y} \right) \quad (11)$$

$$V_R = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

Παραδείγματα:

1^ο Έστω η ότι η επιθυμητή κίνηση είναι διαγώνια δεξιά με $\varphi=45^\circ$, χωρίς περιστροφή του οχήματος $\omega = 0$. Συνεπώς από την (11) προκύπτει $V_x = V_y$ και έστω κανονικοποιημένη ταχύτητα $V_x = V_y = 1$, η ταχύτητα που θα κινηθεί το όχημα θα είναι προφανώς $V_R = \sqrt{2}$. Από το σύστημα εξισώσεων (9) προκύπτει για τις γραμμικές ταχύτητες των τροχών S_1, S_2, S_3 , για τιμές $V_x = V_y = 1, \omega = 0$

$$S_1 = -0.33 + 0.58 + 0 = \mathbf{0.25}, \quad S_2 = -0.33 - 0.58 + 0 = \mathbf{-0.91}, \quad S_3 = 0.67 + 0 + 0 = \mathbf{0.67}.$$

Τα πρόσημα φανερώνουν τη φορά περιστροφής των τροχών.

2^ο Έστω η ότι η επιθυμητή κίνηση είναι ευθεία μπροστά με $\varphi=90^\circ$ (κατά τον άξονα των Y), χωρίς περιστροφή του οχήματος $\omega = 0$. Συνεπώς από την (11) προκύπτει $V_x = 0$ και έστω κανονικοποιημένη ταχύτητα $V_y = 1$, η ταχύτητα που θα κινηθεί το όχημα θα είναι προφανώς $V_R = 1$. Από το σύστημα εξισώσεων (9) προκύπτει για τις γραμμικές ταχύτητες των τροχών S_1, S_2, S_3 , για τιμές $V_x = 0, V_y = 1, \omega = 0$

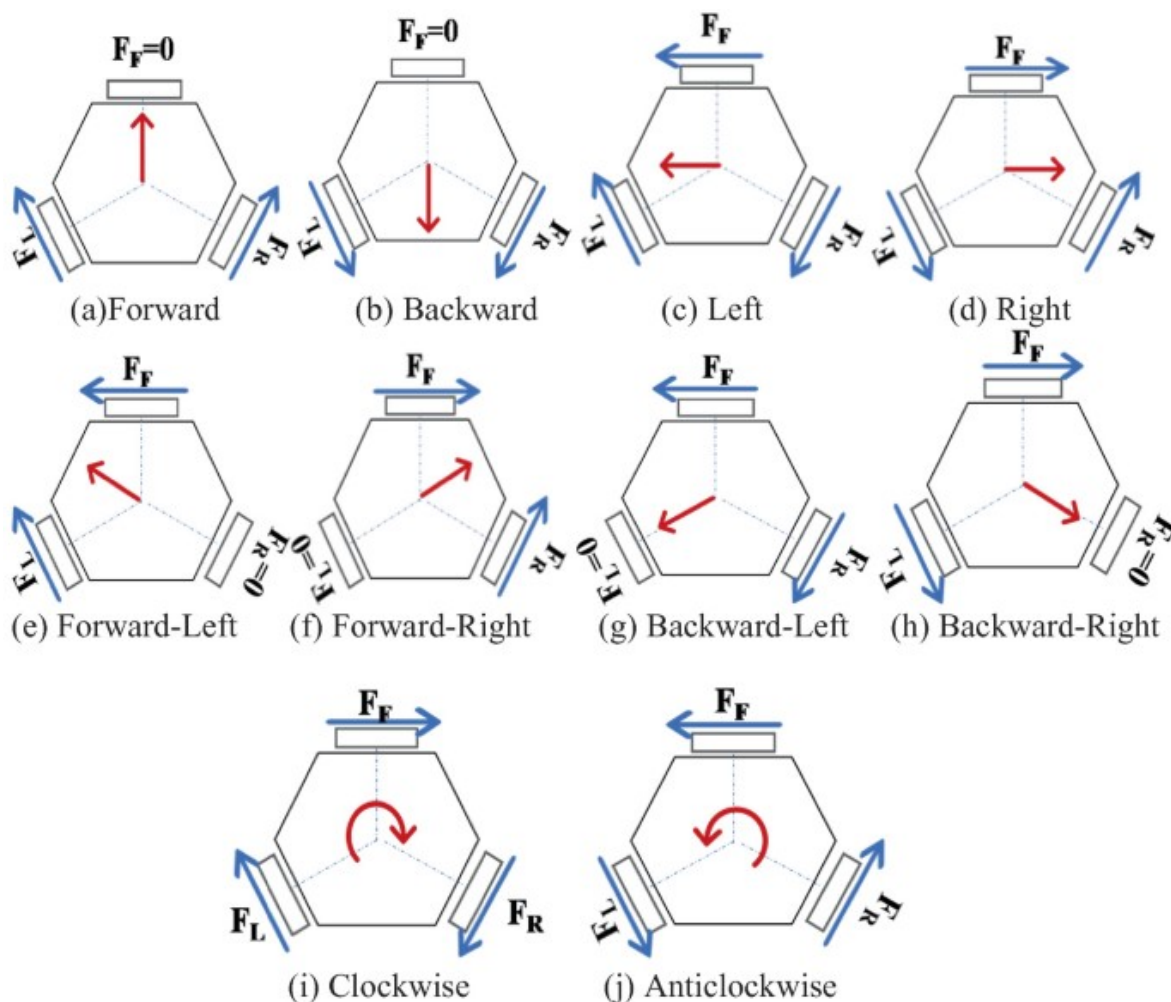
$$S_1 = 0 + 0.58 + 0 = \mathbf{0.58}, \quad S_2 = 0 - 0.58 + 0 = \mathbf{-0.58}, \quad S_3 = 0 + 0 + 0 = \mathbf{0}.$$

Αυτό σημαίνει ότι θα περιστρέφονται οι τροχοί δεξιά και αριστερά (S_1, S_2) με την ίδια ταχύτητα **0.58** αλλά ο τρίτος τροχός που είναι κάθετος στη κίνηση του οχήματος, θα παραμένει ακίνητος και θα «**σύρεται**» αλλά με πολύ μειωμένη τριβή λόγω του **ρόλερ**.

Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι οι ταχύτητες των τροχών πρέπει να είναι πολύ ακριβείς, γι' αυτό συνήθως σε αυτού του τύπου ρομποτικά οχήματα, χρησιμοποιούνται είτε βηματικοί κινητήρες με όσο το δυνατόν μικρότερο βήμα, είτε κινητήρες με encoders χρησιμοποιώντας

ταυτόχρονα στον κώδικα, ρουτίνες με PID controllers ώστε να ελέγχονται άμεσα οι στροφές των κινητήρων.

Μερικές απ' τις βασικές κινήσεις του 3WD omni wheels mobile robot φαίνονται στη παρακάτω εικόνα 9.



Εικόνα 9. Βασικές κινήσεις 3WD omni wheels mobile robot

Περιγραφή Εργασίας

Σχεδιασμός

Ο σχεδιασμός των πλατφορμών των ρομποτικών οχημάτων πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό AutoCad λαμβάνοντας υπ' όψη τις διαστάσεις των μηχανικών, ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών εξαρτημάτων. Η ρομποτική πλατφόρμα του 4WD οχήματος, αποτελείται από τρία παράλληλα επίπεδα σε σχήμα παραλληλογράμμου με τις απαραίτητες εγκοπές για τους τροχούς και τους κινητήρες. Στη συνέχεια τα υπόλοιπα πρόσθετα κομμάτια (προφύλαξη τροχών, μάσκες, στηρίγματα αισθητήρων απόστασης, roll bars, και μερικά μέρη κυρίως για την

αισθητική εμφάνιση όπως logo κ.τ.λ) σχεδιάστηκαν με την ελεύθερη online πλατφόρμα Tinkercad (.stl , 3D design) για να εκτυπωθούν σε 3D εκτυπωτή.

Η ρομποτική πλατφόρμα του 3WD οχήματος σχεδιάστηκε με σχήμα κυκλικού δίσκου σε δύο παράλληλα επίπεδα και ένα ακόμα παράλληλο τμήμα σε σχήμα ισόπλευρου τριγώνου, όλα με τις κατάλληλες εγκοπές για την τοποθέτηση των αντίστοιχων εξαρτημάτων.

Κατασκευή ρομποτικών πλατφορμών

Υλικά κατασκευής : Φύλλο αλουμινίου 4mm , Plexiglas 5mm, filament PETG για τα τμήματα 3D εκτύπωσης.

Μηχανική επεξεργασία: Κοπή με leaser cutter (αλουμίνιο και Plexiglas) και 3D εκτύπωση για τα υπόλοιπα τμήματα.

Εξαρτήματα μηχανοτρονικής.

4WD robot vehicle:

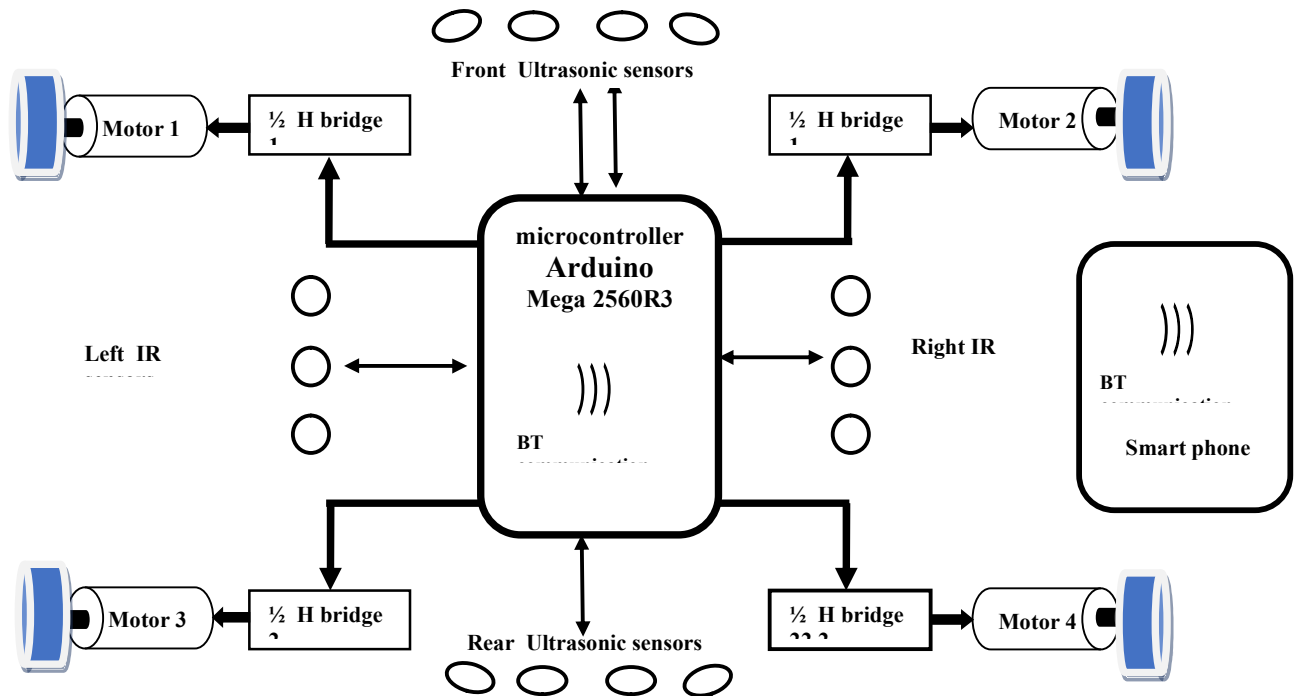
1. 4X DC motor 12V, 100rpm, 9Kgcm
2. 4X mecanum wheel D = 97mm diameter, 9 rollers
3. 2X H bridge L298N 12V,2A
4. 1XRelay module 4 channel 5V
5. 2X Step Down DC-DC converter 5-32V 5A
6. 1X Prototype Board Double-Sided - Breadboard Style 400
7. 8X Ultrasonic Sensor module 2-400cm distance range
8. 6X Infrared distance sensor module
9. 1X Arduino Mega 2560 Rev3
10. 1X Bluetooth module JDY-23 Version BT 5.0
11. 12X 10mm led, 2m RGB led strip
12. 4X 18650 Li-Ion 3200mA battery, 1X 18650 4 battery pack

3WD robot vehicle:

1. 3X Stepper motor NEMA 17 200steps, 1,8°/step, 4,5Kgcm 2,5A
2. 3X omni wheel 60mm diameter, 5 rollers
3. 1X Arduino CNC Shield V3
4. 3X DVR 8825 Stepper Driver
5. 1X Arduino Mega 2560 Rev3
6. 1X Bluetooth module JDY-23 Version BT 5.0
7. 1X Prototype Board Double-Sided - Breadboard Style 400
8. 6X Ultrasonic Sensor module 2-500cm distance range, analog output
9. 2m RGB led strip
10. 2X Step Down DC-DC converter 5-32V 5A
11. 4X 26650 Li-Ion 5200mA battery 3.7V, 1X 26650 4 battery pack

Περιγραφή λειτουργίας ρομποτικών οχημάτων, με χρήση λειτουργικών διαγραμμάτων.

4WD robot vehicle block διάγραμμα λειτουργίας.



Εικόνα 10. Block διάγραμμα λειτουργίας 4WD mecanum wheels mobile robot

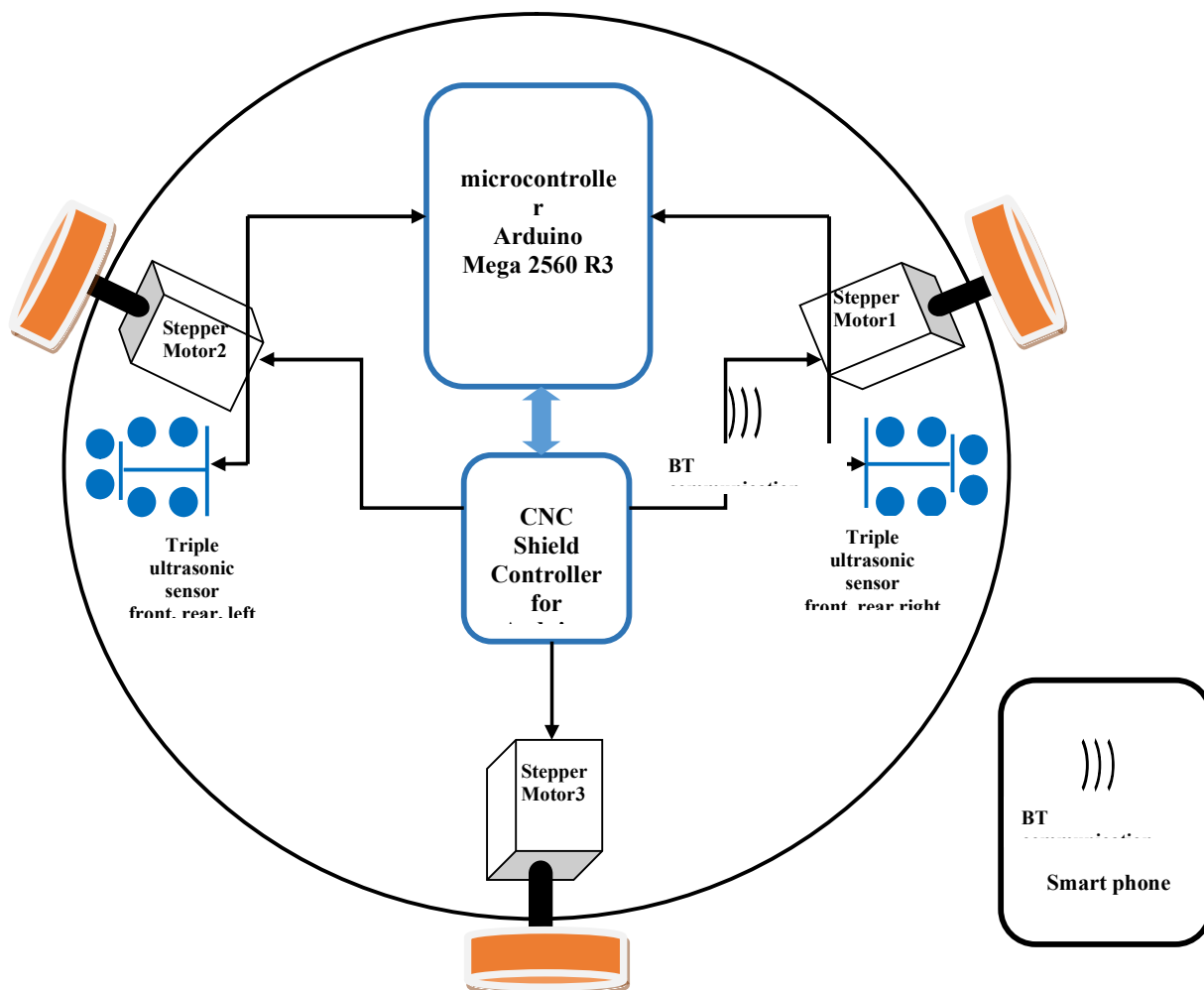
Με βάση το παραπάνω διάγραμμα η απλοποιημένη λειτουργία (κάνοντας χρήση της λογικής ροής του κώδικα που είναι αποθηκευμένος στο Arduino, καθώς και στην εφαρμογή του Smart phone) του 4WD robot έχει ως εξής:

1^ο Για την ελεγχόμενη λειτουργία από το χρήστη, στέλνεται μέσω της εφαρμογής απ' το smart phone η επιθυμητή εντολή για μια συγκεκριμένη κίνηση του οχήματος. Το αν εκτελεστεί η συγκεκριμένη κίνηση, εξαρτάται απ' τις μετρήσεις απόστασης των αισθητήρων. Αν τηρούνται οι συνθήκες που έχουν οριστεί στον κώδικα, τότε η κίνηση εκτελείται, αλλιώς, το όχημα ακινητοποιείται περιμένοντας νέα εντολή απ' τον χρήστη η οποία όμως να «μπορεί» να εκτελεστεί. Οι κινήσεις προφανώς εξαρτώνται απ' τη φορά περιστροφής του κάθε τροχού και απ' το μέτρο της ταχύτητας περιστροφής του. Για κάθε μία κίνηση λοιπόν, έχουν γραφεί στον κώδικα οι κατάλληλες υπορουτίνες.

Όσο αφορά την αυτόνομη λειτουργία, πρώτα γίνονται μετρήσεις απ' τους αισθητήρες απόστασης που βρίσκονται μπροστά στο όχημα. Αν δεν υπάρχει εμπόδιο ευθεία μπροστά, τότε το όχημα συνεχίζει την ευθεία πορεία. Αν ανιχνευθεί εμπόδιο μπροστά, τότε πραγματοποιείται σύγκριση των μετρήσεων απόστασης μεταξύ των δύο αισθητήρων που είναι τοποθετημένοι μπροστά δεξιά και μπροστά αριστερά στο όχημα, αν η απόσταση είναι μεγαλύτερη προς τη μια κατεύθυνση τότε εκτελείται η υπορουτίνα για πλάγια κίνηση προς αυτή τη κατεύθυνση και όταν οι μπροστά κεντρικοί αισθητήρες ξεπεράσουν το εμπόδιο, τότε συνεχίζεται η ευθεία πορεία. Στη περίπτωση που ταυτόχρονα ανιχνευθεί εμπόδιο και στα πλάγια, δεξιά ή αριστερά, τότε εκτελείται η υπορουτίνα που κινεί το όχημα προς την αντίθετη κατεύθυνση μέχρι να ανιχνευθεί « ανοικτός δρόμος» ευθεία μπροστά. Έτσι ο λογικός κύκλος

επαναλαμβάνεται συνεχώς, μέχρι να δοθεί απ' τον χρήστη τερματισμός της αυτόνομης λειτουργίας.

3WD robot vehicle block διάγραμμα λειτουργίας.



Εικόνα 11. Block διάγραμμα λειτουργίας 3WD omni wheels mobile robot

Η βασική λειτουργία δεν διαφέρει απ' το προηγούμενο (4WD) όσο αφορά τη λογική επεξεργασίας των μετρήσεων των αισθητήρων και των κινήσεων. Η διαφορά βρίσκεται στον τρόπο κίνησης του οχήματος λόγω της διαφορετικής φιλοσοφίας σχεδιασμού (3WD) και λόγω του ότι εδώ χρησιμοποιούνται βηματικοί κινητήρες που έχουν διαφορετικές υπορουτίνες κίνησης. Οι εξισώσεις κίνησης που παρουσιάστηκαν παραπάνω δίνουν την απάντηση. Οι βηματικοί κινητήρες λόγω της μεγάλης ακρίβειας της περιστροφής τους και λόγω της πολύ πιο γρήγορης απόκρισης (*μικρή αδράνεια*), δίνουν στο όχημα πολύ πιο ομαλές κινήσεις.

Όσο αφορά το **τεχνικό μέρος** της κατασκευής, παρακάτω παρατίθενται εικόνες που δείχνουν την πορεία κατασκευής.



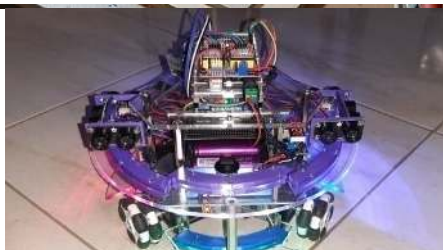
Εικόνα 12. Τοποθέτηση κινητήρων και mecanum wheels στη ρομποτική πλατφόρμα 4WD.



Εικόνα 14. Τοποθέτηση μ/ε Arduino Mega 2560 R3 στη ρομποτική πλατφόρμα 4WD



Εικόνα 16. Συναρμολόγηση ρομποτικής πλατφόρμας 3WD



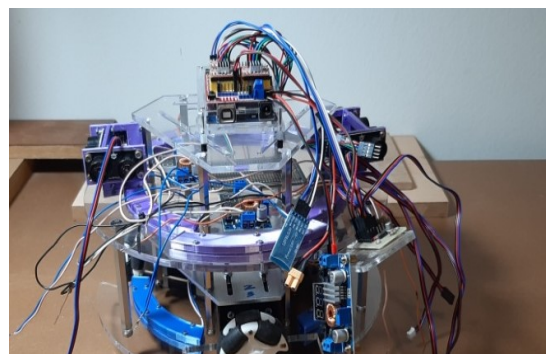
Εικόνα 18. Πρώτες δοκιμές στη ρομποτική πλατφόρμα 3WD



Εικόνα 13. Τοποθέτηση H bridges και step down dc-dc converters στη ρομποτική πλατφόρμα 4WD.



Εικόνα 15. 3D εκτύπωση



Εικόνα 17. Τοποθέτηση ηλεκτρονικών εξαρτημάτων στη ρομποτική πλατφόρμα 3WD



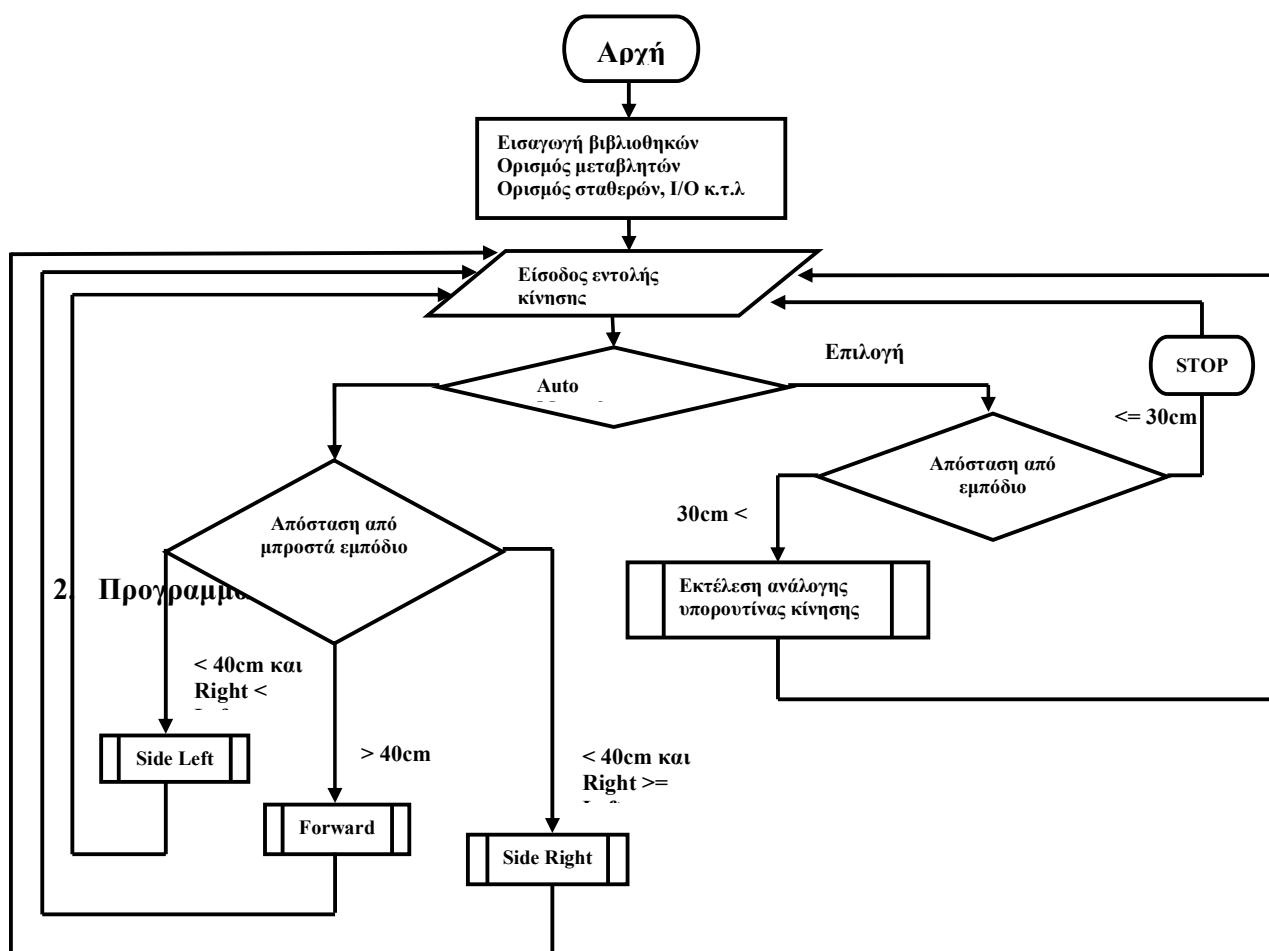
Εικόνα 19. Πρώτες δοκιμές στη ρομποτική πλατφόρμα 3WD.....με φωτισμό.....



Εικόνα 20. Τελειωμένα και τα δύο mobile robots

Προγραμματισμός

1. Προγραμματισμός 4WD



Εικόνα 21. Διάγραμμα ροής προγραμματισμού της ρομποτικής πλατφόρμας 4WD mecanum wheels

2. Προγραμματισμός 3WD

Το διάγραμμα ροής του 3WD omni wheels mobile robot είναι ακριβώς το ίδιο. Δεν θα μπορούσε να ήταν αλλιώς αφού και δυο robot είναι όμοια όσο αφορά τις κινήσεις τους (*omnidirection mobile robots*) καθώς και στη λογική των κινήσεων που πραγματοποιούν είτε στη χειροκίνητη λειτουργία είτε στην αυτόνομη.

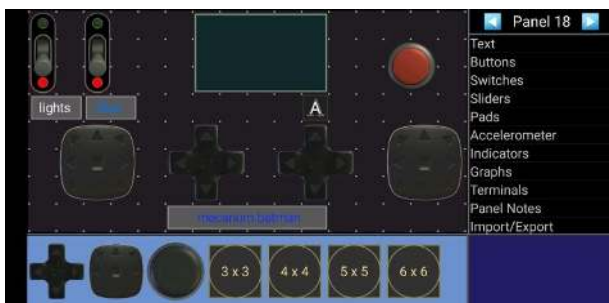
Οι κώδικες στα δύο robots γράφτηκαν στη πλατφόρμα Arduino IDE και ουσιαστικά διαφέρουν μόνο στις βιβλιοθήκες των αισθητήρων απόστασης λόγω του ότι στο 4WD είναι ψηφιακοί, ενώ στο 3WD είναι αναλογικοί. Επίσης διαφέρουν και στις βιβλιοθήκες και στις υπορουτίνες ελέγχου των κινητήρων, μια που στο 4WD είναι απλοί DC κινητήρες με gearbox, ενώ στο 3WD είναι βηματικοί και για τον έλεγχο τους χρησιμοποιείται η γνωστή βιβλιοθήκη AccelStepper. Αυτή η βιβλιοθήκη έχει γραφεί για τον έλεγχο κυρίως για CNC μηχανήματα και για 3D printers που φέρουν βηματικούς κινητήρες και οι κινήσεις τους απαιτούν υψηλή ακρίβεια.

3. Προγραμματισμός Smart Phone ή Tablet

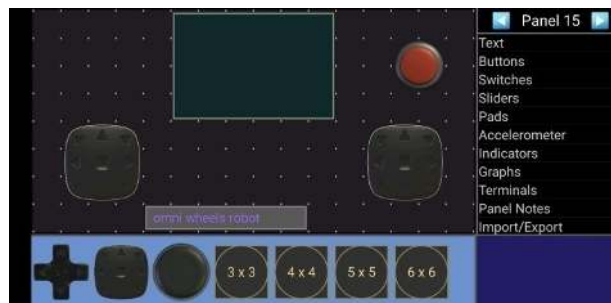
Αναπόσπαστο μέρος του προγραμματισμού αλλά και όλης της διαδικασίας, είναι ο προγραμματισμός της εφαρμογής “επικοινωνίας” μεταξύ του χειριστή και των robots. Επειδή στη συγκεκριμένη εργασία η **εμβέλεια** επικοινωνίας δεν έχει απαιτήσεις για μεγάλη απόσταση, χρησιμοποιείται ασύρματη βέβαια διασύνδεση, αλλά μικρής εμβέλειας. Η πιο πρόσφορη είναι η επικοινωνία μέσω Bluetooth, ο λόγος είναι ότι είναι εύκολα προσβάσιμη και δεν χρειάζεται κάποια ιδιαίτερα ηλεκτρονικά εξαρτήματα, εκτός από ένα BT module το οποίο είναι πολύ εύκολο στη σύνδεση και είναι αρκετά φθηνό.

Η εφαρμογή που χρησιμοποιείται είναι η Bluetooth Electronics (www.keuwl.com) η οποία είναι ελεύθερη -τουλάχιστον για συσκευές Android - να την εγκαταστήσει κανείς στο smart phone ,tablet κ.τ.λ μέσα απ’ το Play Store.

Επίσης είναι πολύ εύκολη στον προγραμματισμό της με πολύ χρηστικά και όμορφα γραφικά. Διαθέτει δε, πολλά έτοιμα παραδείγματα για διάφορες χρήσεις και εφαρμογές.



Εικόνα 22. Bluetooth Electronics χειρισμός 4WD



Εικόνα 23. Bluetooth Electronics χειρισμός 3WD

Παραπάνω στις εικόνες 22 και 23 φαίνονται τα panels χειρισμού των robots απ’ το smart phone.

Τα παραπάνω προγραμματισμένα panels βοήθησαν στο μέγιστο τις συνεχείς δοκιμές. Χωρίς αυτή την εφαρμογή, ή διαδικασία δοκιμών θα ήταν πολύ κουραστική και θα αποθάρρυνε κάποιον.

Δοκιμές - Συμπεράσματα

Είναι σκόπιμο να αναφερθεί για δεύτερη φορά στη παρούσα εργασία, ότι αυτού του είδους ρομποτικά οχήματα κινούνται **αποκλειστικά** σε τελείως **επίπεδες** επιφάνειες και ο λόγος είναι προφανής. Λόγω των “παράξενων” τροχών που φέρουν στην περιφέρειά τους rollers, χρησιμοποιείται η τριβή απ’ το έδαφος για να περιστραφούν γύρω απ’ τον άξονά τους και να δώσουν αυτές τις περίεργες κινήσεις.

Γι’ αυτό το λόγο, οι πραγματικές εφαρμογές τους περιορίζονται σε συνήθως κλειστούς χώρους (μεγάλοι αποθηκευτικοί χώροι, βιομηχανικοί χώροι. Επίσης χώροι εργασίας για άτομα με ειδικές κινητικές ανάγκες που κάνουν χρήση τέτοιων αμαξιδίων.).

Οι δοκιμές το έδειξαν καθαρά αυτό. Πραγματοποιήθηκαν δοκιμές σε δάπεδο με πλακάκια με αρμούς και όταν οι τροχοί περνούσαν από τους αρμούς το όχημα έχανε την επιθυμητή κατεύθυνσή του.

Η καλύτερη επιφάνεια δοκιμής αποδείχθηκε ότι ήταν η στρωμένη με μαρμάρινες πλάκες χωρίς αρμούς φυσικά. Είχαν πολύ καλή κατευθυντικότητα και απόκριση στις θεωρητικά υπολογισμένες κινήσεις.

Επίσης τέτοιου είδους robots, αποτελούν πεδίο έρευνας σε Πανεπιστημιακά ιδρύματα του εξωτερικού, κυρίως δε για μελέτη κινήσεων ακρίβειας στο χώρο. Διεξάγονται αγώνες που μοιάζουν με ποδόσφαιρο σε επιφάνεια μοκέτας, με πολύ εντυπωσιακές κινήσεις. Βέβαια φέρουν πολύ εξειδικευμένους αισθητήρες όπως radar laser χώρου, κάμερες αναγνώρισης αντικειμένων, GPS, οδομετρία, AI, κ.ά.

Δοκιμάστηκαν και τα robots της παρούσης εργασίας σε επιφάνεια μοκέτας, αλλά επειδή η τριβή ήταν μεγάλη, χρειάζονται πολύ πιο ισχυρούς κινητήρες και προφανώς μεγαλύτερη ενέργεια, (μπαταρίες με μεγάλη χωρητικότητα και ισχυρά ρεύματα εκφόρτισης) τα οποία εκτοξεύουν τον οικονομικό προϋπολογισμό.

Εκτός απ’ τις επιφάνειες κύλισης, δοκιμές πραγματοποιήθηκαν επίσης για την ακρίβεια και την ταχύτητα απόκρισης των κινήσεων, κυρίως στην αυτόνομη λειτουργία και την αποφυγή εμποδίων. Τα συμπεράσματα που εξήχθησαν, ήταν περισσότερο ως προς τον ακριβή προσανατολισμό των αισθητήριων απόστασης, καθώς και τις απαραίτητες ρυθμίσεις στον κώδικα σε επίπεδο παραμέτρων, που καθορίζουν τις ταχύτητες περιστροφής των τροχών. Ακολούθησαν πολλές δοκιμές και αντίστοιχες βελτιώσεις ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή λειτουργία με τα μέσα που ήταν διαθέσιμα βέβαια.

Εκτός απ’ την ιδέα που μπορεί να έχει κάποιος για ένα project, ο κύκλος των πειραματισμών, των συμπερασμάτων και των συνεχών βελτιώσεων, αποτελούν την πεμπτούσια της απόκτησης γνώσης, δεξιοτήτων και εμπειριών.

Εκπαιδευτική διαδικασία

Πρόκειται για μία STEM- διεπιστημονική- εργασία μακράς διάρκειας (ενός σχολικού έτους) – για τις οποίες ο γράφων είναι υπέρμαχος να διεξάγονται, έστω και εκτός σχολικού ωραρίου - η οποία περιλαμβάνει όλο το αρκτικόλεξο (φυσική, μαθηματικά, μέθοδοι επίλυσης προβλημάτων μηχανικού, και φυσικά νέες τεχνολογίες) σε μία εποικοδομητική και αρμονική συνεργασία.

Η κύρια μέθοδος η οποία χρησιμοποιήθηκε είναι η EDP (Engineer Design Process) η οποία είναι και η πλέον ενδεδειγμένη για τέτοιου είδους εργασίες.



Εικόνα 24. EDP (Engineer Design Process) εκπαιδευτική διαδικασία

Οι συγκεκριμένες κατασκευές της παρούσης εργασίας, πραγματοποιήθηκαν ως **αναβαθμισμένοι απότοκοι** μιας ανάλογης εργασίας, που έλαβε μέρος στο σχολικό έτος 2022-2023 στο 1ο ΕΠΑ.Λ Σαλαμίνας με τη δημιουργία **ομίλου 3D printing – ρομποτικής** και διεξήχθη εκτός σχολικού ωραρίου με συνολική διάρκεια 60 ωρών.

Αφορμή για την πραγματοποίηση της συγκεκριμένης δράσης αποτέλεσε η πρόσκληση που δέχτηκε το σχολείο για την υλοποίηση της πιλοτικής εφαρμογής από το ΕΚΕΦΕ ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ του εκπαιδευτικού πακέτου το οποίο παρήχθη στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού προγράμματος Erasmus + με ονομασία 3D2ACT Fostering Industry 4.0 and 3D Technologies Through Social Entrepreneurship: An Innovative Programme for a Sustainable Future. <https://3d2act.iit.demokritos.gr/>.

Στη συνέχεια παρουσιάστηκε στο 13^ο συνέδριο ΕΝΕΦΕΤ που διεξήχθη στα Ιωάννινα 10-12 Νοεμβρίου 2023 στο **Εργαστήριο Εκπαίδευσης και Διδασκαλίας της Φυσικής** του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων με τίτλο:

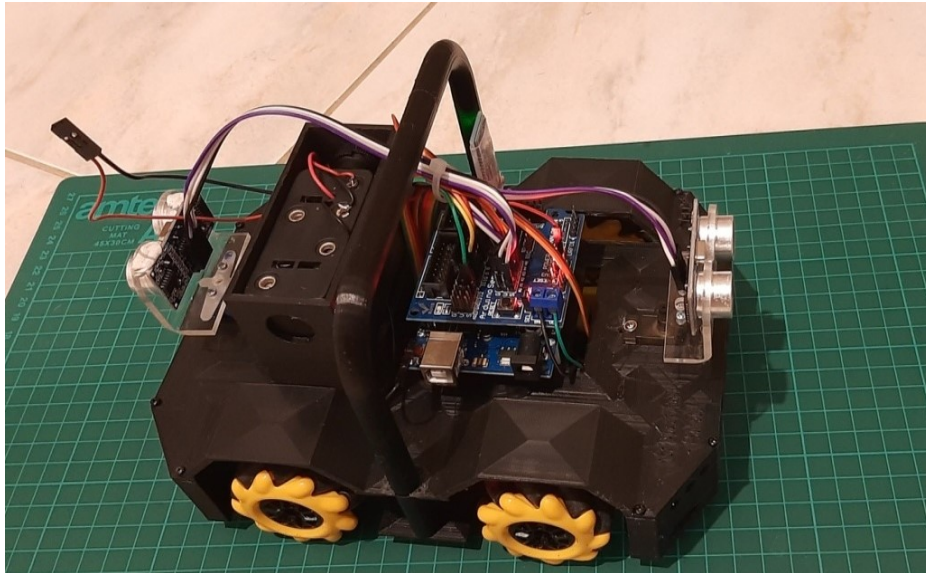
Όμιλοι STEM: 3D Εκτύπωση και εκπαιδευτική ρομποτική. Η περίπτωση του 1ου ΕΠΑ.Λ Σαλαμίνας

Στην παραπάνω εργασία, δημιουργήθηκαν φύλλα εργασίας τα οποία αφορούν μια πολύ πιο **απλή** και πολύ πιο **οικονομική** κατασκευή εξ ολοκλήρου 3D εκτυπωμένη όσο αφορά την ρομποτική πλατφόρμα.

Μπορεί όποιος εκπαιδευτικός θέλει να τα συμβουλευτεί, ώστε να αναπαράγει και να πραγματοποιήσει την εργασία με πολύ πιο απλό και οικονομικό τρόπο, καθώς και πιο **εύπεπτο** για μαθητές Γ γυμνασίου και Α Λυκείου, χωρίς να μπει στα **βαθεία** της Φυσικής, των μαθηματικών της τεχνολογίας και του προγραμματισμού.

Τα φύλλα εργασίας καθώς και αρκετή συμβουλευτική και τεχνικές λεπτομέρειες, μπορεί να τα δει και να κατεβάσει κάποιος από τον παρακάτω σύνδεσμο.

https://drive.google.com/drive/folders/1mY5EguVjstdGtGgqyi2yfQ8SWf2B_zm5?usp=sharing



Εικόνα 25. 4WD mobile robot. Μικρότερης κλίμακας και απλούστερη κατασκευή

Βιβλιογραφία

1. Εμίρης Δημήτριος, Κουλουριώτης Δημήτριος: «Ρομποτική», 4^η έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 2024
2. Παπάζογλου Π., Λιωνής Σπ. Π.: «Ανάπτυξη Εφαρμογών με το Arduino», 3^η έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 2021
3. Καλοβρέκτης Κ., Ξενάκης Απ., Ψυχάρης Σαρ., Σταμούλης Γεωρ.: «Εκπαιδευτική Τεχνολογία, Αναπτυξιακές Πλατφόρμες Ρομποτικής και IoT», Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 2020

Επιστημονικά άρθρα

- 1) Corresponding Author: **Mohamed Rizon**, School of Mechatronics Engineering, Kolej Universiti Kejuruteraan Utara Malaysia: «*Designing Omni-Directional Mobile Robot with Mecanum Wheel*», American Journal of Applied Sciences 3 (5): 1831-1835, 2006 ISSN 1546-9239, © 2005 Science Publications
- 2) Riky Tri Yunardi^{1*}, Deny Arifianto², Farhan Bachtiar³, Jihan Intan Prananingrum⁴
1, 2, 3, 4 Department of Engineering, Faculty of Vocational, Universitas Airlangga, Indonesia: «*Holonomic Implementation of Three Wheels Omnidirectional Mobile Robot using DC Motors*», Journal of Robotics and Control (JRC), Volume 2, Issue 2, March 2021, ISSN: 2715-5072 DOI: 10.18196/jrc.2254
- 3) Hamid Taheri College of Electronic and Information NUAA Nanjing China, Bing Qiao College of Astronautics NUAA Nanjing China, Nurallah Ghaeminezhad College of Automation NUAA Nanjing China: «*Kinematic Model of a Four Mecanum Wheeled Mobile Robot*», International Journal of Computer Applications (0975 – 8887), Volume 113 – No. 3, March 2015

4) Chengcheng Wang ^{1,2,3}, Xiaofeng Liu ^{1,2,3,*}, Xianqiang Yang ⁴, Fang Hu ⁵, Aimin Jiang ^{1,2,3} and Chenguang Yang ⁶

1 College of IoT Engineering, Hohai University, Changzhou, China

2 Changzhou Key Laboratory of Robotics and Intelligent Technology, Hohai University, Changzhou, China

3 Jiangsu Key Laboratory of Special Robots, Hohai University,, China

4 Research Institute of Intelligent Control and Systems, Harbin Institute of Technology, Harbin, China

5 School of Electromechanical and Automobile Engineering, Changzhou Vocational Institute of Engineering, Changzhou, China

6 Key Laboratory of Autonomous Systems and Networked Control, College of Automation Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou, China

«Trajectory Tracking of an Omni-Directional Wheeled Mobile Robot Using a Model Predictive Control Strategy», applied sciences MDPI

*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στον συγγραφέα.



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Greece

*Science on Stage Festival 2024,
Turku, Finland*

Ρίχνοντας «φως» στον Πικάσο!

*Χατζησάββας Γεώργιος, Φυσικός, Πρότυπο Γενικό Λύκειο Ηρακλείου Κρήτης,
[xsavvas\[a\]sch.gr](mailto:xsavvas[a]sch.gr)*

*Γιαννακουδάκη Καλλιόπη, Φυσικός, 1^ο Γυμνάσιο Ηρακλείου Κρήτης,
[kellygianna\[a\]gmail.com](mailto:kellygianna[a]gmail.com)*

(1^ο Βραβείο 12^{ων} Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών)

Περίληψη

Η παρούσα εργασία φιλοδοξεί μέσα από μία STEAM προσέγγιση διδασκαλίας να εισάγει τους μαθητές στις βασικές αρχές της πολυφασματικής απεικόνισης εφαρμόζοντας βασικές αρχές οπτικής σε έργα τέχνης. Η πολυφασματική απεικόνιση αποτελεί μία διαδικασία καταγραφής της οπτικής εικόνας ενός αντικειμένου χρησιμοποιώντας διαφορετικές, αλλά σαφώς καθορισμένες περιοχές μηκών κύματος του Η/Μ φάσματος, που περιλαμβάνουν το ορατό και εκτείνονται και πέραν αυτού, στην υπεριώδη και την κοντινή υπέρυθρη περιοχή. Με μία απλή πειραματική διάταξη αποτελούμενη από χαμηλού κόστους συσκευές και υλικά που είναι διαθέσιμα στα σχολικά εργαστήρια επιχειρείται η απεικόνιση διαφόρων στρωμάτων (layers) έργων, που έχουν δημιουργηθεί από τους μαθητές, με τη χρήση ακτινοβολίας σε διάφορα μήκη κύματος ξεκινώντας από το υπεριώδες και φτάνοντας μέχρι το κοντινό υπέρυθρο. Στη συνέχεια ακολουθεί επεξεργασία των εικόνων που έχουν ληφθεί, και εξάγονται τα αντίστοιχα φάσματα για επιλεγμένες περιοχές του έργου τέχνης, κάτι που μπορεί να οδηγήσει σε ταυτοποίηση των χρησιμοποιούμενων κάθε φορά χρωστικών. Το μεγάλο πλεονέκτημα της πολυφασματικής απεικόνισης είναι ότι αποτελεί μία μη επεμβατική τεχνική μελέτης των έργων τέχνης, ενώ από διδακτικής πλευράς οι μαθητές έρχονται πιο κοντά στην κατανόηση της αλληλεπίδρασης του φωτός με την ύλη, αλλά και στη συνειδητοποίηση της διεπιστημονικότητας της γνώσης και των εφαρμογών βασικών αρχών της Φυσικής στην πράξη.

Abstract

The present work intends through a STEAM teaching approach to introduce students to multispectral imaging by applying basic principles of optics to works of art. Multispectral imaging is a process of creating digital visual images of an object by using different, but well-defined wavelength regions of the E/M spectrum, which include the visible and extend beyond it into the ultraviolet and near-infrared regions. With a simple experimental set-up consisting of low-cost devices and materials available in school laboratories, the visualization of various layers of the artworks created by the students is attempted, using light at various wavelengths starting from the ultraviolet and reaching up to the near infrared. The captured images are then processed, and the corresponding spectra are extracted for selected areas of the artwork, which can lead to the identification of the pigments used each time. The great advantage of multispectral imaging is that it is a non-invasive technique for studying works of art, while from a teaching point of view students come closer to understanding the interaction

of light with matter, but also to realizing the interdisciplinary nature of knowledge and the applications of basic principles of Physics in practice.

Εισαγωγή

Το «Μπλε Δωμάτιο» (La Chambre Bleue) αποτελεί έναν πίνακα, που φιλοτεχνήθηκε από τον Πάμπλο Πικάσο, το 1901 κατά τη διάρκεια της μπλε περιόδου. Τα έργα αυτής της περιόδου χαρακτηρίζονται από μπλε – πράσινες αποχρώσεις και συμβολίζουν μία συναισθηματικά φορτισμένη περίοδο στη ζωή του καλλιτέχνη [1]. Πιο συγκεκριμένα, στον πίνακα απεικονίζεται μία γυναίκα να πλένεται στο δωμάτιο του Ισπανού ζωγράφου (βλ. εικόνα 1). Ο πίνακας ανήκει στη συλλογή του μουσείου The Collection Phillips στην Ουάσιγκτον.



Εικόνα 1: Το μπλε δωμάτιο του Πάμπλο Πικάσο
(εισαγωγή εικόνας από Πάμπλο Πικάσο - The Phillips Collection/AP Photo, εύλογη χρήση, <https://el.wikipedia.org/w/index.php?curid=368154>).

Το 2014 επιστήμονες και συντηρητές της Phillip Collection, της Εθνικής Γκαλερί Τέχνης, του Πανεπιστημίου Cornell και του Μουσείου Winterthur, χρησιμοποιώντας τεχνολογία υπερύθρων, ανακάλυψαν τη μορφή ενός άνδρα κάτω από τον κύριο πίνακα! Ο γενειοφόρος άνδρας φοράει παπιγιόν και στηρίζει με το χέρι το κεφάλι του, ενώ στα δάχτυλά του φοράει τρία δαχτυλίδια (βλ. εικόνα 2).

Ωστόσο, δεν είναι η πρώτη φορά που μία κρυφή εικόνα αποκαλύπτεται κάτω από το έργο τέχνης ενός ζωγράφου. Ένα ακόμη παράδειγμα αποτελεί ένας από του πιο γνωστούς πίνακες του Ιταλού ζωγράφου Caravaggio, ο «Βάκχος», όπου οι ειδικοί με τη μέθοδο της υπέρυθρης ακτινοβολίας διαπίστωσαν ότι πίσω από τον κύριο πίνακα υπήρχε μία αυτοπροσωπογραφία του ίδιου του καλλιτέχνη κατά την περίοδο που ζωγράφιζε τον πίνακα [2].

Η τεχνολογία και οι σύγχρονες απεικονιστικές τεχνικές αποκαλύπτουν διαρκώς νέα στοιχεία και κρυμμένες λεπτομέρειες των έργων τέχνης, αλλάζοντας συνεχώς τον τρόπο που αντιλαμβανόμαστε την τέχνη.

Με έναυσμα την αγάπη των παιδιών για την τέχνη, αλλά και την επιστήμη, η παρούσα εργασία αποσκοπεί στη γνωριμία με τις σύγχρονες απεικονιστικές τεχνικές, στην κατανόηση της αλληλεπίδρασης του φωτός με την ύλη και κυρίως στη συνειδητοποίηση της διεπιστημονικότητας της γνώσης των εφαρμογών βασικών αρχών της Φυσικής στην πράξη.



Εικόνα 2: Ο γενειοφόρος άνδρας κάτω από τον κύριο πίνακα
(εισαγωγή εικόνας από Πάμπλο Πικάσο - The Phillips Collection/AP Photo, εδλόγη χρήση,
https://el.wikipedia.org/wiki/Μπλε_Δωμάτιο).

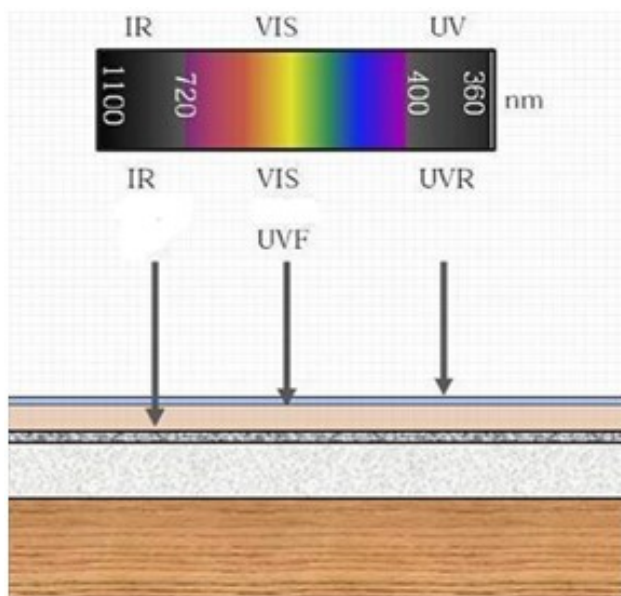
Θεωρητική θεμελίωση

Όταν το φως αλληλεπιδρά με την ύλη, τότε η ακτινοβολία απορροφάται, σκεδάζεται, ανακλάται ή διαδίδεται μέσα σε αυτή. Τα υλικά απορροφούν, ανακλούν και εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με τρόπο που εξαρτάται από τη μοριακή σύνθεση και το σχήμα τους. Έτσι, μελετώντας την αλληλεπίδραση του φωτός με την ύλη, μπορούμε να πάρουμε πληροφορίες σχετικά με τη δομή της ύλης και γενικότερα την ποιότητα και την ποσότητα της.

Η πολυφασματική απεικόνιση (multispectral imaging) είναι μία διαδικασία καταγραφής της οπτικής εικόνας ενός αντικειμένου χρησιμοποιώντας διαφορετικές, αλλά σαφώς καθορισμένες περιοχές μηκών κύματος του Η/Μ φάσματος, που περιλαμβάνουν το ορατό και εκτείνονται και πέραν αυτού, στην υπεριώδη και την κοντινή υπέρυθη περιοχή.

Η απεικόνιση στην περιοχή του υπεριώδους χρησιμοποιεί πηγές που εκπέμπουν στην υπεριώδη περιοχή του Η/Μ φάσματος (10nm έως 400nm) και ανιχνευτή που να επιτρέπει την καταγραφή της ακτινοβολίας στην αντίστοιχη περιοχή. Συνήθως, οι πηγές που χρησιμοποιούνται εκπέμπουν στο εγγύς υπεριώδες (315nm-400nm, UVA) και στο μέσο υπεριώδες (280nm-315nm, UVB). Η εικόνα που λαμβάνεται από την υπεριώδη φωτογραφία

ανάκλασης (UVR) είναι ασπρόμαυρη και προέρχεται από την επιφάνεια του έργου, όπως είναι για παράδειγμα το βερνίκι με το οποίο καλύπτονται τα έργα ζωγραφικής. Παρακάτω (βλ. εικόνα 3) απεικονίζεται ο διαφορετικός βαθμός διεισδυτικότητας της ακτινοβολίας στο έργο τέχνης ανάλογα με το μήκος κύματος. Το ανώτερο στρώμα (μπλε χρώμα) αντιστοιχεί στο βερνίκι, το επόμενο στρώμα (μπεζ χρώμα) αντιστοιχεί στα χρώματα του έργου τέχνης, το αμέσως επόμενο στρώμα (γκρι χρώμα) αντιστοιχεί στο προσχέδιο, ενώ ακολουθεί ο καμβάς (λευκό χρώμα) και το ξύλο στήριξης (καφέ χρώμα).

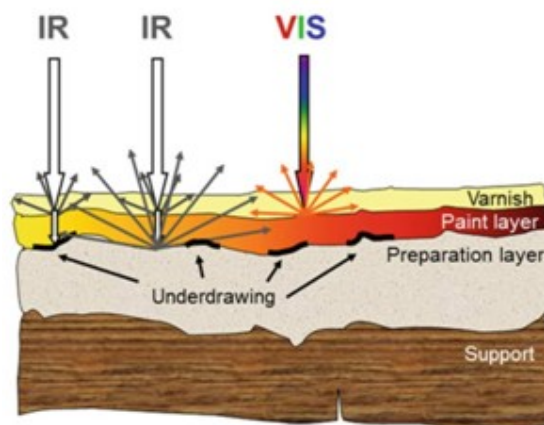


Εικόνα 3: Διεισδυτικότητα ακτινοβολίας στο έργο τέχνης ανάλογα με το μήκος κύματος (εισαγωγή εικόνας από <https://chsopensource.org/ultraviolet-reflected-photography-uvr/>).

Συγχρόνως με την υπεριώδη φωτογραφία ανάκλασης χρησιμοποιείται και η υπεριώδης φωτογραφία φθορισμού (UVF). Η τελευταία στηρίζεται στην ιδιότητα ορισμένων χρωστικών να φθορίζουν στην ορατή περιοχή του φάσματος ύστερα από διέγερση με υπεριώδη ακτινοβολία μήκους κύματος μεταξύ 300nm-400nm. Τα βερνίκια, που χρησιμοποιούνται στην επιφάνεια των έργων τέχνης, είτε παλαιότερα είτε πιο σύγχρονα, έχουν την ιδιότητα να φθορίζουν σε αντίθεση με οποιεσδήποτε μεταγενέστερες επεμβάσεις ή επιφανειακές φθορές, που εμφανίζονται ως σκοτεινά σημεία χωρίς καμία ιδιότητα φθορισμού. Επομένως, με τη συγκεκριμένη τεχνική δίνεται η δυνατότητα να εξεταστεί και να διαγνωστεί η κατάσταση διατήρησης της ζωγραφικής επιφάνειας ενός έργου τέχνης [3].

Η απεικόνιση με χρήση ακτινοβολίας στην ορατή περιοχή του φάσματος μας δίνει πληροφορίες που αφορούν στο ίδιο το έργο του καλλιτέχνη, μιας και η ορατή ακτινοβολία διαπερνά το βερνίκι και φτάνει ένα επίπεδο κάτω από αυτό (βλ. εικόνα 3). Οι πληροφορίες αυτές αφορούν στην τεχνική του ζωγράφου, την εξακρίβωση αισθητικών επεμβάσεων αποκατάστασης και επιζωγραφίσεων. Ανάλογα με τον τρόπο φωτισμού του δείγματος διακρίνονται δύο τρόποι παρατήρησης του δείγματος, που είναι η παρατήρηση στο ανακλώμενο και η παρατήρηση στο διερχόμενο. Ο πρώτος τρόπος παρατήρησης εφαρμόζεται σε αδιαφανή δείγματα, ενώ ο δεύτερος σε αδιαφανή ή ημιδιαφανή δείγματα.

Η απεικόνιση με χρήση ακτινοβολίας στο υπέρυθρο ή η υπέρυθρη ανακλαστογραφία (infrared reflectography) χρησιμοποιεί την περιοχή του κοντινού υπερύθρου (750nm έως 2500nm). Η ακτινοβολία διαπερνά το πρώτο στρώμα που συνήθως είναι το βερνίκι ή ακόμα και ολόκληρο το χρωματικό στρώμα με αποτέλεσμα να φτάνει στο προσχέδιο του καλλιτέχνη (βλ. εικόνα 4). Ο γραφίτης, που χρησιμοποιείται κυρίως στο προσχέδιο ενός καλλιτέχνη, απορροφά έντονα την υπέρυθρη ακτινοβολία.



Εικόνα 4: Διεισδυτικότητα ακτινοβολίας στο έργο τέχνης ανάλογα με το μήκος κύματος [4].

Η ανακλώμενη υπέρυθρη ακτινοβολία χρησιμοποιείται στον τομέα της μελέτης των έργων τέχνης εδώ και κάποιες δεκαετίες. Γενικότερα, η μελέτη των υλικών και η απεικόνιση των διαφόρων στρωμάτων της επιφάνειας είναι ιδιαίτερα σημαντική αφενός για τον έλεγχο της γνησιότητας ενός έργου και αφετέρου για τη συντήρησή του, ενώ το μεγάλο πλεονέκτημα αυτή της μεθόδου είναι το γεγονός ότι αποτελεί μία μη επεμβατική τεχνική.

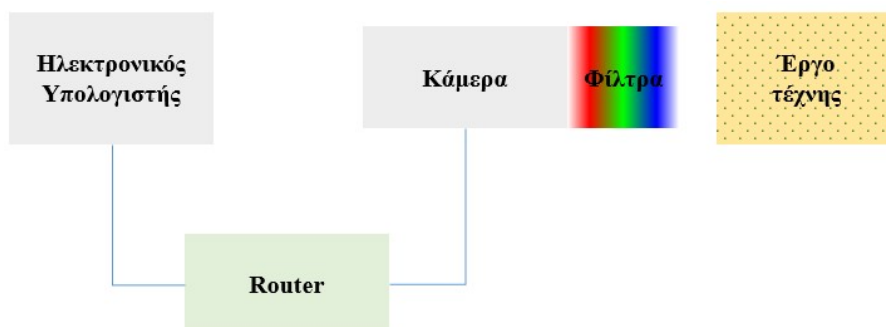
Περιγραφή εργασίας

Η διάταξη

Η διάταξη αποτελείται από μία ρομποτική, έγχρωμη IP κάμερα, υψηλής ανάλυσης, όπως απεικονίζεται στην εικόνα 5. Η κάμερα είναι εφοδιασμένη με φώτα led υπερύθρων (12 των 850nm IR led), έτσι ώστε να είναι δυνατή η καταγραφή της εικόνας σε απόλυτο σκοτάδι. Οι εικόνες που λαμβάνονται από την κάμερα είναι έγχρωμες με ανάλυση 1920 pixels x 1080 pixels. Οι εικόνες μετατρέπονται σε ασπρόμαυρες (grayscale) για την εύκολη αναγνώριση των περιοχών που απορροφούν την ακτινοβολία (μαύρες περιοχές) και των περιοχών που ανακλούν την ακτινοβολία (λευκές περιοχές). Τα χαρακτηριστικά της κάμερας φαίνονται πιο αναλυτικά στο Παράρτημα της εργασίας. Μπροστά από την κάμερα τοποθετείται ο πίνακας ζωγραφικής, ενώ ανάμεσα στην κάμερα και τον πίνακα παρεμβάλλονται διάφορα φίλτρα, που επιτρέπουν την επιλεκτική διέλευση του φωτός από τον φακό της κάμερας.

Προκειμένου να αναπαράγουμε, ότι καταγράφει η κάμερα στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή σε συνεχή ροή βίντεο, έχουμε εγκαταστήσει το πρόγραμμα “Security Eye” (<https://www.security-eye-software.com/>), ενώ η κάμερα συνδέεται μέσω ενός router με τον υπολογιστή. Δημιουργήσαμε ένα δικό μας πρόγραμμα με το οποίο μπορούμε να ελέγχουμε

τις διάφορες λειτουργίες της κάμερας που μας ενδιαφέρουν (λειτουργία ημέρας - νυκτός, άναμμα – σβήσιμο των φωτών led υπεράυθρων, έγχρωμη – ασπρόμαυρη απεικόνιση κτλ). Το πρόγραμμα δημιουργήθηκε μέσω του ελεύθερου λογισμικού b4j (<https://www.b4x.com/b4j.html>).



Εικόνα 5: Σχηματική απεικόνιση της διάταξης

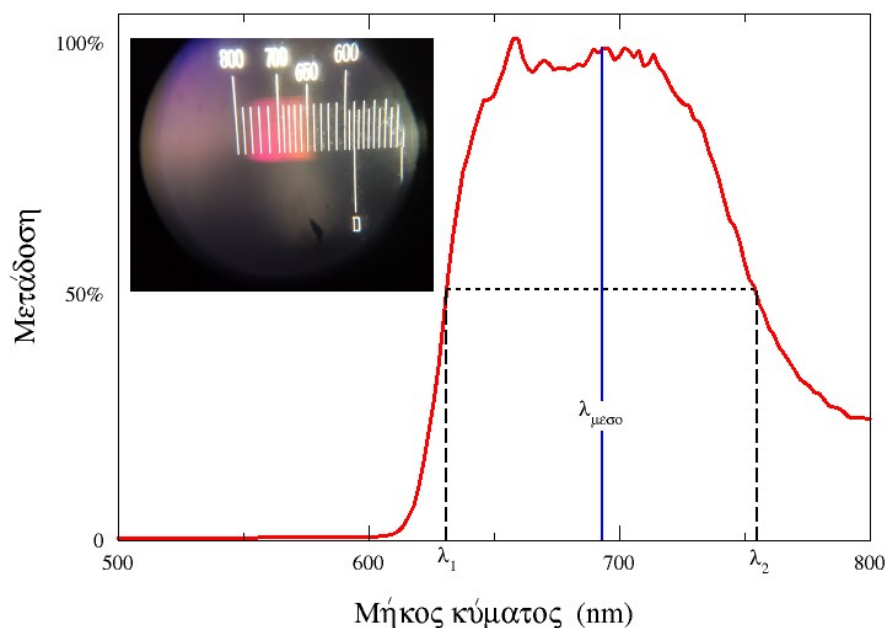
Τα φίλτρα που χρησιμοποιούνται στη διάταξη απεικονίζονται στην εικόνα 6.



Εικόνα 6: Φίλτρα της διάταξης

Για τον προσδιορισμό του εύρους διέλευσης (bandwidth) κάθε φίλτρου έγινε χρήση του σχολικού φασματοσκοπίου σε συνδυασμό με μετρήσεις που πάρθηκαν με ειδικό CCD φασματογράφο με οπτική ίνα και αναρτήθηκαν σε σελίδα της ΠΑΝΕΚΦΕ (<https://www.facebook.com/panekfe.gr/>), όπως φαίνεται στο παράδειγμα που ακολουθεί.

Για παράδειγμα, στην εικόνα 7 φαίνεται για το κόκκινο φίλτρο η φασματική καμπύλη καθώς και η φωτογραφία από το φασματοσκόπιο (στο ένθετο). Στη συνέχεια υπολογίστηκε το φασματικό ζωνικό εύρος από τον βαθμό FWHM (Full Width Half Maximum - ήμισυ μέγιστου πλήρους πλάτους) μεταξύ των $\lambda_1 = 631\text{nm}$ και $\lambda_2 = 755\text{nm}$ και έτσι προσδιορίστηκε το μέσο της περιοχής, $\lambda_{\text{μέσο}}$, στα 693nm .



Εικόνα 7: Φωτογραφία από φασματοσκόπιο (ένθετο) και φασματική καμπύλη για το κόκκινο φίλτρο

Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τα υπόλοιπα φίλτρα που χρησιμοποιήθηκαν στη διάταξη και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συνολικά στον πίνακα 1, που ακολουθεί.

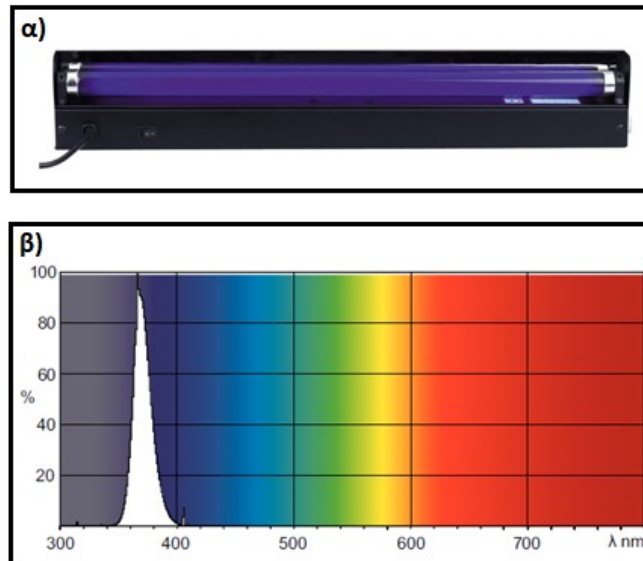
Φίλτρο	$\lambda_1 - \lambda_2$	$\lambda_{\mu\epsilon\sigma\sigma\omicron}$
Μπλε	479nm – 583nm	531nm
Πράσινο	521nm – 594nm	558nm
Κίτρινο σκούρο	565nm – 749nm	657nm
Πορτοκαλί	584nm – 751nm	668nm
Κόκκινο	631nm – 755nm	693nm

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά των φίλτρων

Αποτελέσματα

Απεικόνιση στο υπεριώδες

Για την υπεριώδη ακτινοβολία χρησιμοποιήθηκε λάμπα φθορίου 18W (βλ. εικόνα 8α) της οποίας το φάσμα εκπομπής φαίνεται στην εικόνα 8β, όπως πάρθηκε από τα εγχειρίδιο με τα τεχνικά χαρακτηριστικά της λάμπας. Όπως βλέπουμε, το φάσμα εκπομπής είναι στην περιοχή από ~350nm έως 400nm με κορυφή περίπου στα 370nm.



Εικόνα 8: Η λυχνία φθορισμού που χρησιμοποιήθηκε για την υπεριώδη ακτινοβολία (α) και το φάσμα εκπομπής της (β)

Στην εικόνα 9 (αριστερά) φαίνεται ένα έργο, το οποίο έχει ζωγραφιστεί από μαθητές με μαρκαδόρους. Φωτίζοντας το έργο με την λάμπα φθορίου βλέπουμε ότι ξεχωρίζει μια περιοχή στην οποία οι χρωστικές του συγκεκριμένου μαρκαδόρου φθορίζουν. Με την μέθοδο αυτή θα μπορούσαμε να δούμε, εάν υπάρχει βερνίκι στο έργο ή έχει αφαιρεθεί από κάποιες περιοχές, εάν έχουν γίνει παρεμβάσεις στο έργο (π.χ. εάν έχει γίνει παρέμβαση πάνω από το βερνίκι ή έχουν χρησιμοποιηθεί διαφορετικά χρώματα από τα αρχικά) κτλ.

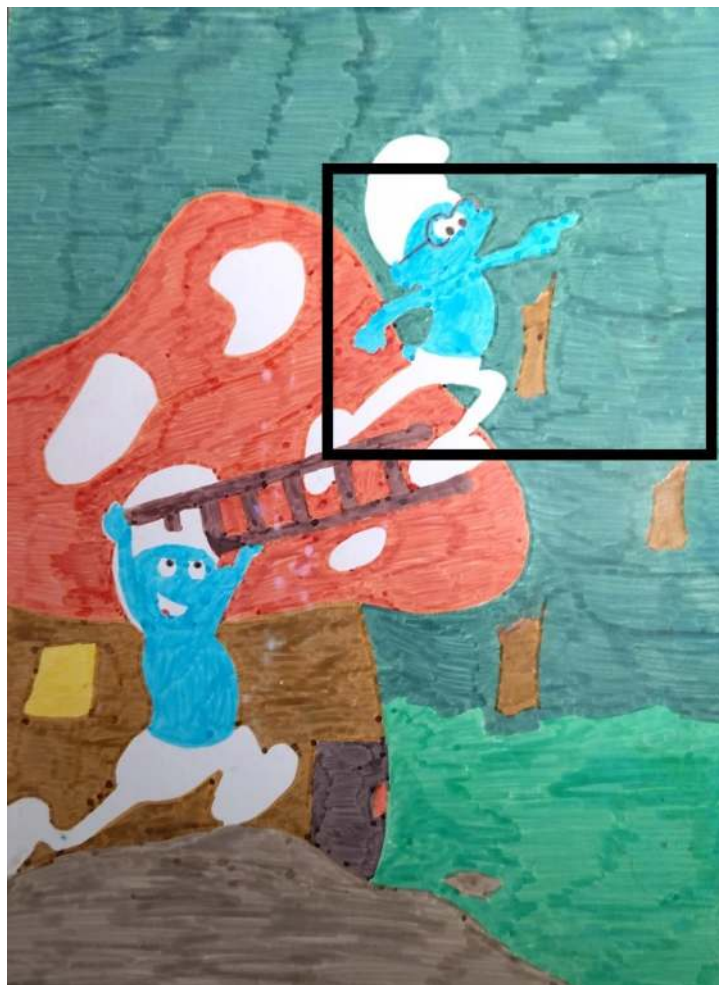


Εικόνα 9: Ένα έργο που δημιουργήθηκε με μαρκαδόρους (αριστερά) και το ίδιο έργο όταν το φωτίζουμε με υπεριώδη ακτινοβολία (δεξιά)

Απεικόνιση στο ορατό

Το έργο προς απεικόνιση που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την περίπτωση απεικονίζεται στην εικόνα 10. Από τη συγκεκριμένη εικόνα επιλέχθηκε μία μικρή περιοχή προς μελέτη, όπως

οριοθετείται από το αντίστοιχο μαύρο πλαίσιο (βλ. εικόνα 10). Η περιοχή αυτή αποτελείται από 1402 pixels x 1076 pixels.



Εικόνα 10: Το έργο που χρησιμοποιήθηκε με την περιοχή που επιλέχτηκε για μελέτη (μαύρο πλαίσιο)

Για κάθε φίλτρο ακολουθείται η εξής διαδικασία:

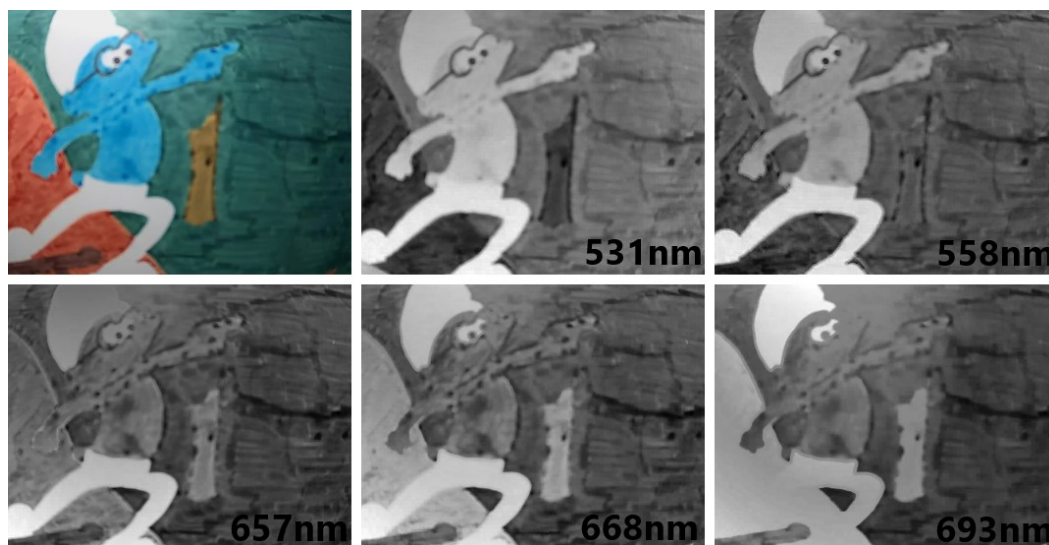
- α) τοποθετείται μία λευκή επιφάνεια (φωτογραφικό χαρτί) μπροστά από το έργο και λαμβάνεται και αποθηκεύεται η αντίστοιχη εικόνα Λ,
- β) αφαιρείται η λευκή επιφάνεια,
- γ) διατηρώντας όλες τις ρυθμίσεις αμετάβλητες, λαμβάνεται και αποθηκεύεται η φασματική εικόνα Ε του έργου, και τέλος
- δ) δημιουργείται συσκότιση και λαμβάνεται και αποθηκεύεται η αντίστοιχη εικόνα Μ.

Η μαύρη εικόνα θα χρησιμοποιηθεί για να αφαιρέσουμε τον θόρυβο από την φασματική και την λευκή εικόνα. Η λευκή εικόνα θα χρησιμοποιηθεί για να κανονικοποιήσουμε την φασματική εικόνα. Όλες οι εικόνες μετατρέπονται αρχικά σε ασπρόμαυρες (greyscale). Η

κανονικοποίηση της έντασης εκτελείται ανεξάρτητα για κάθε φίλτρο i αλλά και για κάθε pixel x , σύμφωνα με την εξίσωση:

$$I_i(x) = \frac{E_i(x) - M_i(x)}{A_i(x) - M_i(x)}$$

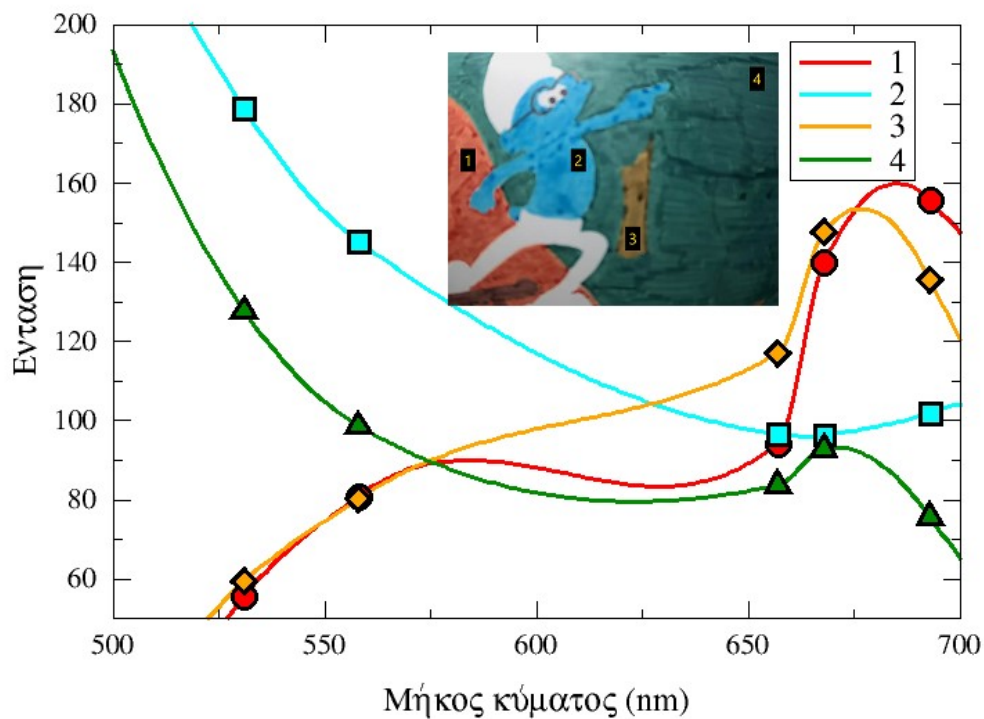
Οι παραπάνω υπολογισμοί πραγματοποιούνται μέσω του ελεύθερου λογισμικού ImageJ (<https://imagej.net/ij/index.html>), το οποίο είναι ένα ισχυρό εργαλείο για την λεπτομερή ανάλυση και επεξεργασία αρχείων εικόνας. Το πηλίκο κυμαίνεται από μηδέν έως ένα και συσχετίζεται με την ανάκλαση της περιοχής που μελετήθηκε. Οι εικόνες που προκύπτουν για τα διαφορετικά φίλτρα φαίνονται στην εικόνα 11.



Εικόνα 11: Η περιοχή του έργου που μελετήσαμε (πάνω αριστερά) και οι κανονικοποιημένες εικόνες για τα διάφορα φίλτρα.

Παρατηρούμε ότι καθώς αλλάζουμε το φίλτρο, τότε διαφορετικές περιοχές της εικόνας φαίνονται πιο φωτεινές. Για παράδειγμα, όταν έχουμε το μπλε φίλτρο ($\lambda_{\text{μέσο}} = 531\text{nm}$), τότε οι μπλε περιοχές του έργου φαίνονται πιο φωτεινές, ενώ οι κόκκινες πιο σκοτεινές. Αντίστροφα, για το κόκκινο φίλτρο ($\lambda_{\text{μέσο}} = 693\text{nm}$) η σκεπή του σπιτιού φαίνεται φωτεινή, ενώ οι μπλε περιοχές φαίνονται σκοτεινές.

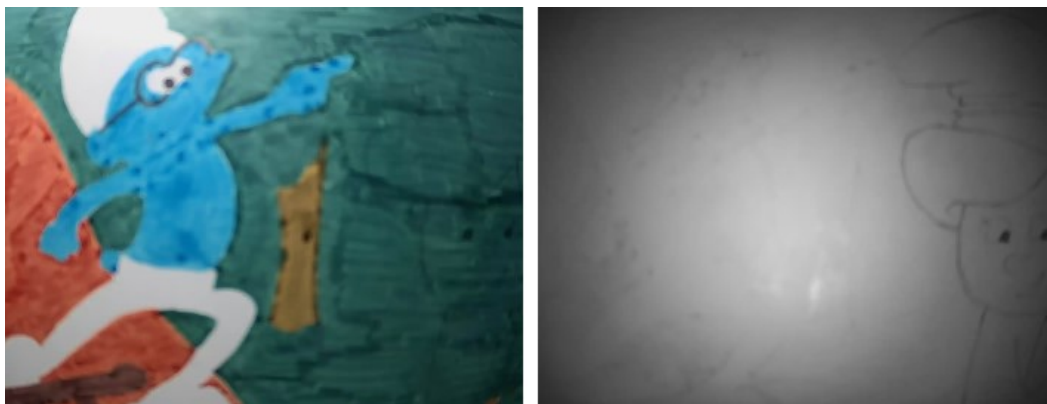
Στην συνέχεια επιλέξαμε τέσσερις διαφορετικές περιοχές του έργου μας με διαστάσεις 50 pixels x 50 pixels και υπολογίσαμε τον μέσο όρο των εντάσεων των pixels για κάθε περιοχή και για κάθε φίλτρο. Με τις μετρήσεις αυτές κατασκευάσαμε το γράφημα της μέσης τιμής της έντασης ανά μήκος κύματος για τις τέσσερις διαφορετικές περιοχές. Το γράφημα απεικονίζεται στην εικόνα 12, ενώ στο ένθετο φαίνονται οι 4 περιοχές που επιλέξαμε. Με σύγκριση του εξαγόμενου φάσματος κάθε περιοχής με πρότυπες χρωστικές θα μπορούσαν να ταυτοποιηθούν οι χρωστικές του δικού μας έργου.



Εικόνα 12: Η μέση τιμή της έντασης των pixels κάθε περιοχή για τα διάφορα φίλτρα (στο ένθετο φαίνονται οι τέσσερις περιοχές).

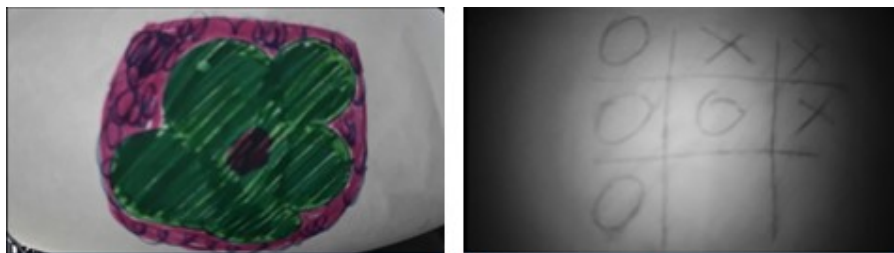
Απεικόνιση στο υπέρυθρο

Όταν η κάμερα βρίσκεται σε κανονική λειτουργία, τότε στον υπολογιστή απεικονίζεται το έργο όπως το βλέπουμε και με τα μάτια μας (εικόνα 10). Όταν όμως η κάμερα τίθεται σε λειτουργία νυκτός, δηλαδή ενεργοποιείται η υπέρυθη ακτινοβολία, τότε εμφανίζεται το προσχέδιο του έργου, όπως φαίνεται στην εικόνα 13.



Εικόνα 13: Η περιοχή του έργου που μελετήσαμε (αριστερά) και η ίδια περιοχή με την υπέρυθη ακτινοβολία

Επειδή το αποτέλεσμα της εν λόγω διαδικασίας ξάφνιασε τους μαθητές μας, η διαδικασία επαναλήφθηκε αρκετές φορές σε διαφορετικά έργα που είχαν δημιουργήσει. Ένα ακόμη παράδειγμα φαίνεται στην εικόνα 14.



Εικόνα 14: Ένα άλλο έργο στο ορατό φάσμα (αριστερά) και η ίδια περιοχή με την υπέρυθρη ακτινοβολία

Συζήτηση

Η συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία αποτελεί μία ευκαιρία για τους μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης να συνδέσουν θεωρητικές έννοιες που υπάρχουν στα σχολικά εγχειρίδια, όπως το H/M φάσμα, φωτόνια, μήκος κύματος, ανάκλαση κλπ, με την παρατήρηση κατάλληλων οπτικών φαινομένων, που συχνά ξεπερνούν τα όρια των δικών μας αισθήσεων. Έρευνες σε διεθνές επίπεδο [5,6,7] φανερώνουν ότι τα φαινόμενα που αφορούν στο φως και τις ιδιότητές του δυσκολεύουν πολύ τους μαθητές όλων των ηλικιακών βαθμίδων, κάτι που επιβεβαιώνεται και από τη δική μας καθημερινή εμπειρία στην τάξη.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι αφενός να βοηθήσει τους μαθητές να έρθουν αντιμέτωποι με τις προσωπικές τους προαντιλήψεις γύρω από το φως και τις ιδιότητές του και να αρθούν οποιεσδήποτε παρανοήσεις και αφετέρου να αποτελέσει μία εναλλακτική πρόταση διδασκαλίας για τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς. Στο πείραμα έχουν χρησιμοποιηθεί υλικά που υπάρχουν στα σχολικά εργαστήρια και ελεύθερα λογισμικά, ενώ το κόστος των επιπλέον εξαρτημάτων είναι χαμηλό.

Τέλος, η εργασία καλλιεργεί τις STEM δεξιότητες των μαθητών, καθώς κατά τη διάρκεια υλοποίησης και εκτέλεσης του πειράματος οι μαθητές έρχονται αντιμέτωποι με διάφορες προκλήσεις σε μαθηματικό, τεχνολογικό και μηχανολογικό επίπεδο. Συγχρόνως, όμως η συγκεκριμένη εργασία περικλείει και την αγάπη των μαθητών για τις τέχνες και τη δημιουργία των δικών τους «έργων τέχνης», καθώς ακολουθήθηκε μία διαθεματική προσέγγιση για την επίτευξη του τελικού στόχου, και θα μπορούσαμε να εισάγουμε και τον όρο «Arts» και να χαρακτηρίσουμε ως STE(A)M το εν λόγω πρότζεκτ.

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον κύριο Κώστα Χατζηγιαννάκη, ερευνητή του Ινστιτούτου Ηλεκτρονικής Δομής και Λείζερ του ΙΤΕ, για την επιστημονική του καθοδήγηση, αλλά και για τον χρόνο που διέθεσε για την επίσκεψη των μαθητών μας στο εργαστήριό του.

Βιβλιογραφία

[1] Βικιπαίδεια. *Μπλε δωμάτιο*.

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CF%80%CE%BB%CE%B5_%CE%94%CF%89%CE%BC%CE%AC%CF%84%CE%B9%CE%BF

[2] Μηχανή του Χρόνου. Το κρυφό μήνυμα στον πίνακα “Βάκχος” του Καραβάτζιο. Ποια είναι η σκοτεινή φιγούρα που δεν ήταν ορατή με γυμνό μάτι... <https://www.mixanitouxronou.gr/to-kryfo-minyma-ston-pinaka-vakxos-tou-karavatzio-poia-einai-i-skoteini-figoura-pou-den-itan-orati-me-gymno-mati/>

[3] Subbarao, M. (1988). *Parallel depth recovery by changing camera parameters*. In 2nd International Conference on Computer Vision, pp. 149-155.

[4] Fontana, R., Barucci, M., Dal Fovo, A., Pampaloni, E., Raffaelli, M. & Striova, J. (2018). *Multispectral IR reflectography for painting analysis*, in: *Advanced Characterization Techniques, Diagnostic Tools and Evaluation Methods*. Heritage Science, Springer, Cham, pp. 33–47. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-75316-4_3

[5] Knight, R., D. (2004). *Five Easy Lessons: Strategies for Successful Physics Teaching*. Addison-Wesley, San Francisco, CA.

[6] Fetherstonhaugh T, & Treagust D., F. (1992). Students’ understanding of light and its properties: teaching to engender conceptual change. *Science Education*, 76, 653-672.

[7] Karrqvist, C., & Andersson, B. (1983). *How Swedish pupils, age 12–15, understand light and its properties*. In H. Helm & J. D. Novak (Eds.), *Proceedings of the International Seminar: Misconceptions in Science and Mathematics*, pp. 380–392, Ithaca, NY: Cornell University.

Παράρτημα

Τα χαρακτηριστικά της κάμερας:

Operation system: Embedded Linux OS

Support 4 visitors at the same time

Image Capture: Image sensor

1/2.7 inch 1080p Progressive Scan CMOS

Minimum Illumination: 0.5Lux (Color mode), 0.1Lux (B&W mode)

Lens: [4.0mm@F2.0](#)

View Angle: 107.7°(diagonal)

Night vision: Dual Filter, IR-Cut, 12 850nm IR LED

IR irradiation distance: 10 m

Video Encode format: H.264 main profile@level:4.0/Motion-JPEG/JPEG

Main Stream: 1080p (1920 x 1080) at 15fps

Sub Stream: 360p (640 x 360) at 15fps

Third Stream: 180p (320 x 180) at 10fps

Bit Rate: 128~4096kbps

Maximum frame rate: 15fps

Image adjustment: Contrast, Brightness, Saturation, Hue

Audio Input: 1 channel line input (3.5 mm connector)/Built-in -48 dB microphone

Output: 1 channel line output (3.5mm connector)/ Built-in speaker (8Ω1 W)

Sampling frequency / width: 8KHz/16bit

Compression standard: ADPCM/32kbps

Ethernet: 10Base-T / 100Base-TX, RJ45 connector

Protocols: TCP/IP,HTTP,TCP,UDP,DHCP,DNS,NTP,RTSP,P2P etc

Wireless LAN: IEEE802.11b/g/n

Wireless LAN Frequency: 2.4~ 2.4835GHz
Wireless LAN security: 64/128-bit WEP/WPA-PSK /WPA2-PSK data encryption
Pan: 355°
Tilt: 120°
Preset position: PC app supports 16 positions, phone app supports 5 positions
Memory: Socket
TF Push-push socket, Maximum support 128GB
Alarm
Alarm Trigger
Motion detection
Rated voltage: DC 5V±5%
Power consumption: Related power 1.75W(IR LED on), Maximum power 4.15W(Pan-tilt on)
Operating condition: Temperature -10~50°C, humidity: <90%
Dimensions: 5.4 x 4.9 x 4.5 in (13.7 x 12.4 x 11.5 cm)

*Το copyright των φωτογραφιών και των σχημάτων ανήκει στους συγγραφείς.



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Greece

*Science on Stage Festival 2024,
Turku, Finland*

Γιατί οι τάρανδοι και όχι οι κόττες; Τα παράξενα των κεραυνών

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

(2^ο Βραβείο 12^{ων} Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών)

Περίληψη

Με πόσους τρόπους μπορεί να χτυπήσει ο κεραυνός ένα ζώο; Πώς ένας κεραυνός μπορεί να σκοτώσει ένα κοπάδι από τάρανδους; Γιατί είναι πιο πιθανό να επιβιώσει μία κότα; Ποια είναι η ασφαλέστερη στάση του σώματός μας σε περίπτωση που είμαστε εκτεθειμένοι σε κεραυνούς στην ύπαιθρο;

Η εργασία περιλαμβάνει πληροφορίες για το φαινόμενο του κεραυνού και τους πιθανούς τρόπους με τους οποίους μπορεί να κεραυνοβοληθεί ένας άνθρωπος ή ένα ζώο, εστιάζοντας ιδιαίτερα στο φαινόμενο του ρεύματος, που διαρρέει επιφανειακά το έδαφος, και είναι εκείνο που προκαλεί τις περισσότερες απώλειες ανά κεραυνό.

Χρησιμοποιώντας τη συσκευή αποτύπωσης ηλεκτρικού πεδίου, που διαθέτουν ήδη τα σχολικά εργαστήρια των λυκείων, ή με κάποια ανάλογη απλή ιδιοκατασκευή αναλύεται με εποπτικό τρόπο γιατί ένας μεγάλο ζώο (τάρανδος, αγελάδα κ.λπ.) κινδυνεύει περισσότερο από μία κότα. Τέλος, δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στους τρόπους προφύλαξης από επικείμενο κεραυνό και στην ασφαλέστερη στάση που πρέπει να έχει το σώμα μας σε περίπτωση που δεν γίνεται να καταφύγουμε σε κάποιο ασφαλές μέρος. Όλη η δραστηριότητα βασίζεται στη λειτουργία απλών κυκλωμάτων.

Abstract

How many ways can lightning strike an animal? How can a lightning kill a herd of reindeer? Why is a hen more likely to survive? What is the safest position of our body in case we expect lightning when we are outdoors?

The paper includes information on the phenomenon of lightning and the possible ways in which a person or animal can be struck by it, focusing in particular on the phenomenon of current, which flows through the surface of the ground, and is what causes the most losses per lightning.

Using the electric field recording device, which is already available in high school laboratories, or with some similar simple self-construction, it is demonstrated why a large animal (reindeer, cow, etc.) is in more danger than a hen. Finally, special attention is paid to the ways to prevent impending lightning and to the safest position that our body should have in case we cannot take refuge in a safe place. The activity is based on the operation of simple circuits.

Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

Ο κεραυνός είναι ένα από τα πιο εντυπωσιακά ατμοσφαιρικά φαινόμενα και ανέκαθεν δημιουργούσε δέος στον άνθρωπο. Από την εποχή του Φραγκλίνου ως τις μέρες μας η

επιστήμη έχει σταδιακά κατανοήσει σε μεγάλο βάθος το φαινόμενο, ωστόσο ο κίνδυνος για τον άνθρωπο και τα ζώα δεν έχει εκλείψει. Από το 2001 σαράντα άνθρωποι έχουν χάσει τη ζωή τους στην Ελλάδα (www.meteo.gr), ενώ στις ΗΠΑ το 2022 πέθαναν είκοσι δύο άτομα (National Weather Service (a)).

Υπάρχουν αρκετοί διαφορετικοί τρόποι με τους οποίους ένας κεραυνός μπορεί να προκαλέσει τον τραυματισμό ή τον θάνατο ενός ανθρώπου ή ζώου (National Weather Service (b)). Ο πιο επικίνδυνος είναι εκείνος που μάλλον έχουν στο μυαλό τους οι περισσότεροι άνθρωποι όταν σκέφτονται ότι κάποιος χτυπήθηκε από κεραυνό, δηλαδή το απευθείας «χτύπημα» του κεραυνού στο θύμα. Καθώς η διάμετρός ενός τυπικού κεραυνού είναι της τάξης των 2,5 cm (Uman, 1986) είναι φανερό πως όταν υπάρχουν πολλά θύματα από έναν κεραυνό δεν μπορεί όλα τους να κεραυνοβολήθηκαν απευθείας.

Σε μία άλλη περίπτωση ένας δευτερεύοντας σπινθήρας «χτυπάει» το θύμα αν αυτό π.χ. για να προστατευθεί από τη βροχή στέκεται δίπλα σε ένα δέντρο ή ένα μη γειωμένο στέγαστρο, το οποίο κεραυνοβολείται. Άλλο είδος κεραυνοβολήσης μπορεί να συμβεί αν το θύμα αγγίζει σημείο μεγάλου σε μήκος αγωγού (μεταλλικός φράκτης, καλώδια, μεταλλικοί σωλήνες) ενώ ο κεραυνός «χτυπάει» κάποιο άλλο απομακρυσμένο σημείο του.

Η περίπτωση που σχετίζεται περισσότερο με την παρούσα εργασία και προκαλεί τα περισσότερα θύματα ανά κεραυνό είναι η κεραυνοβολήση μέσω ρευμάτων επιφανείας του εδάφους (ground current). Ένας τυπικός κεραυνός συνοδεύεται από ένταση ρεύματος 30.000 A και τάση 300.000.000 V για χρονική διάρκεια της τάξης του 0,01 ms (National Weather Service (c)). Το φορτίο στο έδαφος κινείται ακτινικά και η έντασή του, όπως και η τάση, μειώνονται αντιστρόφως ανάλογα με το τετράγωνο της απόστασης από το σημείο που χτύπησε ο κεραυνός (Uman, 1992) και συνήθως μηδενίζονται μέσα σε λίγες δεκάδες μέτρα. Αυτό δημιουργεί μία μεγάλη βηματική τάση, δηλαδή μεγάλες διαφορές δυναμικού (της τάξης των εκατοντάδων ή και χιλιάδων Volt) ανάμεσα σε σημεία του εδάφους που απέχουν λίγο μεταξύ τους, όσο π.χ. η απόσταση ανάμεσα στα πόδια ενός ανθρώπου ή ενός ζώου⁷. Οι διαφορές αυτές είναι μεγαλύτερες κοντά στο σημείο που χτύπησε ο κεραυνός. Καθώς ο κίνδυνος αφορά μία αρκετά μεγάλη περιοχή είναι πιθανό να υπάρξουν πολλά θύματα σε τέτοιες περιπτώσεις. Παραθέτουμε ενδεικτικά το περιστατικό με τον θάνατο 323 ταράνδων από έναν κεραυνό στη Νορβηγία το 2016 (Libell, 2016).

Ωστόσο, είναι ενδιαφέρον πως σε πολλές περιπτώσεις ρευμάτων επιφανείας αναφέρονται θάνατοι μεγάλων ζώων (αγελάδες, άλογα, τάρανδοι κ.λπ.) ενώ κόττες ή πάπιες, που ήταν στο ίδιο σημείο, επιζούν (Andrews, 1992). Το φαινόμενο ίσως φαίνεται παράδοξο σε πρώτη ανάγνωση αλλά εξηγείται εύκολα. Αρχικά τα πόδια των μεγάλων ζώων –ειδικά τα εμπρός από τα πίσω– απέχουν μεταξύ τους σημαντικά περισσότερο από ότι εκείνα των πτηνών, άρα είναι «συνδεδεμένα» με μεγαλύτερη διαφορά δυναμικού με το έδαφος. Επίσης, τα πτηνά, ενώ έχοντας δύο πόδια μπορεί να πατούν σε ισοδυναμικά σημεία και να μην διαρρέονται από ρεύμα, ενώ τα μεγάλα ζώα με τέσσερα πόδια αποκλείεται να είναι τόσο τυχερά. Τέλος, η καρδιά στα μεγάλα ζώα βρίσκεται μέσα στη διαδρομή εμπρός πόδια – πίσω πόδια την οποία

⁷ Η διαφορά δυναμικού V ανάμεσα στα πόδια ενός ζώου εξαιτίας ενός κεραυνού δίνεται από τη σχέση:

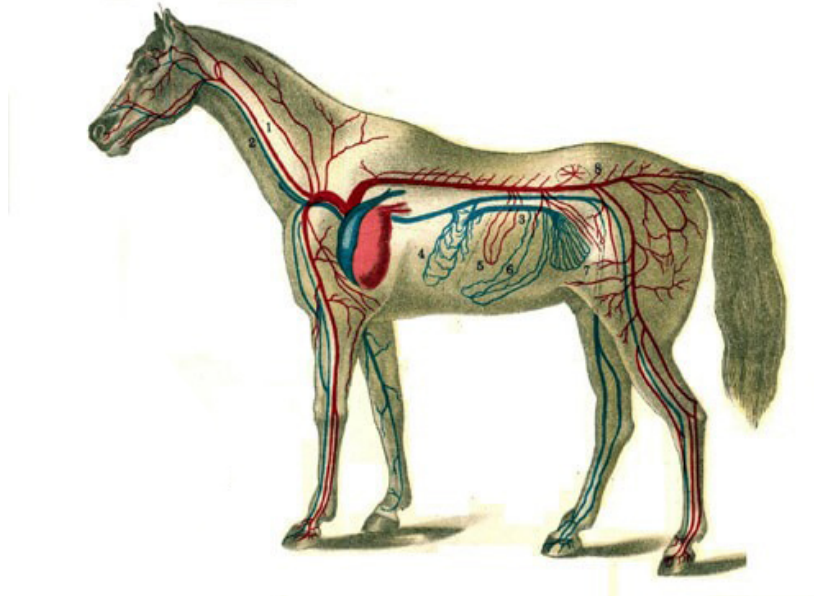
$$V = \frac{I}{2\pi\sigma} \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{d+s} \right) = \frac{I}{2\pi\sigma} \left(\frac{s}{d(d+s)} \right)$$

d: η απόσταση ανάμεσα στο σημείο που χτύπησε ο κεραυνός στο έδαφος και στο πόδι του ζώου που είναι πιο κοντά στο σημείο αυτό,

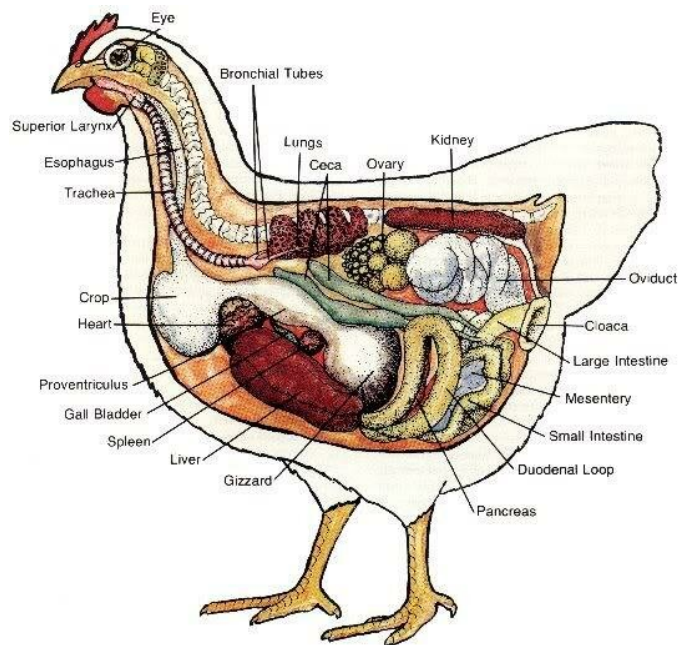
s: η απόσταση ανάμεσα στα πόδια του ζώου στην κατεύθυνση που χτύπησε ο κεραυνός,

σ: η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους. (Uman, 1992).

θα ακολουθήσει το ηλεκτρικό ρεύμα, ενώ στα πτηνά η καρδιά βρίσκεται ψηλότερα και θα κινδυνεύσει λιγότερο (εικόνες 1 και 2).



Εικόνα 1: Η θέση της καρδιάς σε ένα άλογο⁸



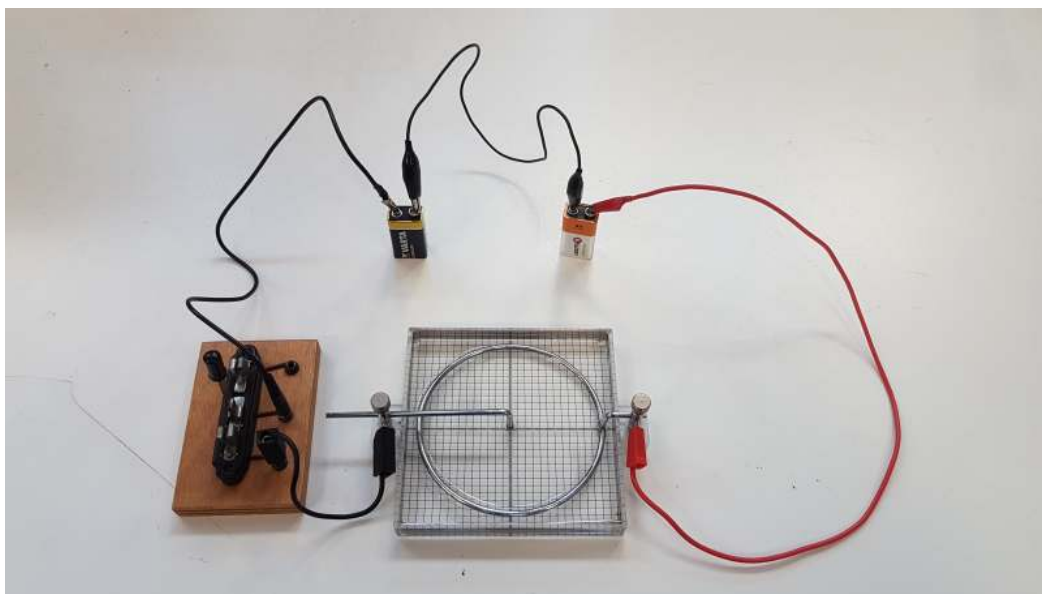
Εικόνα 2: Η θέση της καρδιάς σε μία κότα⁹

⁸ Εισαγωγή εικόνας από: <https://janicelblake.com/the-horses-great-big-healing-heart/>

³ Εισαγωγή εικόνας από: Anatomy and Physiology of Poultry (Perham, 2010).

Περιγραφή εργασίας

Στόχος της πρότασης είναι η δημιουργία μίας απλής και οικονομικής διάταξης με την οποία οι μαθητές να μπορούν να μελετήσουν ποιοτικά την επίδραση ενός «κεραυνού» σε μικρά και μεγάλα ζώα. Βασικό τμήμα της όλης διάταξης είναι η συσκευή αποτύπωσης ηλεκτρικού πεδίου (Αμαξοτεχνική), η οποία υπάρχει σε πολλαπλότητα σε όλα τα σχολικά εργαστήρια φυσικών επιστημών που έχουν εξοπλιστεί με το πρόγραμμα ΕΠΕΑΕΚ. Ωστόσο, μπορεί εξίσου καλά να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε σχετικά πλατύ και ρηχό πλαστικό σκεύος και ένα μεταλλικό ηλεκτρόδιο, όπως ένα καρφί. Δύο μπαταρίες τύπου 6LR61 (9 V) σε σειρά ή ένα τροφοδοτικό χαμηλών τάσεων, ένας μαχαιρωτός διακόπτης και λίγα καλώδια ολοκληρώνουν τη διάταξη (εικόνα 3). Η τάση εφαρμόζεται στα δύο ηλεκτρόδια της συσκευής αποτύπωσης ηλεκτρικού πεδίου στην οποία έχει τοποθετηθεί νερό με βάθος περίπου 0,5 cm.



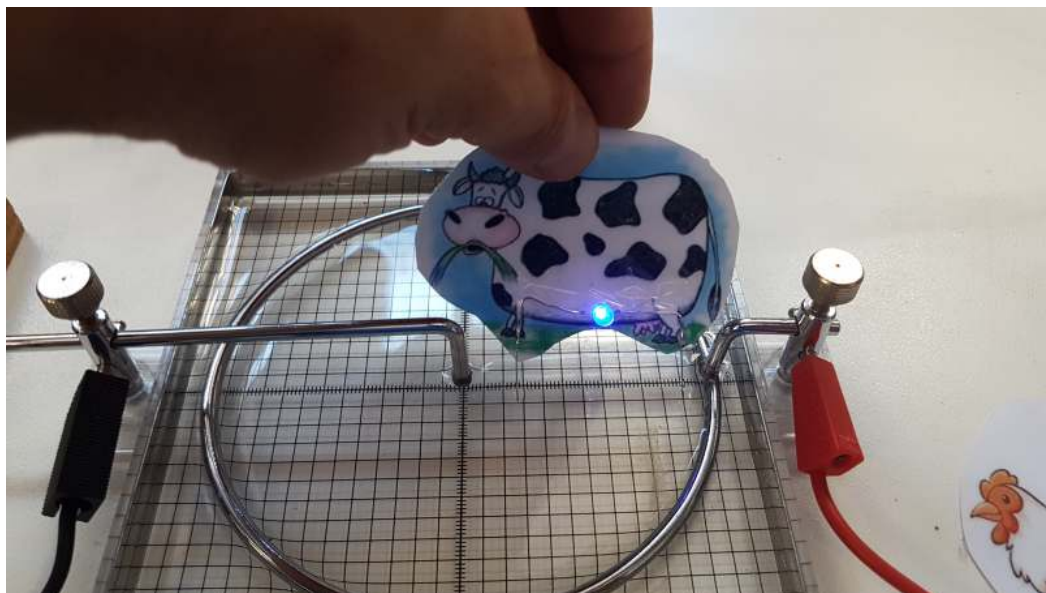
Εικόνα 3: Η διάταξη για τη μελέτη των «κεραυνών»

Το ηλεκτρόδιο στο κέντρο της διάταξης αναπαριστά το σημείο στο οποίο ο κεραυνός χτυπάει το έδαφος. Το φορτίο κινείται ακτινικά προς το κυκλικό ηλεκτρόδιο (ή αντίθετα ανάλογα με την πολικότητα της σύνδεσης). Αν υπάρχει διαθέσιμος χρόνος προτείνεται, χωρίς να είναι απολύτως απαραίτητο, να ληφθούν μετρήσεις της διαφοράς δυναμικού ανάμεσα στο ηλεκτρόδιο και σε σημεία μίας ακτίνας που ισαπέχουν μεταξύ τους, ώστε να ελεγχθεί αν η τάση είναι αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης από το σημείο που χτύπησε ο «κεραυνός».

Δύο χάρτινες φιγούρες μίας αγελάδας και μίας κότας έχουν πλαστικοποιηθεί ώστε να είναι αδιάβροχες. Σε κάθε φιγούρα έχει κολληθεί ένα μπλε LED τα άκρα του οποίου καταλήγουν στα άκρα των ποδιών¹⁰. Προφανώς τα άκρα απέχουν περισσότερο στην αγελάδα από ότι στην

¹⁰ Σε μία μελλοντική βελτίωση θα προσπαθήσουμε να μετατρέψουμε το κύκλωμα στη φιγούρα της αγελάδας ώστε να προσομοιώσουμε πως έχει τέσσερα πόδια.

κότα. Οι μαθητές φέρνουν τα άκρα των LED¹¹ σε επαφή με διάφορα σημεία της επιφάνειας του νερού (κοντά και μακριά από τον «κεραυνό») και σε διάφορες κατευθύνσεις (ακτινικά – εφαπτομενικά – τυχαία) και παρατηρούν αν και πόσο φωτοβολεί το LED, δηλαδή αν και πόσο έντονα κεραυνοβολήθηκε το ζώο από το έδαφος (εικόνες 4 έως 9).

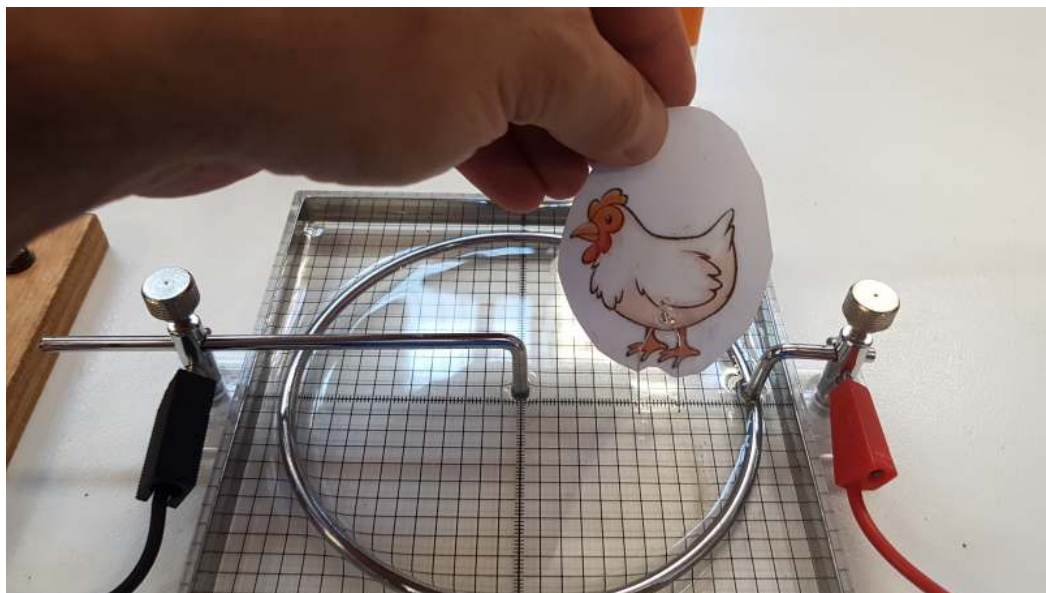


Εικόνα 4: Το LED ανάβει όπως και αν τοποθετήσουμε την αγελάδα αν τα πόδια της είναι τοποθετημένα πάνω σε μία ακτίνα.



Εικόνα 5: Το LED δεν ανάβει αν τοποθετήσουμε την αγελάδα με τα πόδια της εφαπτομενικά ως προς τον «κεραυνό» καθώς τότε είναι πάνω σε ισοδυναμικά σημεία.

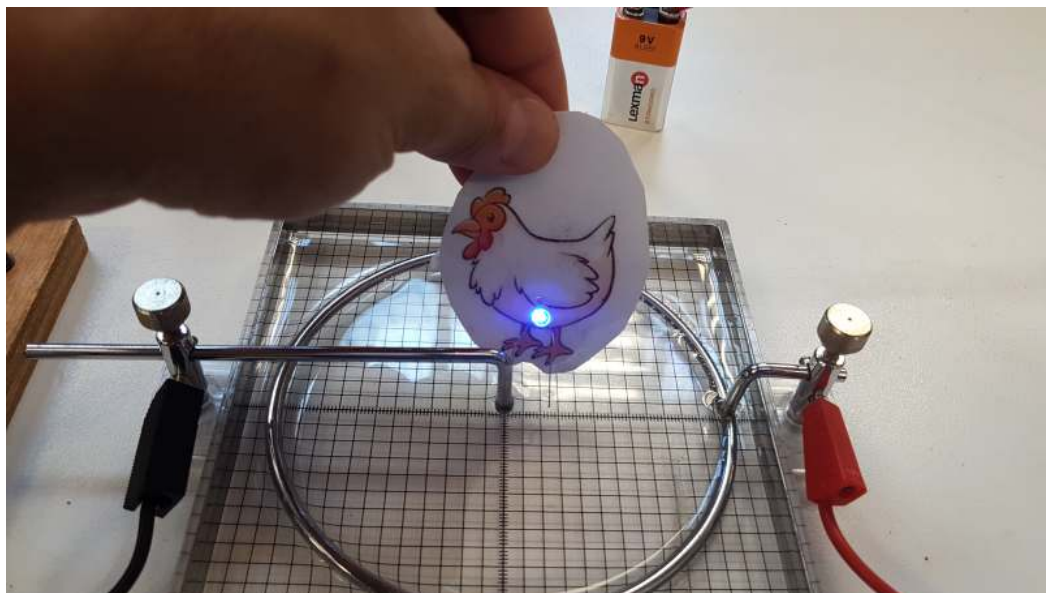
¹¹ Προτείνεται η πολικότητα των LED να είναι ίδια και στις δύο φιγούρες (π.χ. το θετικό άκρο του LED προς το κεφάλι) ώστε η σύγκριση ανάμεσα στα δύο «ζώα» να γίνεται με τον ίδιο τρόπο.



Εικόνα 6: Το LED δεν ανάβει αν τοποθετήσουμε την κότα με τα πόδια της τοποθετημένα πάνω σε μία ακτίνα και σε μεγάλη απόσταση από τον «κεραυνό»



Εικόνα 7: Το LED ανάβει αλλά φωτοβολεί λίγο αν τοποθετήσουμε την κότα με τα πόδια της τοποθετημένα πάνω σε μία ακτίνα και σε μικρή απόσταση από τον «κεραυνό»



Εικόνα 8: Το LED ανάβει έντονα αν τοποθετήσουμε την κότα με τα πόδια της τοποθετημένα πάνω σε μία ακτίνα και δίπλα από τον «κεραυνό»



Εικόνα 9: Το LED δεν ανάβει αν τοποθετήσουμε την κότα με τα πόδια της τοποθετημένα εφαπτομενικά σε σχέση με τον «κεραυνό»

Είναι σχεδόν σίγουρο πως αργά ή γρήγορα οι μαθητές θα αναρωτηθούν ποια είναι η ασφαλέστερη στάση που μπορεί να έχει ένας άνθρωπος αν είναι εκτεθειμένος στην ύπαιθρο ενώ πλησιάζει καταιγίδα με κεραυνούς. Σύμφωνα με την προσωπική μας εμπειρία οι μαθητές αντιλαμβάνονται εύκολα πως ο πρωταγωνιστής μας πρέπει να παραμείνει όσο πιο χαμηλά γίνεται για να μην χτυπηθεί απευθείας από κεραυνό. Συχνά προτείνουν πως θα έπρεπε να ξαπλώσει, αλλά έχοντας κάνει τις δοκιμές με την κότα και την αγελάδα αντιλαμβάνονται

σύντομα πως κάτι τέτοιο θα εξέθετε τον άνθρωπό μας σε μεγάλες διαφορές δυναμικού στο έδαφος. Η πρόταση να μείνει όρθιος στο ένα πόδι λύνει σε μεγάλο βαθμό το πρόβλημα με τη διαφορά δυναμικού, αλλά όχι εκείνο του ύψους. Επιπλέον μία τέτοια στάση δεν είναι ιδιαίτερα βολική, πόσο μάλλον εν μέσω καταιγίδας. Η ιδανική στάση είναι εκείνη της εικόνας 10. Το χαμηλό ύψος που εξασφαλίζει η συγκεκριμένη στάση είναι προφανές. Εκείνο που δεν φαίνεται με την πρώτη ματιά είναι η προστασία που προσφέρουν οι ενωμένες φτέρνες, που δεν ακουμπούν στο έδαφος. Ουσιαστικά με τον τρόπο αυτόν δημιουργούνται δύο αγωγίμες διαδρομές στο σώμα συνδεδεμένες παράλληλα. Η μία διαδρομή είναι: αριστερό πέλμα – αριστερή φτέρνα – δεξιά φτέρνα – δεξί πέλμα, ενώ η άλλη διαδρομή είναι αριστερό πέλμα – αριστερό πόδι – κορμός – δεξί πόδι – δεξί πέλμα. Σε περίπτωση κεραυνοβόλησης από το έδαφος η ένταση του ρεύματος θα είναι σημαντικά μεγαλύτερη στη διαδρομή με τη μικρότερη αντίσταση, δηλαδή στην πρώτη. Ως αποτέλεσμα ο κορμός και τα σημαντικά όργανά του θα παραμείνουν σχετικά ασφαλή και ο άνθρωπος θα επιζήσει, ενώ τυχόν τραυματισμός θα περιοριστεί στα πέλματα (Davis et al., 2012). Ταυτόχρονα, τα μέλη της ομάδας θα πρέπει να απέχουν 50-100 μέτρα μεταξύ τους ώστε να αποφευχθεί η ταυτόχρονη κεραυνοβόληση όλης της ομάδας. Είναι απαραίτητο, πάντως, να τονιστεί πως καμία θέση δεν μας προστατεύει απόλυτα από κεραυνό στην ύπαιθρο και πρέπει να φροντίζουμε να μην είμαστε εκτεθειμένοι σε περιπτώσεις καταιγίδας.



Εικόνα 10: Η ασφαλέστερη στάση του σώματος για προστασία από κεραυνό σε ανοικτό χώρο¹².

Βιβλιογραφία

5. C. J. Andrews: “*Lightning injuries: Electrical, medical, and legal aspects*”. (CRC Press, Boca Raton, Fla, 1992)

¹² Εισαγωγή εικόνας από:

<https://ethelontesmikras.gr/%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1-%CE%B1%CF%80%CF%8C-%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%82-%CE%BA%CE%B5%CF%81%CE%B1%CF%85%CE%BD%CE%BF%CF%8D%CF%82/>

6. C. Bouqueneau, V. Rakov: “*How dangerous is lightning?*” (Dover Publications, New York, 2010)
 7. C. Davis, A. Engeln, E. Johnson, S. McIntosh, K. Zafren, A. A. Islas, C. McStay, W. Smith, T. Cushing: “*Wilderness medical society practice guidelines for the prevention and treatment of lightning injuries*”, Wilderness Environ Med. 23(3), (2012), σελ. 260-269
 8. H. P. Libell: Lightning Strike Kills More Than 300 Reindeer in Norway. *The New York Times*. Ανακτήθηκε από <https://www.nytimes.com/2016/08/30/world/europe/hardangervidda-norway-lightning-reindeer.html> (29 Αυγούστου 2016)
 9. National Weather Service (a), Lightning Fatalities in 2022 https://www.weather.gov/safety/lightning_fatalities22 (ημερομηνία προσπέλασης: 19/7/2024)
 10. National Weather Service (b), Lightning Science: Five Ways Lightning Strikes People, <https://www.weather.gov/safety/lightning-struck> (ημερομηνία προσπέλασης: 19/7/2024)
 11. National Weather Service (c), How Powerful Is Lightning? <https://www.weather.gov/safety/lightning-power> (ημερομηνία προσπέλασης: 19/7/2024)
 12. M. Uman: “*All about lightning*” (Dover Publications, New York, 1986)
 13. M. Uman: “*Physics of lightning phenomena*” στο “*Lightning Injuries: Electrical, Medical, and Legal Aspects*” (CRC Press, New York, 1992)
 14. Αμαξοτεχνική, Συσκευή Αποτύπωσης Ηλεκτρικού Πεδίου. (χ.χ.)
 15. Το σύστημα Talos, https://www.meteo.gr/talos/thunder_victims.cfm (ημερομηνία προσπέλασης: 19/7/2024)
- *Το copyright των φωτογραφιών και των σχημάτων ανήκει στον συγγραφέα.



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Greece

Science on Stage Festival 2024, Turku, Finland

Το Πρώτο Σκαλί

Μιχαλόπουλος Βασίλης, Φυσικός, v.michalopoulos@bougas-school.com

Γιαννακέας Δημήτρης, Βιολόγος, d.giannakeas@bougas-school.com

Λεμπέση Ελένη, Χημικός, l.lebesi@bougas-school.com

Εκπαιδευτήρια Μπουγά, Καλαμάτα

(3^ο Βραβείο 12^{ων} Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών)

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αποτελεί μία εκπαιδευτική πρόταση δημιουργίας ιδιοκατασκευής με απώτερο στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας και τη σύνδεση της εκπαίδευσης με τη βιωσιμότητα. Περιλαμβάνεται ένα φύλλο εργασίας βασισμένο στην επιστημονική/εκπαιδευτική μέθοδο με διερεύνηση, που εστιάζει στον σχεδιασμό και στην επίλυση προβλήματος. Τέλος η ιδιοκατασκευή αποτελείται από απλά καθημερινά υλικά και χαμηλού κόστους κτήσης συσκευές, συνδυάζει τις επιμέρους έννοιες της εκπαίδευσης STEM και προσεγγίζει 3 από τους 17 στόχους για τη βιώσιμη ανάπτυξη (φθηνή και καθαρή ενέργεια, βιώσιμες πόλεις και κοινότητες, δράση για το κλίμα).

Abstract

This paper is an educational proposal for developing self-construction with the ultimate goal of saving energy and connecting education with sustainability. An inquiry-based worksheet is included, focusing on designing and problem solving. Finally, self-construction consists of simple everyday materials and low-cost devices, it combines the individual concepts of STEM education and it approaches 3 out of the 17 goals for sustainable development (cheap and clean energy, sustainable cities and communities, climate action).

Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

Στη σημερινή εποχή η κλιματική αλλαγή έχει πάψει να δείχνει κάτι μακρινό και αργά εξελισσόμενο, και ήδη βιώνουμε τις συνέπειές της. Ως εκ τούτου, η δράση που πρέπει να λάβουμε ως πολίτες και ως κοινωνία οφείλει να είναι άμεση, εκπαιδεύοντας και ευαισθητοποιώντας παράλληλα τη νέα γενιά. Στο κομμάτι της ενέργειας οι κύριες δράσεις είναι δύο. Η μείωση της ενεργειακής σπατάλης και η αντικατάσταση των καυσίμων με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Με αφορμή λοιπόν τον στόχο βιώσιμης ανάπτυξης για καθαρή ενέργεια, η προσπάθεια επικεντρώθηκε στην κατασκευή μιας απλής συσκευής η οποία θα εκμεταλλεύεται τις καθημερινές μας συνήθειες και ανάγκες και θα μειώνει τις ενεργειακές μας απαιτήσεις. Συγκεκριμένα κατασκευάστηκε ένα σκαλοπάτι του οποίου το άνω μέρος είναι κινητό. Κάθε φορά που πατάμε πάνω του, το κινητό μέρος κατεβαίνει για λίγα εκατοστά και πιέζει μία τρόμπα αέρος και έτσι κάθε φορά που πατάμε στο σκαλοπάτι, από την τρόμπα εξάγεται αέρας. Ο αέρας καθώς εξάγεται, περιστρέφει έναν έλικα ο οποίος είναι ενσωματωμένος στον άξονα μιας ηλεκτρογεννήτριας. Η περιστροφή του άξονα έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή ενέργειας, ικανής να ανάψει έναν λαμπτήρα LED. Έτσι, καταφέρνουμε να φωτοβολήσουμε τον λαμπτήρα, και κατ'επέκταση το σκαλοπάτι, χωρίς να

χρειαστεί να καταναλώσουμε ηλεκτρική ενέργεια από κάποιον πάροχο. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούσαμε αντί να πατάμε τον διακόπτη του διαδρόμου σε μια πολυκατοικία και να ανάβουμε τους λαμπτήρες όλου του κλιμακοστασίου, πατώντας στο κάθε σκαλί να φωτοβολούμε το επόμενο ώστε να βλέπουμε που πατάμε. Από φυσικής και ενεργειακής άποψης, η δυναμική ενέργεια του ατόμου που πατά πάνω στο σκαλί, μειώνεται κάθε φορά κατά ένα μικρό ποσοστό λόγω της μείωσης του ύψους του καθώς το σκαλί κατεβαίνει. Αυτό το ποσοστό δυναμικής ενέργειας μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του αέρα, ο οποίος με τη σειρά του περιστρέφει τον έλικα της ηλεκτρογεννήτριας. Εν τέλει, η κινητική ενέργεια της ηλεκτρογεννήτριας, μετατρέπεται σε ηλεκτρική και μέσω του LED σε φωτεινή. Άρα ουσιαστικά καταφέρνουμε να παράγουμε ηλεκτρική ενέργεια μέσω μία μικρής επιπλέον κούρασης του ατόμου που ανεβαίνει η κατεβαίνει τα σκαλιά

Περιγραφή εργασίας

Είναι εύκολο να φανταστούμε ένα λεπτό επίπεδο στρώμα φουσκωμένο με αέρα που καλύπτει το δάπεδο μιας αίθουσας. Καθώς βηματίζουμε πάνω σε αυτό το δάπεδο το πέλμα μας πιέζει μια περιοχή του στρώματος και αναγκάζει τον αέρα αυτής της περιοχής να εξέλθει από το επιδαπέδιο αεροθάλαμο, ο εξερχόμενος αέρας οδηγείται μέσω αγωγού και θέτει σε περιστροφική κίνηση μια μικροσκοπική γεννήτρια ηλεκτρικού ρεύματος. Αυτό το ηλεκτρικό ρεύμα τροφοδοτεί ένα LED.

Επίσης εύκολο είναι να φανταστούμε μικρά μαξιλάρια φουσκωμένα με αέρα τοποθετημένα στα σκαλοπάτια μια εσωτερικής σκάλας. Πατώντας πάνω στους μικρούς αεροθαλάμους καθώς ανεβαίνουμε τη σκάλα ο αέρας που αναγκάζεται να εξέλθει θέτει σε κίνηση μια μικροσκοπική γεννήτρια που τροφοδοτεί ένα μικρό λαμπάκι και φωτίζει το επόμενο σκαλοπάτι.

Παρόμοιες ιδέες και προτάσεις συζητούνται μεταξύ των μαθητών και μελετιούνται στο πλαίσιο εργασιών για την ορθολογική χρήση της ενέργειας και τη βιωσιμότητα.

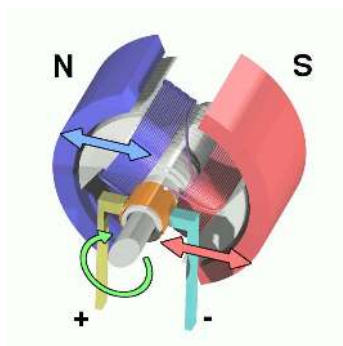
Φύλλα εργασίας

Ενέργεια από την καθημερινότητα

Η ζωή μας είναι γεμάτη από γεννήτριες ηλεκτρικού ρεύματος αφού η καθημερινότητά μας είναι συνδεδεμένη σε μεγάλο βαθμό με τη χρήση ηλεκτρικών συσκευών. Στην ουσία ηλεκτρογεννήτρια είναι ένας εναλλάκτης ενέργειας που μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια άλλης μορφής.

Υπάρχουν διάφορα είδη ηλεκτρογεννητριών, όπως οι ανεμογεννήτριες που μετατρέπουν σε ηλεκτρική την ενέργεια του ανέμου (αιολική ενέργεια), οι υδατογεννήτριες που μετατρέπουν σε ηλεκτρική την κινητική ενέργεια του νερού. Στα εργοστάσια της ΔΕΗ αξιοποιούνται γεννήτριες που για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος χρησιμοποιούν πετρέλαιο, φυσικό αέριο και διάφορα άλλα υλικά.

Στην εποχή στην οποία ζούμε, όπου η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ένα μεγάλο πρόβλημα με πολλαπλές προεκτάσεις (αναπνευστικά προβλήματα, φαινόμενο θερμοκηπίου, κλιματική αλλαγή κ.α.), ποιες από τις παρακάτω γεννήτριες πιστεύετε πως συμφέρει να χρησιμοποιούμε για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και γιατί;



Παρά τις διαφορές τους, όλες έχουν ακριβώς την ίδια αρχή λειτουργίας. Πάνω σε έναν άξονα βρίσκονται στερεωμένα ορισμένα πηνία. Γύρω από τα πηνία υπάρχουν σταθερά τοποθετημένοι μαγνήτες. Όταν ο άξονας περιστρέφεται και μαζί του περιστρέφονται και τα πηνία μέσα στο μαγνητικό πεδίο των μαγνητών, τότε εμφανίζεται (παράγεται) ηλεκτρικό ρεύμα. Με αυτόν τον τρόπο, η κινητική ενέργεια του άξονα, μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια (Εικόνα 1).

Εικόνα 1: Εσωτερικό Ηλεκτρογεννήτριας

Το πρώτο σκαλί...

Στην καθημερινή μας ζωή κινούμαστε και ενεργούμε συνεχώς, μετατρέποντας χημική ενέργεια που παίρνουμε από τις τροφές σε διάφορες άλλες μορφές ενέργειας. Εάν

καταφέρναμε ένα μέρος της ενέργειάς μας να την μετατρέψουμε σε ηλεκτρική, τότε θα είχαμε μειώσει έστω και λίγο την ανάγκη μας για καύσιμα.

Μία από τις ενέργειες που κάνουμε όλοι καθημερινά, είναι το να ανεβαίνουμε σκάλες. Ακόμα και αν χρησιμοποιούμε τον ανελκυστήρα, συνήθως ανεβαίνουμε έστω 1-2 σκαλοπάτια μέσα στη διάρκεια της μέρας. Κάθε φορά που ανεβαίνουμε σε ένα σκαλοπάτι, αυξάνουμε το ύψος στο οποίο βρισκόμαστε και έτσι αυξάνουμε τη δυναμική μας ενέργεια. Τι θα συνέβαινε όμως αν θυσιάζαμε ένα μικρό μέρος της δυναμικής μας ενέργειας και το μετατρέπαμε σε ηλεκτρική;

Μπορείτε να σχεδιάσετε ένα σκαλοπάτι που να μετατρέπει ένα μέρος της δυναμικής μας ενέργεια σε ηλεκτρική;



Εικόνα 2 Σκάλες



Αρχική ιδέα σχεδιασμού

Στο πλαίσιο που ακολουθεί, καταγράψτε τα υλικά που θα χρειαστείτε και σχεδιάστε το σκαλοπάτι σας.



Όπως είδαμε και προηγουμένως, για να αποδώσει η γεννήτρια ηλεκτρική ενέργεια, χρειάζεται να περιστραφεί ο άξονας με τα πηνία. Με ποιόν τρόπο/μηχανισμό θα καταφέρει λοιπόν το σκαλοπάτι όταν ανεβαίνουμε πάνω του, να περιστρέψει τον άξονα;

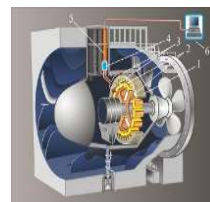


Έρευνα



**Εικόνα 3 Εσωτερικό
Ανεμογεννήτριας**

Στις διπλανές φωτογραφίες βλέπουμε το εσωτερικό μίας ανεμογεννήτριας και μια υδρογεννήτριας. Τα κύρια μέρη τους είναι αυτά που αναφέραμε και στην αρχή. Παρατηρείτε κάτι κοινό στις δύο γεννήτριες;



**Εικόνα 4 Εσωτερικό
υδρογεννήτριας**

Μπορείτε να περιγράψετε τον μηχανισμό περιστροφής του άξονα στις γεννήτριες αυτές;

Τι χρειαζόμαστε για να θέσουμε σε λειτουργία μία γεννήτρια σαν τις εικονιζόμενες;

Γνωρίζετε κάποιο αντικείμενο της καθημερινής μας ζωής στο οποίο όταν πατάμε πάνω του να εξάγει αέρα;



Επανασχεδιασμός ιδέας

Στο πλαίσιο που ακολουθεί σχεδιάστε και πάλι το σκαλοπάτι σας. Έχετε στη διάθεσή σας ένα ξύλινο σκαλοπάτι με μία κινητή επιφάνεια, μία αντλία ποδιού με ακροφύσιο και μία γεννήτρια με ενσωματωμένο έλικα.



**Εικόνα 5 Ξύλινο
Σκαλοπάτι**



**Εικόνα 6
Τρόμπα αέρος**



**Εικόνα 7
Ηλεκτρογεννήτρι
α**



Ανεβαίνοντας τη σκάλα...



Υλοποίηση κατασκευής

Κατασκευάστε το «ενεργειακό σκαλοπάτι» που μόλις σχεδιάσατε.

Ποιες δυσκολίες συναντήσατε που δεν είχατε προβλέψει και πως επιλύσατε τα προβλήματα;

Με ποιόν τρόπο θα μπορούσατε να δοκιμάσετε αν η κατασκευή σας είναι επιτυχημένη;

Συνδέστε κάθε φορά στην ηλεκτρογεννήτρια ένα διαφορετικό λαμπτήρα (LED, πυρακτώσεως, φθορίου κλπ). Τι παρατηρείτε; Ανάβουν όλοι οι λαμπτήρες και φωτοβολούν το ίδιο; Ποιο είδος λαμπτήρα μας συμφέρει να τροφοδοτούμε με το σκαλοπάτι μας;



Εφαρμογή ιδέας

Συγχαρητήρια. Καταφέρατε να φτιάξετε ένα σκαλοπάτι που παράγει ενέργεια χωρίς καύσιμα. Η ενέργεια όμως είναι χρήσιμη μόνο όταν χρησιμοποιείται... Σκεφτείτε και καταγράψτε τρόπους χρήσης του σκαλοπατιού, ώστε να μην χρειάζεται να καταναλώνουμε ενέργεια που προέρχεται από μη ανανεώσιμες πηγές.

Προσπαθήστε να σκεφτείτε άλλες κατασκευές στην καθημερινή ζωή που θα μπορούσαν να εξοικονομήσουν ενέργεια όπως το σκαλοπάτι σας.

Το 2015 τα κράτη του κόσμου συμφώνησαν και έθεσαν 17 στόχους για τη βιώσιμη ανάπτυξη. Οι στόχοι αυτοί διακρίνονται στη φωτογραφία. Σε ποιους από στόχους θεωρείτε πως έχετε συμβάλει και εσείς με το ενεργειακό σκαλοπάτι που μόλις κατασκευάσατε;



Εικόνα 8 Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης

Θεωρείτε πως είναι σημαντικό να προσπαθούμε συνεχώς να δρούμε με βάση αυτούς τους 17 στόχους και γιατί;

Ένα μικρό σκαλοπάτι για εμάς, ένα μεγάλο σκαλοπάτι για το περιβάλλον!

Εισαγωγή εικόνων από:

Εικόνα 1) https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_motor

Εικόνα 2) <http://eparketa.gr/>

Εικόνα 3) <https://www.popsoci.com/how-it-works-next-gen-wind-turbine/>

Εικόνα 4) <https://www.intechopen.com/chapters/69784>

Εικόνα 5) -

Εικόνα 6) <https://www.skroutz.gr/s/11875756/Amila-Trompa-Podiou-gia-Fouskota-69611.html>

Εικόνα 7) <https://hz.ru.aliexpress.com/i/1005001657060706.html>

Εικόνα 8) <https://unric.org/el/17-%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%87%CE%BF%CE%B9-%CE%B2%CE%B9%CF%89%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%B7%CF%83-%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CF%80%CF%84%CF%85%CE%BE%CE%B7%CF%83/>

Βιβλιογραφία

1. Α. Αντωνίου Νικόλαος, Β. Δημητριάδης Παναγιώτης, C. Καμπούρης Κωνσταντίνος, D. Παπαμιχάλης Κωνσταντίνος, Ε. Παπατσίμπα Λαμπρινή : «Φυσική Β Γυμνασίου» (ΟΕΔΒ, Αθήνα, 2023)
2. Ting Tan, <https://www.mdpi.com/1996-1944/15/24/8853> (ημερομηνία προσπέλασης: 21/08/2023)

*Το copyright των φωτογραφιών και των σχημάτων ανήκει στους συγγραφείς.



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Greece
Science on Stage Festival 2024,
Turku, Finland

Ηλεκτρική ενέργεια από τα θαλάσσια κύματα

Δημητρίου Λουϊζα, Φυσικός, Συνεργάτης Ε.Κ.Φ.Ε Αιγάλεω
[dlouiza\[a\]sch.gr](mailto:dlouiza[a]sch.gr)

Φιλιόγλου Μιχάλης, Βιολόγος, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε Αιγάλεω
[mail\[a\]ekfe-aigaleo.att.sch.gr](mailto:mail[a]ekfe-aigaleo.att.sch.gr)

(4^ο Βραβείο 12^{ων} Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών)

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στην αξιοποίηση της ήπιας και ανανεώσιμης πηγής ενέργειας που παράγει ο κυματισμός της θάλασσας. Προηγείται η πληροφόρηση που σκοπό έχει την ευαισθητοποίηση των μαθητών σχετικά με την περιβαλλοντική συνείδηση και τις εναλλακτικές μορφές παραγωγής ενέργειας. Αναφέρεται το φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής, στο οποίο βασίζεται η λειτουργία της πειραματικής διάταξης της εργασίας. Ακολουθούν οι οδηγίες για την κατασκευή της διάταξης με υλικά που υπάρχουν σε ένα σχολικό εργαστήριο. Μέσω αυτής, δημιουργείται κυματισμός σε νερό και παράγεται ηλεκτρική ενέργεια, η οποία ανάβει ένα led ή φορτίζει έναν πυκνωτή.

Abstract

This project aims to exploit the mild and renewable source of energy produced by the waves of the sea. It is preceded by information aimed at raising students' sensitivity on environmental awareness and alternative forms of energy production. The phenomenon of electromagnetic induction is mentioned, on which the operation of the experimental setup of the work is based. Here are the instructions for making the arrangement with materials found in a school laboratory. Through it, ripple is created in water and electricity is produced, which lights up a led, charges a capacitor.

Εισαγωγή

Η ενέργεια σε όλες τις μορφές της αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα της ζωής του ανθρώπου. Λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης, η ζήτηση για ενέργεια αυξήθηκε κατακόρυφα και υπήρξε υπέρμετρη χρήση των ορυκτών καυσίμων. Τα συγκεκριμένα υλικά έχουν περιορισμένα αποθέματα και η καύση τους έχει επιβλαβή επίδραση στη Γη και κατ' επέκταση στον ίδιο τον άνθρωπο. Συνέπεια αυτού υπήρξε η ανάγκη για στροφή προς την φύση για αναζήτηση ενέργειας, από ανεξάντλητες πηγές, όπως είναι ο ήλιος, ο άνεμος και η θάλασσα. Η ενέργεια των θαλάσσιων κυμάτων λαμβάνεται από ανανεώσιμη πηγή. Η λήψη και αξιοποίηση της μπορεί να αποφέρει πολλαπλά οφέλη. Έτσι, στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το νερό συμμετέχει και η θάλασσα. Πολλές χώρες προσπαθούν να εκμεταλλευτούν την δύναμη των κυμάτων και τα τεράστια ποσά μηχανικής ενέργειας που ταξιδεύουν μαζί τους (χωρίς να γίνεται μεταφορά ύλης), ώστε να τα μετατρέψουν σε κινητική και έπειτα σε ηλεκτρική ενέργεια.

Οι μαθητές σε ομάδες θα συλλέξουν και θα παρουσιάσουν πληροφορίες με θέμα:

- Ανανεώσιμες και μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

- Ενέργεια θαλάσσιων κυμάτων (Προέλευση, Εκμετάλλευση)

Στο σχολικό εργαστήριο χρησιμοποιώντας απλά όργανα και εφαρμόζοντας βασικές έννοιες της Φυσικής, θα κατασκευστεί μια πειραματική διάταξη που μετατρέπει την ενέργεια των κυμάτων του νερού σε ηλεκτρική ενέργεια.

Θεωρητικό πλαίσιο

Το φαινόμενο της δημιουργίας ηλεκτρικού ρεύματος, ή ακριβέστερα της δημιουργίας ηλεκτρεγερτικής δύναμης, από το μαγνητικό πεδίο ονομάζεται ηλεκτρομαγνητική επαγωγή. Ανακαλύφθηκε το 1831 από δύο επιστήμονες, άγνωστους μεταξύ τους, τον Άγγλο Faraday και τον Αμερικανό Henry και έφερε σημαντική πρόοδο τόσο στην επιστήμη της Φυσικής όσο και στην ανθρωπότητα. Η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος για οικιακή και βιομηχανική χρήση στηρίζεται στο φαινόμενο της επαγωγής.

Πειραματικά θα παρατηρήσουμε το φαινόμενο της επαγωγής και θα συμπεράνουμε τον νόμο που την διέπει. (Νόμος Faraday).

Θέτουμε σε κίνηση ένα μαγνήτη ως προς ένα πηνίο συνδεδεμένο με ένα γαλβανόμετρο μηδενός και παρατηρούμε τα εξής:

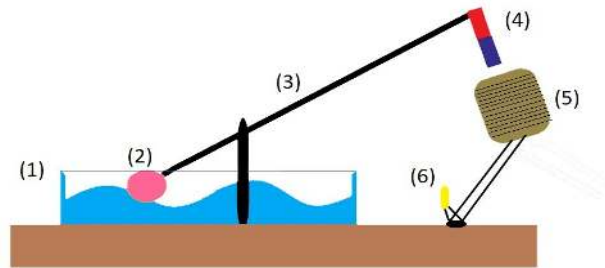
- Όταν πλησιάζουμε το μαγνήτη προς το πηνίο, το γαλβανόμετρο ανιχνεύει ηλεκτρικό ρεύμα.
- Όταν απομακρύνουμε το μαγνήτη από το πηνίο, η φορά του ηλεκτρικού ρεύματος αντιστρέφεται και παύει να υπάρχει όταν ακινητοποιήσουμε το μαγνήτη σε οποιοδήποτε θέση.
- Όσο πιο γρήγορα κινούμε το μαγνήτη ως προς το πηνίο, τόσο μεγαλύτερες μετρήσεις παίρνουμε από το γαλβανόμετρο.
- Η επαγωγική τάση γίνεται μεγαλύτερη όσο αυξάνεται ο αριθμός των σπειρών του πηνίου ή χρησιμοποιείται ισχυρότερος μαγνήτης.

Τα θαλάσσια κύματα μπορούν να προσφέρουν σε ένα μαγνήτη την κινητική ενέργεια που χρειάζεται έτσι ώστε σε ένα σύστημα μαγνήτη-πηνίου να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια λόγω επαγωγής. Τα αλληλέπλληλα κύματα που φτάνουν σε ένα σώμα που επιπλέει και με το οποίο είναι συνδεδεμένος ο μαγνήτης, προκαλούν μετακίνηση του ως προς το πηνίο. Αποτέλεσμα αυτού θα είναι η συνεχής παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Λαμβάνοντας υπόψη την παρατήρηση ότι, η ταχύτητα με την οποία εισέρχεται και εξέρχεται ο μαγνήτης στο πηνίο παίζει σημαντικό ρόλο στο παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα, πιο αποδοτικά είναι κύματα μικρότερης περιόδου. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την πιο σύντομη μετακίνηση του και κατά συνέπεια την μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Κατασκευή και λειτουργία της πειραματικής διάταξης

Η κατασκευή της πειραματικής διάταξης που μετατρέπει την ενέργεια των κυμάτων του νερού σε ηλεκτρική ενέργεια, γίνεται βάσει του σχεδίου στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. (1) Δοχείο με νερό, (2) Σώμα που επιπλέει, (3) Μεταλλική ράβδος, (4) Ραβδόμορφος μαγνήτης, (5) Πηνίο, (6) Led (Φωτοδίοδος)

Πιο αναλυτικά τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι:

- ο Μεταλλικός περιστρεφόμενος μηχανισμός παραγωγής κυμάτων στο νερό
- ο Πλαστική λεκάνη με νερό
- ο Μεταλλική ράβδος 70cm
- ο Μεταλλική ράβδος 60cm
- ο Πλαστικό φλοτέρ
- ο Αντίβαρο (Βάση κωνική)
- ο Πηνίο (24.000 σπειρών)
- ο Μαγνήτης ραβδόμορφος
- ο Μεταλλικές ράβδοι προσαρμοσμένες σε βάσεις στήριξης παραλληλόγραμμες
- ο Μεταλλικοί σύνδεσμοι
- ο Λαβίδα μεταλλική
- ο Σφιγκτήρες τύπου G
- ο Μεταλλικοί δακτύλιοι
- ο Καλώδια με ακροδέκτες απλούς, πολλαπλούς και κροκοδειλάκια
- ο Γέφυρα πυριτίου (ανορθωτής)
- ο Πυκνωτής (10.000μF)
- ο Πολύμετρο ψηφιακό
- ο Λάμπες led (1,5V, 1,8V, 2,4V)

Δραστηριότητα 1

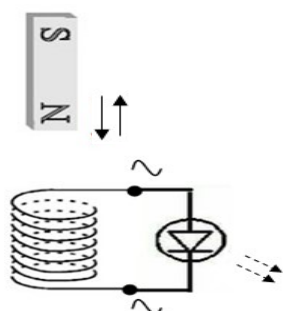
Συναρμολογείται διάταξη όπως δείχνουν οι Εικόνες 1, 2. Χρησιμοποιώντας μεταλλικό περιστρεφόμενο μηχανισμό δημιουργείται χειροκίνητα κυματισμός στο νερό. Τα κύματα θέτουν σε κίνηση το πλαστικό φλοτέρ και επομένως και τον μαγνήτη με τον οποίο συνδέεται μέσω της μεταλλικής ράβδου. Κατά την είσοδο και έξοδο του μαγνήτη στο πηνίο δημιουργείται επαγωγική τάση και το led που είναι ενωμένο σε κλειστό κύκλωμα με το πηνίο ανάβει και σβήνει αντίστοιχα, γιατί διαρρέεται από εναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα. (Σχήμα 2)



Εικόνα 1



Εικόνα 2



Σχήμα 2. Κύκλωμα μαγνήτη-πηνίου, led

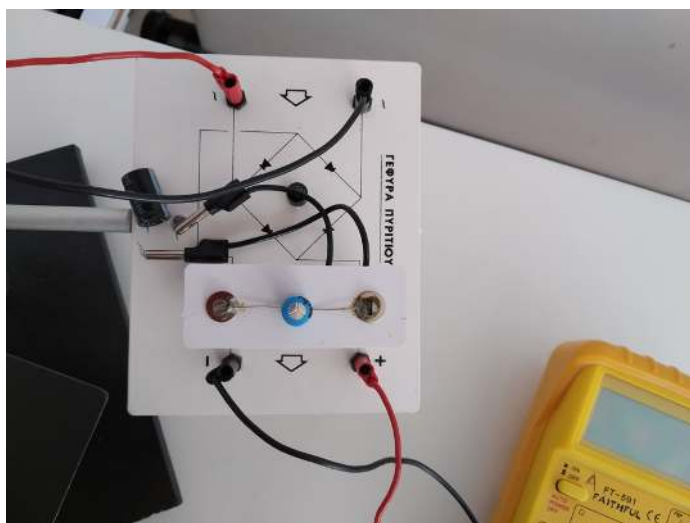
Δραστηριότητα 2

Επαναλαμβάνεται η προηγούμενη δραστηριότητα, όπου σύμφωνα με το Σχήμα 3, συνδέεται στο πηνίο μια γέφυρα πυριτίου για πλήρη ανόρθωση του εναλλασσόμενου ρεύματος. Ενώνονται με την γέφυρα ένας ή δύο πυκνωτές παράλληλοι μεταξύ τους και στην συνέχεια θέτουμε σε λειτουργία την διάταξη. Μετρείται η τάση στα άκρα των πυκνωτών με ένα ψηφιακό βολτόμετρο (Εικόνες 3 και 4) και κατ' επέκταση η ηλεκτρική ενέργεια που αποθηκεύεται σε αυτούς (ενέργεια που αποκτήθηκε από τον κυματισμό του νερού).

Η δυναμική ενέργεια U του φορτισμένου πυκνωτή υπολογίζεται από τον τύπο:

$$U = \frac{1}{2} C V^2$$

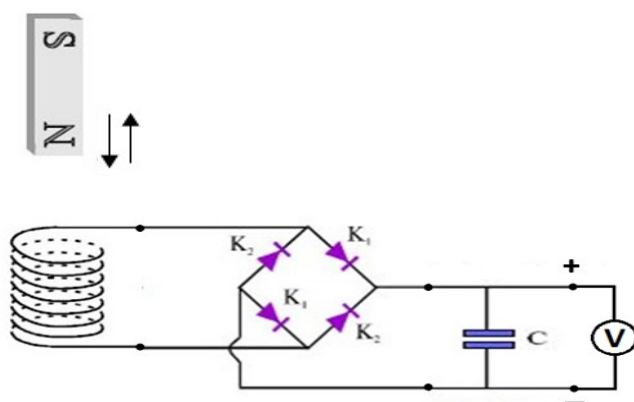
όπου U η δυναμική ενέργεια του πυκνωτή, C η χωρητικότητα του πυκνωτή, V η διαφορά δυναμικού στα άκρα του.



Εικόνα 3



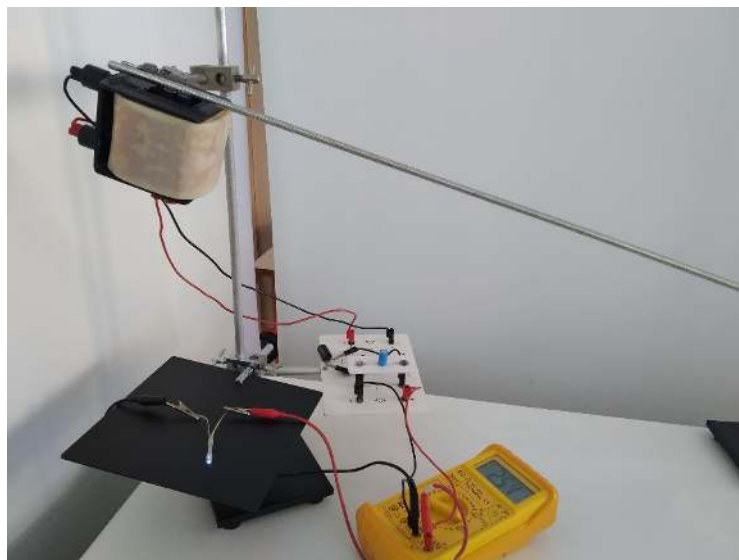
Εικόνα 4



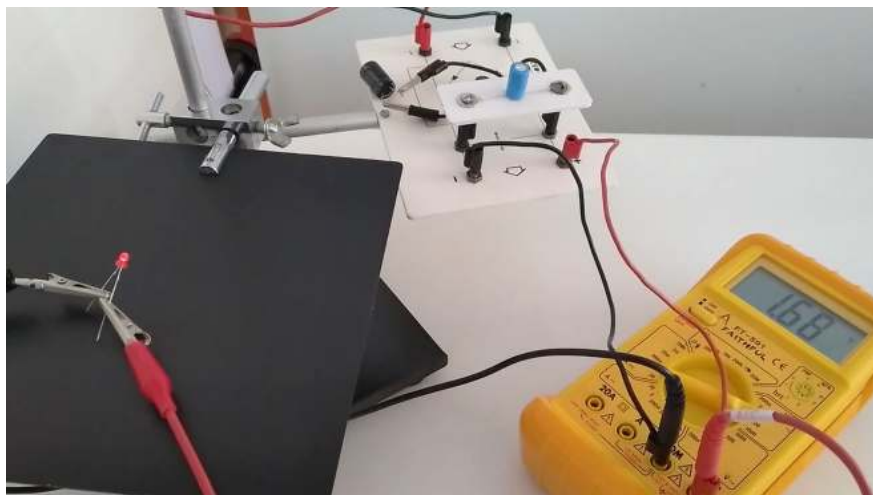
Σχήμα 3. Κύκλωμα μαγνήτη-πηνίου, γέφυρα πυριτίου, πυκνωτή, βολτομέτρου

Δραστηριότητα 3

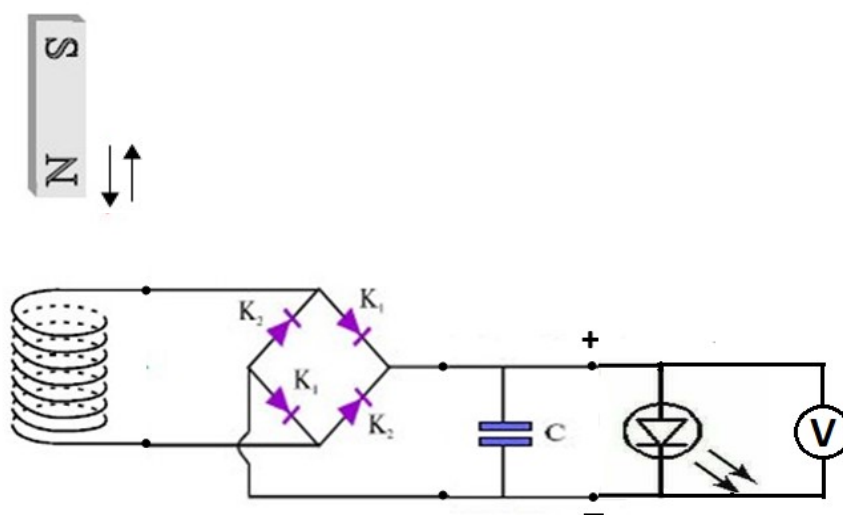
Στη συνέχεια, σύμφωνα με το Σχήμα 4, στα άκρα του πυκνωτή του κυκλώματος συνδέονται διαφορετικά led, τα οποία διαρρέονται από συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα λόγω της ανόρθωσης. Παράλληλα μετριέται η τάση στα άκρα τους με το ψηφιακό πολύμετρο. (Εικόνες 5, 6). Κάθε δίοδος led φωτοβολεί όταν η τάση γίνεται μεγαλύτερη από το φράγμα δυναμικού της.



Εικόνα 5



Εικόνα 6



Σχήμα 4. Κύκλωμα μαγνήτη-πηνίου, γέφυρα πυριτίου, πυκνωτή, led, βολτομέτρου

Συμπεράσματα – Σχόλια

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

- να πληροφορηθούν για την ύπαρξη φυσικών φαινομένων τα οποία μπορούν να μας παρέχουν ήπιες και εκμεταλλεύσιμες μορφές ενέργειας που δίνουν δυνατότητα επίλυσης των ενεργειακών προβλημάτων που αντιμετωπίζει η Γη, με οικολογικό τρόπο.
- να διερευνήσουν τα θαλάσσια κύματα ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, η οποία μπορεί να μετατραπεί σε ωφέλιμη ηλεκτρική ενέργεια.
- να κατανοήσουν φυσικές έννοιες και μεγέθη καθώς και τους νόμους που τα συνδέουν.

- να συναρμολογήσουν και να λειτουργήσουν υλικά και όργανα του σχολικού εργαστηρίου για την πραγματοποίηση του πειράματος, έτσι ώστε να βγάλουν συμπεράσματα και να εξοικειωθούν με την πειραματική διαδικασία.
- να έχουν το πείραμα αυτό ως βάση για επέκτασή του σε άλλους τομείς όπως για παράδειγμα την εκμετάλλευση της παραγόμενης¹ ηλεκτρικής ενέργειας για παραγωγή υδρογόνου από το θαλασσινό νερό και τη χρήση του ως καύσιμο ή την σύνδεση της κατασκευής με τον υπολογιστή όπου με κατάλληλο πρόγραμμα θα ακολουθήσει ευρύτερη επεξεργασία των δεδομένων.

¹ Είναι γνωστό ότι η ηλεκτρική ενέργεια, όπως και κάθε μορφή ενέργειας, δεν παράγεται αλλά μεταφέρεται από ένα σώμα (ή σύστημα σωμάτων) σε άλλο ή αλλάζει μορφή.

Βιβλιογραφία

1. Α. Ιωάννου, Γ. Ντάνος, Α. Πήττας, και Σ. Ράπτης, *Φυσική Τεύχος Β', Γ' τάξη Γενικού Λυκείου Ομάδας προσανατολισμού Θετικών Σπουδών & Σπουδών Υγείας*, Έκδοση 2020, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών & Εκδόσεων «Διόφαντος», Αθήνα.
2. Ν. Μαμάσης, Α. Ευστρατιάδης, και Β. Τσουκαλά, *Σημειώσεις μαθήματος: Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία(Θαλάσσια Ενέργεια)*, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Οκτώβριος 2018, Αθήνα.
3. https://el.wikipedia>wiki>Ανανεώσιμες_πηγες_ενέργειας
4. https://el.wikipedia>wiki>Ενέργεια_των_ωκεανών
5. https://el.wikipedia>wiki>Ηλεκτρομαγνητική_επαγωγή

Το video της εργασίας «Ηλεκτρική Ενέργεια από τα Θαλάσσια Κύματα» στο κανάλι του Science on Stage Greece: <https://youtu.be/-agvotncpUE>

Φύλλο εργασίας

- 1) Να συμπληρώσετε τα κενά στην παρακάτω πρόταση:

Στην πειραματική διάταξη της εργασίας η ενέργεια των κυμάτων του νερού μετατρέπεται σε ενέργεια του συστήματος (σώμα – μεταλλική ράβδος - μαγνήτης), η οποία στην συνέχεια μετατρέπεται σε ενέργεια στο πηνίο.

2) Δημιουργώντας κύματα στο νερό στην Δραστηριότητα 2, φορτίστε τον πυκνωτή μέχρι η διαφορά δυναμικού στους οπλισμούς του να είναι $V=4V$. Πόση είναι η αποθηκευμένη δυναμική ενέργεια του πυκνωτή αν η χωρητικότητά του είναι $C=10.000\mu F$;

3) Σύμφωνα με το Σχήμα 2 της Δραστηριότητας 1, σχεδιάστε κύκλωμα μαγνήτη-πηνίου και δύο led συνδεδεμένα στα άκρα του πηνίου και παράλληλα μεταξύ τους, έτσι ώστε αυτά:

- A. Να φωτοβολούν και να σβήνουν ταυτόχρονα.
- B. Να φωτοβολούν και να σβήνουν εναλλάξ.

*Το copyright των φωτογραφιών και των σχημάτων ανήκει στους συγγραφείς.



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Greece

*Science on Stage Festival 2024,
Turku, Finland*

Αναπνέει το μαρούλι στο ψυγείο; Λήψη και απεικόνιση τιμών του CO₂ με χρήση Arduino και Phyrhox

*Χαλκιαδάκης Κωστής, Φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Ρεθύμνου, Phyrhox Ambassador
[chalkia.duck\[a\]gmail.com](mailto:chalkia.duck[a]gmail.com)*

(6^ο Βραβείο 12^{ον} Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών)

Περίληψη

Ο 13ος από τους 17 στόχους του ΟΗΕ για την βιώσιμη ανάπτυξη αφορά τη δράση για την κλιματική αλλαγή και τις συνέπειές της. Η αύξηση της περιεκτικότητας της ατμόσφαιρας σε διοξείδιο του άνθρακα θεωρείται από τους σημαντικούς παράγοντες για την κλιματική αλλαγή. Έτσι είναι σημαντική η ανάπτυξη εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων που αφορούν τις ιδιότητες του διοξειδίου του άνθρακα, και τις φυσικές διεργασίες που προκαλούν την απελευθέρωση και την δέσμευση του. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια διάταξη καταγραφής της περιεκτικότητας του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα αποτελούμενη από δύο μέρη. Το πρώτο μέρος αποτελείται από έναν αισθητήρα συνδεδεμένο σε ένα μικροελεγκτή Arduino nano 33 BLE. Το δεύτερο μέρος είναι μια κινητή συσκευή (tablet, smartphone) στην οποία είναι εγκατεστημένη η εφαρμογή phyrhox. Η εφαρμογή phyrhox είναι μια δωρεάν και ανοιχτού λογισμικού εφαρμογή φορητών συσκευών (smartphone και tablet) που μπορεί να λαμβάνει τις τιμές των αισθητήρων της συσκευής. Δημιουργήθηκε από το Τεχνικό Πανεπιστήμιο του Aachen για εκπαιδευτική χρήση και μεταφράστηκε στα ελληνικά από τον συντάκτη του άρθρου που είναι και ο πρεσβευτής της στην Ελλάδα. Η εφαρμογή phyrhox μπορεί να συνδέεται με εξωτερικούς αισθητήρες, δυνατότητα η οποία και αξιοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας. Το σύστημα λειτουργεί σαν μια συσκευή συγχρονικής λήψης και απεικόνισης χαμηλού κόστους που καταγράφει και μπορεί να απεικονίζει σε πραγματικό χρόνο τις μεταβολές της συγκέντρωσης του CO₂ σε μορφή διαγράμματος.

Για τη διασύνδεση και την επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο των μερών (του συστήματος καταγραφής και απεικόνισης των μετρήσεων), χρειάστηκε να τροποποιηθεί υπάρχον λογισμικό. Η διάταξη που αναπτύχθηκε μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αρκετές δραστηριότητες στα μαθήματα των φυσικών επιστημών. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η χρήση της συσκευής για την διερεύνηση της αναπνοής και φωτοσύνθεσης των φυτών μέσω καταγραφής των μεταβολών στην συγκέντρωση του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα που πραγματοποιούνται και περιγράφεται αναλυτικά η υλοποίηση της διάταξης σε επίπεδο hardware και software.

Abstract

The 13th of the 17 UN Sustainable Development Goals is about action on climate change and its impacts. The increase in the carbon dioxide content in the atmosphere, is considered to be one of the important factors for climate change. It is therefore important to develop educational activities on the properties of carbon dioxide, and the physical processes that

cause its release and sequestration. In this paper a device for recording the atmospheric carbon dioxide content, consisting of two parts, is presented. The first part consists of a sensor connected to an Arduino nano 33 BLE microcontroller. The second part is a mobile device (tablet, smartphone) on which the phyphox application is installed. Phyphox application is a free and opensource mobile device (smartphone and tablet) application that can receive the sensor's data of the mobile device. It was created by the Technical University of Aachen for educational use and translated into Greek by the author, who is also its ambassador in Greece. It furthermore has the possibility to be connected to external sensors, a capacity that was utilized as in the context of this work. The system works as a low-cost data logger device that records and display in real time changes in CO₂ concentration in the form of a graph.

Existing software had to be modified to enable the communication among the different parts of the device. The apparatus developed for the needs of this study can be used in several activities in science classes. The use of the device in order to investigate plant respiration-photosynthesis and the changes in atmospheric carbon dioxide carried out by these functions is presented. The hardware and software implementation is also described in detail.

Εισαγωγή

Η κατανόηση της κυτταρικής αναπνοής και της φωτοσύνθεσης είναι θεμελιώδης για την κατανόηση της λειτουργίας της ζωής στη Γη καθώς οι δύο διαδικασίες αποτελούν τις βασικές βιοχημικές οδούς μέσω των οποίων οι οργανισμοί παράγουν και καταναλώνουν ενέργεια.

Η κυτταρική αναπνοή είναι η διαδικασία με την οποία οι ζωντανοί οργανισμοί μετατρέπουν τη χημική ενέργεια των θρεπτικών ουσιών, όπως η γλυκόζη, σε τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP), την κύρια μορφή ενέργειας που χρησιμοποιούν τα κύτταρα. Η κυτταρική αναπνοή λαμβάνει χώρα σε όλα τα ζωντανά κύτταρα, είτε πρόκειται για φυτά, ζώα ή μικροοργανισμούς και διασφαλίζει ότι οι οργανισμοί μπορούν να εκμεταλλεύονται την ενέργεια που αποθηκεύεται στα θρεπτικά συστατικά τους (Καψάλης κ.α, 2014).

Η φωτοσύνθεση είναι η διαδικασία με την οποία τα φυτά, τα άλγη και ορισμένα βακτήρια μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε χημική ενέργεια. Αποτελεί από ενεργειακής πλευράς αντίστροφη διαδικασία σε σχέση με την κυτταρική αναπνοή καθώς είναι η διαδικασία κατά την οποία δημιουργούνται οι χημικές ουσίες που αποθηκεύουν την ενέργεια (θρεπτικές ουσίες). Μέσω της φωτοσύνθεσης, το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό μετατρέπονται σε γλυκόζη και οξυγόνο, που είναι απαραίτητα για την επιβίωση των φωτοσυνθετικών οργανισμών και για τη ζωή στη Γη γενικότερα. Η φωτοσύνθεση όχι μόνο παρέχει την ενέργεια που χρειάζονται τα φυτά για να αναπτυχθούν, αλλά επίσης παράγει το οξυγόνο που είναι απαραίτητο για την αναπνοή των αερόβιων οργανισμών. Επιπλέον δημιουργεί τη βάση της τροφικής αλυσίδας, προσφέροντας ενέργεια σε όλα τα οικοσυστήματα.

Η φωτοσύνθεση αφαιρεί το διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα και το αποθηκεύει σε φυτά, ενώ η κυτταρική αναπνοή το απελευθερώνει πίσω στην ατμόσφαιρα. Το γεγονός αυτό καθιστά τις προαναφερθείσες διεργασίες αντίστροφες όσον αφορά στην παραγωγή των αερίων CO₂.

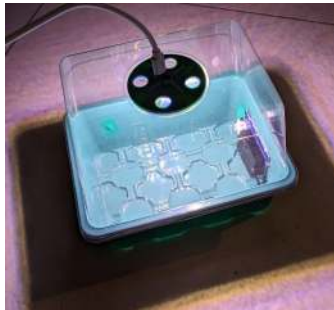
Η καύση ορυκτών καυσίμων και η αποψίλωση των δασών έχουν διαταράξει τον φυσικό κύκλο του άνθρακα, οδηγώντας σε αυξημένα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα επιδεινώνοντας έτσι το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Περιγραφή Εργασίας

Η διάταξη

Η διάταξη αποτελείται από τα εξής στοιχεία:

A. Ένα μικρό κιβώτιο το οποίο χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη σπόρων και μικρών φυτών (μικρό θερμοκήπιο) που φαίνεται στη εικόνα 1. Το κιβώτιο διαθέτει λαμπτήρες LED ανάπτυξης φυτών που μπορούν να τροφοδοτηθούν από ένα φορτιστή κινητού, powerbank ή θύρα υπολογιστή μέσα από ένα καλώδιο USB. Το κόστος αγοράς του είναι γύρω στα 6 ευρώ. (Αναζητείστε το με τους όρους: seed starter kit with LED).



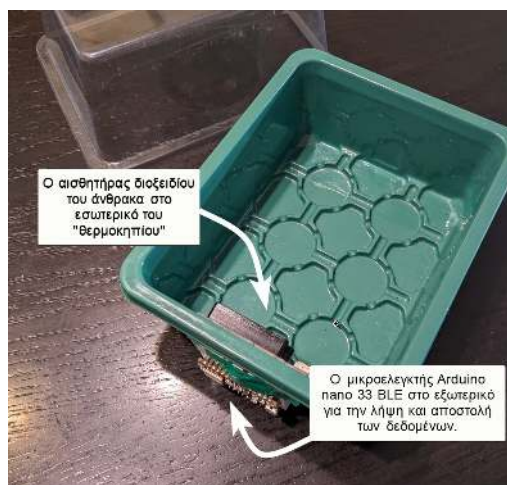
Εικόνα 1: Το κουτί ανάπτυξης σπόρων με αναμμένο φως

B. Έναν αισθητήρα διοξειδίου του άνθρακα (εικόνα 2) που βρίσκεται τοποθετημένος μέσα στο κιβώτιο. Ο αισθητήρας αυτός διαθέτει πομπό και δέκτη υπέρυθρης ακτινοβολίας και από τη σχέση εκπεμπόμενης και ανιχνευόμενης ποσότητας ακτινοβολίας σε μια στήλη αέρα μπορεί να υπολογίσει τη περιεκτικότητα του αέρα σε CO₂. Η μέθοδος αυτή γνωστή σαν τεχνολογία Non-Dispersive Infrared(NDIR) δίνει εξαιρετικής ακρίβειας αποτελέσματα. Σε ένα εύρος 0 ppm - 40.000 ppm η ακρίβεια είναι +30ppm. Στην διάταξη συμπεριλαμβάνεται αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας γιατί τα μεγέθη αυτά συνυπολογίζονται για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας CO₂. Ο αισθητήρας αυτός είναι το ακριβότερο εξάρτημα της κατασκευής και στοιχίζει περίπου 125 ευρώ. Δυστυχώς δεν μπορεί να αντικατασταθεί από άλλους χαμηλότερου κόστους αισθητήρες όπως για παράδειγμα εκείνους που μετρούν την ποιότητα του αέρα (air quality). Αν και οικονομικότεροι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πειράματα Χημείας και Βιολογίας καθώς καταγράφουν τις τιμές διαφόρων αερίων που παράγονται από τον άνθρωπο και στην συνέχεια εξάγουν αλγοριθμικά την ποσότητα του CO₂.



Εικόνα 2: Ο αισθητήρας SCD30 Grove που χρησιμοποιήθηκε

Γ. Έναν μικροελεγκτή Arduino nano 33 BLE, ο οποίος είναι συνδεδεμένος με τον αισθητήρα και είναι τοποθετημένος έξω από το κουτί όπως φαίνεται στην εικόνα 3. Ο μικροελεγκτής κοστίζει περίπου 50 ευρώ και χρησιμοποιείται για τη συλλογή των δεδομένων του αισθητήρα και την αποστολή τους μέσω bluetooth προς μια κινητή συσκευή τηλεφώνου ή tablet. Με το ίδιο (σχεδόν) λογισμικό και ρυθμίσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάποιος από τους οικονομικότερους μικροελεγκτές ESP32 με κόστος μικρότερο από 20 ευρώ. Ο μικροελεγκτής τροφοδοτείται με 5V με καλώδιο USB μέσα από μια θύρα του υπολογιστή, φορτιστή κινητού ή powerbank.



Εικόνα 3: Το κιβώτιο με τον αισθητήρα και τον μικροελεγκτή

Δ. Τέλος η λήψη των δεδομένων γίνεται σε μια κινητή συσκευή στην οποία έχει εγκατασταθεί η εφαρμογή rhyrbox. Η συγκεκριμένη εφαρμογή δημιουργήθηκε στο Ινστιτούτο Φυσικής του Τεχνικού Πανεπιστημίου του Άαχεν και είναι λογισμικό ανοιχτού κώδικα (Staacks, 2018). Η εφαρμογή έχει πρόσβαση στους αισθητήρες της συσκευής αλλά μπορεί επιπλέον να συνδέεται μέσω Bluetooth με εξωτερικούς αισθητήρες, κάτι που εκμεταλλευόμαστε στην διάταξη που παρουσιάζεται. Το rhyrbox λαμβάνει τα δεδομένα, μπορεί να τα επεξεργάζεται και να παρουσιάζει τις τιμές ή διαγράμματα των τιμών σε συνάρτηση με τον χρόνο λειτουργώντας με αυτόν τον τρόπο σαν σύστημα συγχρονικής λήψης και απεικόνισης δεδομένων (datalogger). (Χαλκιαδάκης & Σγουρός, 2023). Επιπλέον διαθέτει τη δυνατότητα σύνδεσης με υπολογιστή αλλά και διαδραστικούς πίνακες (που διαθέτουν τα σχολεία). Με τη σύνδεση αυτή καθίσταται εφικτή η απομακρυσμένη πρόσβαση και κατ' επέκταση ο χειρισμός της εφαρμογής από τον υπολογιστή ή τον διαδραστικό, γεγονός που αυξάνει σημαντικά την ευχρηστία της. Η εφαρμογή διανέμεται δωρεάν και υποστηρίζει και τα δύο κύρια λειτουργικά συστήματα των κινητών συσκευών (IOS και Android). Θα τη βρείτε στα αποθετήρια Google Play και Apple Store.

Στην εικόνα 4 συνοψίζεται η ροή των δεδομένων από τον αισθητήρα προς την εφαρμογή και ο τρόπος σύνδεσης μεταξύ τους.

Το συνολικό κόστος για την κατασκευή της συσκευής είναι περίπου 150-180 ευρώ ενώ το κόστος παρόμοιων διατάξεων που πωλούνται στην αγορά από εταιρείες που παράγουν εκπαιδευτικό εργαστηριακό εξοπλισμό είναι πολλαπλάσιο του παραπάνω ποσού.



Εικόνα 4: Τρόπος σύνδεσης και ροή των δεδομένων

Απαιτούμενο Λογισμικό και ρυθμίσεις

Για να είναι σε θέση ο μικροελεγκτής Arduino να λαμβάνει τα δεδομένα και στη συνέχεια να τα μεταδίδει ασύρματα, απαιτείται να φορτώσουμε κατάλληλο πρόγραμμα μέσα από το περιβάλλον Arduino IDE. Το πρόγραμμα ή σχέδιο (sketch) στην ορολογία της Arduino, αποτελεί τροποποίηση του προγράμματος που δημιούργησαν οι Bouquet et al (2021), η ομάδα που συνέδεσε πρώτη το Arduino nano Ble με την εφαρμογή phyphox. Μπορείτε να βρείτε περισσότερες πληροφορίες για τη διασύνδεση μεταξύ phyphox και Arduino από την παραπάνω ομάδα του πανεπιστημίου Paris Saclay στο σύνδεσμο <https://tinyurl.com/ArduinoPhyphoxConnection>. Στον κώδικα προστέθηκαν οι εντολές που απαιτούνται για τον χειρισμό του αισθητήρα και είναι διαθέσιμος στα παραρτήματα σε δύο παραλλαγές για τους δύο μικροελεγκτές Arduino και ESP32.

Η εφαρμογή phyphox λαμβάνει τα δεδομένα του αισθητήρα αλλά για να τα εμφανίσει με τη μορφή που επιλέγουμε πρέπει να δεχτεί κατάλληλες ρυθμίσεις. Η δυνατότητα παραμετροποίησης της επεξεργασίας και του τρόπου παρουσίασης των δεδομένων είναι από τα σημαντικά χαρακτηριστικά πλεονεκτήματα της εφαρμογής. Οι ρυθμίσεις αυτές φορτώνονται στην εφαρμογή μέσα από ένα αρχείο κειμένου¹³ που στη γλώσσα του phyphox,



Εικόνα 5: Με το πορτοκαλί πλήκτρο εισάγουμε νέα «πειράματα»

¹³ Τα αρχεία πειραμάτων του phyphox είναι σε μια μορφή γλώσσας XML που καθορίζει τη μορφή, τα κείμενα, τις μεταφράσεις σε διάφορες γλώσσες, τον τρόπο παρουσίασης των δεδομένων σε καρτέλες κλπ

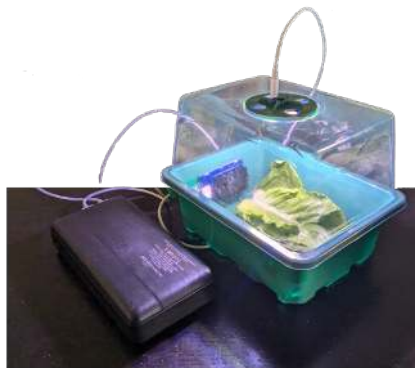
ονομάζεται πείραμα και έχει την κατάληξη *.phyrhox. Η μεταφορά του αρχείου αυτού μπορεί να γίνει πολύ εύκολα μέσα από το περιβάλλον της εφαρμογής (εικόνα 5) με χρήση QR-Code. Μετά την λήψη του αρχείου θα προστεθεί μια νέα κατηγορία πειραμάτων με τίτλο «πειράματα ΕΚΦΕ Ρεθύμνου» όπου θα περιλαμβάνεται το πείραμα με τίτλο CO₂ και θα είναι διαθέσιμο να εκτελεστεί κάθε φορά που ξεκινά η εφαρμογή.

Διδακτική Αξιοποίηση

Η συσκευή που περιγράψαμε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μελέτη της φωτοσύνθεσης και της αναπνοής των φυτών. Αν μέσα στο κλειστό κιβώτιο τοποθετήσουμε ένα μικρό φυτό (π.χ βλαστούς από μικρές φακές) μπορούμε να διαπιστώσουμε τις δύο βασικές λειτουργίες της φωτοσύνθεσης και της αναπνοής από τις μεταβολές της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα που καταγράφει ο αισθητήρας και παρουσιάζονται στην οθόνη της κινητής συσκευής.

Αρχικά μπορούμε να απαντήσουμε στο ερώτημα του τίτλου και να δούμε ότι πράγματι αναπνέει η σαλάτα μέσα στο ψυγείο. Αν ανοίξουμε τη σακούλα και «αδειάσουμε» τον αέρα που περιέχει μέσα στο κιβώτιο θα παρατηρήσουμε ότι η αύξηση του CO₂ είναι άμεση και εμφανέστατη. Τα αποκομμένα τμήματα ενός φυτού διατηρούν τις βασικές κυτταρικές λειτουργίες για κάποιο χρόνο οπότε η αναπνοή συνεχίζεται ακόμη και μέσα στο ψυγείο.

Αν τοποθετήσουμε ένα φυτό ή τμήματα στο εσωτερικό του κουτιού συμβαίνουν ταυτόχρονα οι λειτουργίες της κυτταρικής αναπνοής και της φωτοσύνθεσης. Κλείνοντας το καπάκι μπορούμε να καταγράψουμε τις μεταβολές που συμβαίνουν στο διοξείδιο του άνθρακα στο απομονωμένο περιβάλλον του κιβωτίου (εικόνα 6).



Εικόνα 6: Η διάταξη σε λειτουργία

Σε εσωτερικό χώρο, όπως μέσα σε μια αίθουσα διδασκαλίας, υπερισχύει η παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα εξαιτίας της κυτταρικής αναπνοής έναντι της φωτοσύνθεσης καθώς ο φωτισμός είναι χαμηλός, οπότε θα παρατηρήσουμε αύξηση της περιεκτικότητας. Αν όμως ανάψουμε τα φώτα LED που διαθέτει το κουτάκι, τότε ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης αυξάνεται αυξάνοντας τη δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα και κατά συνέπεια παρατηρούμε μείωση της περιεκτικότητάς του.

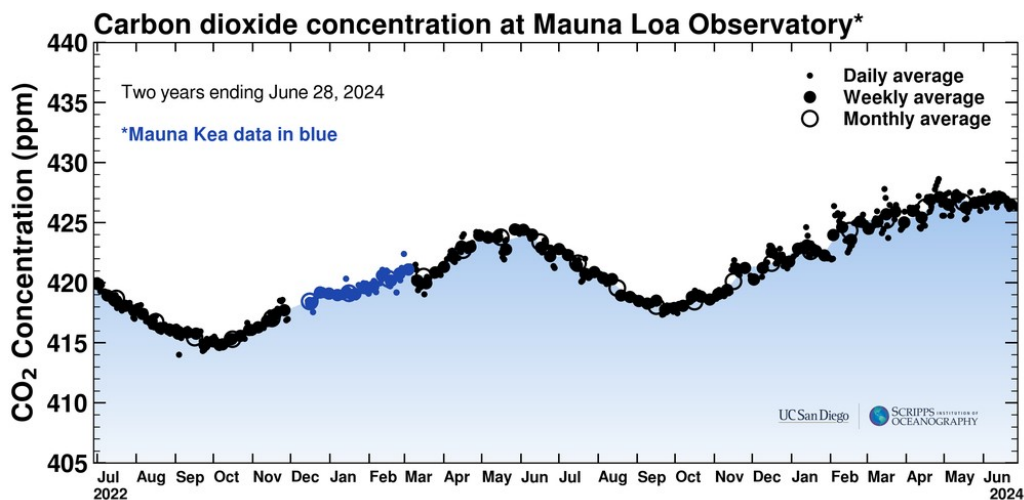


Εικόνα 7: Μεταβολή της συγκέντρωσης του CO_2

Στην εικόνα 7 παρατηρούμε μια καταγραφή κατά την οποία πρώτα είχαμε ανοιχτό το φως και στη συνέχεια το σβήσαμε. Η αυξομείωση κράτησε λίγο πάνω από 1200 δευτερόλεπτα δηλαδή περίπου 20 λεπτά. Παρατηρήστε ότι ο χρόνος απόκρισης είναι αρκετά μικρός ώστε να μπορεί το φαινόμενο να παρουσιαστεί και να συζητηθεί κατά τη διάρκεια ενός τυπικού μαθήματος.

Το διάγραμμα της εικόνας 8 δείχνει τη μεταβολή της μέσης μηνιαίας συγκέντρωσης του CO_2 της ατμόσφαιρας σε ένα διάστημα δύο ετών (2018-2020). Μετά από τη συζήτηση οι μαθητές μπορούν να ερμηνεύσουν την εποχική μεταβλητότητα του αερίου κάνοντας αναφορά στη μεταβολή της φωτεινής ενέργειας που προσπίπτει στη Γη από τον Ήλιο.

Η διάταξη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διερευνητικές δραστηριότητες που αφορούν και άλλους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η φωτοσύνθεση εκτός από την μεταβολή στη φωτεινότητα, όπως το είδος του φύλλου, ο προσανατολισμός του ως προς την πηγή του φωτός. Επίσης μπορεί να ερευνηθεί η σχέση της φωτοσύνθεσης με το μήκος κύματος του φωτός, αν χρησιμοποιήσουμε κατάλληλα φίλτρα ώστε να φωτίσουμε το φυτό με φως διαφορετικού χρώματος κάθε φορά.



Εικόνα 8 Μέσες τιμές της συγκέντρωσης ατμοσφαιρικού CO_2 σε διάρκεια δύο ετών
(εισαγωγή εικόνας από https://scripps.ucsd.edu/bluemoon/co2_400/mlo_two_years.png)

Επίσης αξίζει να αναφερθεί ότι εκτός των παραπάνω λειτουργιών μπορεί να μελετηθούν και άλλες λειτουργίες των φυτών, όπως η διαπνοή, αφού ο αισθητήρας μας δίνει στοιχεία για την υγρασία.

Συμπεράσματα

Η διάταξη που παρουσιάστηκε δημιουργήθηκε με στόχο τη διερεύνηση των φαινομένων της κυτταρικής αναπνοής και της φωτοσύνθεσης. Μερικά από τα σημαντικότερα θετικά της στοιχεία συνοψίζονται στα παρακάτω:

- Το κόστος της που είναι πολύ χαμηλότερο από αντίστοιχες εμπορικές εκπαιδευτικές διατάξεις.
- Η ευκολία στη συναρμολόγησή της που δεν απαιτεί κάποια ιδιαίτερη δεξιότητα ή εξειδικευμένα εργαλεία.
- Η δυνατότητα χρήσης tablet που υπάρχουν στα σχολεία αποφεύγοντας τις διχογνωμίες σχετικά με τη χρήση κινητών τηλεφώνων στη διδασκαλία.
- Η χρονική διάρκεια των φαινομένων που είναι κατάλληλη για να παρατηρηθούν στη διάρκεια μιας διδασκαλίας.
- Η δυνατότητα προβολής της εξέλιξης των φαινομένων στον διαδραστικό πίνακα της τάξης (ή σε σύστημα υπολογιστή – προβολέα) σε πραγματικό χρόνο
- Η δυνατότητα αποθήκευσης, εξαγωγής και διαμοιρασμού των δεδομένων που συλλέγονται για περαιτέρω μελέτη τους.

Οι διαδικασίες της κυτταρικής αναπνοής και της φωτοσύνθεσης παίζουν κεντρικό ρόλο στον κύκλο του άνθρακα, έναν από τους σημαντικότερους βιοχημικούς κύκλους στη Γη. Η προτεινόμενη διάταξη βοηθά στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι φυσικές διεργασίες ρυθμίζουν το διοξείδιο του άνθρακα η απορρύθμιση του οποίου είναι στην καρδιά του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής.

Παράρτημα 1 – Ο κώδικας για το Arduino nano 33 BLE

```
#include "SCD30.h"
#include "Wire.h"
#include <phyphoxBle.h>

// Connections SDA (Λευκό)--> A4, SCL (κίτρινο)-->A5, VCC-->+3V3 GND-->GND

char board_name[]="CO2";
unsigned long initial_time, first_time;
float first_difference_float;

const int ledPin = 22;
const int ledPin2 = 23;
const int ledPin3 = 24;

void receivedData();
```

```

void setup() {
  Wire.begin();
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("SCD30 Raw Data");
  //Calibration for minimum 7 days,after this ,close auto self calibration operation.
  scd30.setAutoSelfCalibration(1);
  Serial.println("Initialization On, close operation after 7 days");

  PhyphoxBLE::minConInterval = 6; //6 = 7.5ms
  PhyphoxBLE::maxConInterval = 6; //6 = 7.5ms
  PhyphoxBLE::slaveLatency = 0; //
  PhyphoxBLE::timeout = 10; //10 = 100ms

  pinMode(22, OUTPUT);
  pinMode(23, OUTPUT);
  pinMode(24, OUTPUT);

  digitalWrite(ledPin, HIGH);
  digitalWrite(ledPin2, LOW);
  digitalWrite(ledPin3, LOW);

  PhyphoxBLE::start(board_name); // Το όνομα του board μπορεί να αλλάξει στην αρχή του
  προγράμματος
  PhyphoxBLE::configHandler=&receivedData; // δείτε το παράδειγμα της βιβλιοθήκης
  Phyphox Arduino library
}

void receivedData(){ // δείτε το παράδειγμα της βιβλιοθήκης Phyphox Arduino library
  if (PhyphoxBLE::currentConnections == 1){
    initial_time = millis(); //ορίζει την αρχή του χρόνου
  }
}

void loop() {
  if (PhyphoxBLE::currentConnections > 0){
    digitalWrite(ledPin, HIGH);
    digitalWrite(ledPin2, LOW);
    digitalWrite(ledPin3, HIGH);
  }else{
    digitalWrite(ledPin, HIGH);
    digitalWrite(ledPin2, LOW);
    digitalWrite(ledPin3, LOW);
  }
  float result[3] = {0};
  if (scd30.isAvailable()) {
    first_time = millis();
    first_difference_float = ((float)first_time-(float)initial_time)/1000;
  }
}

```

```

    scd30.getCarbonDioxideConcentration(result);
    PhyphoxBLE::write(first_difference_float, result[0], result[1], result[2]);
    Serial.print("Συγκέντρωση CO2 = : ");
    Serial.print(result[0]);
    Serial.print(" ppm");
    Serial.print(" , ");
    Serial.print("Θερμοκρασία = ");
    Serial.print(result[1]);
    Serial.print(" °C");
    Serial.print(" , ");
    Serial.print("Υγρασία = ");
    Serial.print(result[2]);
    Serial.println(" %");
    Serial.println(" ");

}
else {
    Serial.println("Not Ready");
}

delay(500);
}

```

Παράρτημα 2 – Ο κώδικας για το ESP32

```

//SCD30 CO2 Sensor sending to Phyphox(For more info:
https://ekfe.reth.sch.gr/?page\_id=1951)
#include "SCD30.h"
#include "Wire.h"
#include <phyphoxBle.h>
//Συνδέσεις καλωδίων : SDA (Ασπρο) --> D21 on Esp32, SCL(Κίτρινο)--> D22 on Esp32,
VCC-->+3V3 GND-->GND
#define LED 2
char board_name[]="CO2"; //Μπορεί να αλλάξει αλλά πρέπει να περιέχει το CO2 ώστε να
αναγνωρίζεται από το Phyphox πχ: CO2 board1

unsigned long initial_time, first_time;
float first_difference_float;

void setup() {
    Wire.begin();
    Serial.begin(115200);
    pinMode(LED, OUTPUT);

    PhyphoxBLE::minConInterval = 6; //6 = 7.5ms
    PhyphoxBLE::maxConInterval = 6; //6 = 7.5ms
    PhyphoxBLE::slaveLatency = 0; //

```

```

PhyphoxBLE::timeout = 10; //10 = 100ms
PhyphoxBLE::start(board_name); // Το όνομα του board μπορεί να αλλάξει στην αρχή του
προγράμματος

PhyphoxBLE::configHandler=&receivedData; // δείτε το παράδειγμα της βιβλιοθήκης
Phyphox Arduino library
}

void receivedData(){ // δείτε το παράδειγμα της βιβλιοθήκης Phyphox Arduino library
  if (PhyphoxBLE::currentConnections == 1){
    initial_time = millis(); //ορίζει την αρχή του χρόνου
  }
}

void loop() {

  float result[3] = {0};
  if (scd30.isAvailable()) {
    first_time = millis();
    first_difference_float = ((float)first_time-(float)initial_time)/1000;
    scd30.getCarbonDioxideConcentration(result);
    PhyphoxBLE::write(first_difference_float, result[0], result[1], result[2]);
    Serial.print("Συγκέντρωση CO2 = : ");
    Serial.print(result[0]);
    Serial.print(" ppm");
    Serial.print(" , ");
    Serial.print("Θερμοκρασία = ");
    Serial.print(result[1]);
    Serial.print(" °C");
    Serial.print(" , ");
    Serial.print("Υγρασία = ");
    Serial.print(result[2]);
    Serial.println(" %");
    Serial.println(" ");

  }
  else {
    Serial.println("Not Ready");
  }

  delay(700); // Ορίζει τον χρόνο (σε ms) ανάμεσα σε δύο διαδοχικές μετρήσεις
  if (PhyphoxBLE::currentConnections == 1) {
    digitalWrite(LED,HIGH);
  } else {
    digitalWrite(LED, LOW);
  }
  delay(500); //Για μικρές τιμές του delay < 500 ενδεχομένως να εμφανίζονται σφάλματα.

```

```
digitalWrite(LED,LOW);
}
```

Βιβλιογραφία

- F. Bouquet, et al. "Enhance your smartphone with a Bluetooth arduino nano board." (Physics Education, 57.1, 2021).
- Α.Καψάλης, κ.ά. *Βιολογία Γ Λυκείου Τεύχος Α*. (ITYE Διόφαντος, 2014).
- S. Staacks, et al. "Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox." (Physics education 53,4, 2018) 045009.
- C. Stampfer, H. Heidrun, S. Staacks. "A lab in the pocket." (Nature Reviews Materials 5.3, 2020), pp 169-170.
- Κ. Χαλκιαδάκης, Γ. Σγουρός. 'Παρουσίαση ενός Συστήματος Datalogger για τα Σχολικά Εργαστήρια Φυσικών Επιστημών με Χρήση Phyphox και Arduino'. (3ο Πανελλήνιο Συνεδριο Scientix για την Εκπαίδευση STEM, τ. Α, Scientix, Οκτώβρης 2022) τόμος Α σσ 241–248.

*Το copyright των φωτογραφιών και των σχημάτων στα οποία δεν αναφέρεται πηγή έχουν δημιουργηθεί από τον συγγραφέα.



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Greece

Science on Stage Festival 2024, Turku, Finland

Ανιχνευτής ψεύδους και IOT συσκευή

Μαθήτρια : *Μαρία Τσούρτη, ΓΕΛ Σούδας*

Υπεύθυνος καθηγητής: *Νεκτάριος Κουράκης, Φυσικός, Γενικό Λύκειο Βάμου*
[nektarios.25ma\[a\]gmail.com](mailto:nektarios.25ma[a]gmail.com)

*(1^ο Αναπληρωματικό Βραβείο 12^{ων} Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων
Φυσικών Επιστημών)*

Περίληψη

Συσκευή ανίχνευσης ψεύδους με αισθητήρες που κουμπώνουν σε ένα arduino uno και ταυτόχρονα IOT συσκευή που ειδοποιεί τον κατάλληλο άνθρωπο στην περίπτωση που ο ασθενής βγει εκτός ορίων είτε η συναισθηματική κατάσταση είτε οι καρδιακοί του παλμοί.

Abstract

Lie detection device with sensors that snap into an arduino uno and at the same time an IOT device that notifies the appropriate person in the event that the patient goes out of bounds, either his emotional state or his heartbeats.

Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

Κάποια βοηθητικά επιστημονικά στοιχεία :

【GSR=Galvanic Skin Response】Μία μέθοδος μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του δέρματος. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αντικατοπτρίσει την ανθρώπινη συναισθηματική δραστηριότητα. Όταν οι άνθρωποι είναι συναισθηματικά πιεσμένοι ή έχουν έντονες εκφράσεις στο πρόσωπο, η συμπαθητική δραστηριότητα αυξάνεται και προωθεί την έκκριση των ιδρωτοποιών αδένων, η οποία αυξάνει την ηλεκτρική αγωγιμότητα του δέρματος.

【Μέτρηση συναισθημάτων】Είναι ένα ενδιαφέρον εργαλείο για τη δημιουργία έργων που σχετίζονται με τα συναισθήματα. Σε ορισμένες συσκευές γαλβανικής απόκρισης δέρματος, όπως οι ανιχνευτές ψεύδους, εφαρμόζεται επίσης αυτή η επιστημονική αρχή.

Περιγραφή εργασίας

Αρχικά ο στόχος ήταν να δημιουργήσουμε μια συσκευή ειδοποίησης ή συναγερμού όταν οι καρδιακοί παλμοί αποκλίνουν από τα φυσιολογικά όρια, που κατασκευάσαμε. Ταυτόχρονα, μια **παιγνιώδης διάθεση** να εξετάσουμε το ενδεχόμενο κατασκευής μιας συσκευής ανίχνευσης ψεύδους με αισθητήρες που κουμπώνουν σε ένα arduino uno ή nano έγινε η αιτία να δημιουργηθεί αυτό το project που ήταν δύο σε ένα. Αυτό αποδείχθηκε ιδιαίτερα εποικοδομητικό για τους μαθητές, όπως και στο δικό μας έργο. Και αυτό γιατί πέρα από τη γνώση που αποκτάται με μια εφαρμογή STEM-arduino, τα στοιχεία βιοϊατρικής γνώσης

μαθαίνονται βιωματικά και δημιουργικά. Χρησιμοποιώντας αισθητήρες esp32 MCU, GSR και HEART RATE SPO2 και άλλα περιφερειακά υλικά υποστήριξης, κατασκευάσαμε τη συσκευή μας.

1. Έρευνα

α. Μελέτη υπάρχουσας κατάστασης

Σε πολλές εφαρμογές ανοιχτού λογισμικού όπως με το arduino και τους αισθητήρες του, που αναπτύσσονται από μαθητές εργαστηρίων STEAM, προκύπτει η ανάγκη των παιδιών να παίζουν με αυτά τα εργαλεία ξεφεύγοντας από αναλυτικά προγράμματα. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων αυτό αποδεικνύεται ιδιαίτερα εποικοδομητικό για του μαθητές **όπως και στο δικό μας project***. Και αυτό γιατί πέρα από τη γνώση που προκύπτει με μια STEM-arduino εφαρμογή, ***στοιχεία-γνώσεις βιοϊατρικής μαθαίνονται βιωματικά και δημιουργικά.**

β. Σαφής ορισμός προβλήματος – ανάγκης

Εξετάζουμε την δυνατότητα κατασκευής με φθηνά υλικά ενός ανιχνευτή ψεύδους.

2. Σχεδιασμός

α. Σαφής ορισμός προτεινόμενης λύσης

Χρησιμοποιώντας τους αισθητήρες GSR και HEART RATE SPO2 και άλλα περιφερειακά υλικά υποστήριξης κατασκευάσαμε την συσκευή μας.

β. Πρωτοτυπία λύσης και υλοποίηση. Αποτελεσματικότητα – αρτιότητα

Εδώ παίζοντας πειραματιζόμενοι με τους αισθητήρες μας βρήκαμε την χρυσή τομή ρύθμισης και παράλληλα προγραμματισμού ώστε να εξάγουμε τα βέλτιστα αποτελέσματα . ***Η απόδειξη ήταν στην γιορτή φυσικών επιστημών στα ΧΑΝΙΑ 6-5-2023: η συσκευή μας με χειριστή την μαθήτριά που την κατασκεύασε να προσελκύσει πλήθος κόσμου ακόμα και τον Δήμαρχο Χανίων .***

Το project παρουσιάστηκε στην γιορτή φυσικών επιστημών στα Χανιά 6/5/23 και εδώ ένα βίντεο από τα τοπικά μέσα ενημέρωσης όπου το δείχνει ανάμεσα στα 3 που προλάβουμε να κατεβάσουμε από το λύκειο Σούδας: <https://www.youtube.com/watch?v=J4KTN73r3Bc>

Το βίντεο που δείχνει- αναλύει την συσκευή παρακάτω.

[Σύνδεσμος:](https://www.youtube.com/watch?v=u1cShU507po) <https://www.youtube.com/watch?v=u1cShU507po>

Επίσης σημαντικό στοιχείο είναι ότι ενώ η συσκευή μας λειτουργεί αυτόνομα – παίρνεις το κουτί της και την πας, εφαρμόζεις όπου θέλεις – βελτίωση της αποδοτικότητάς της αποτελεί η σύνδεση του arduino μέσω usb με το laptop μας και άνοιγμα του serial plotter με *ικανό χειριστή (ανάγνωσης – ερμηνείας γραφικής παράστασης).

Σημαντική διαπίστωση:Ανιχνευτής ψεύδους λοιπόν **ίσως***, **σίγουρα όμως ανιχνευτής αλλαγής συναισθηματικής διάθεσης.** (* μεγάλη σημασία έχει και ο χειριστής)

γ. κόστος και υλικά

- 1) ARDUINO NANO CLONE=€11,99 LINK: <https://www.hellasdigital.gr/go-create/arduino/arduino-nano-v3.0-w-atmega328p/>
 - 2) Heart Rate Sensor=€19.90
<https://grobotronics.com/heart-rate-and-oximeter-sensor-max30102.html>
 - 3) Jumper Wires =€2.20
<https://grobotronics.com/jumper-wires-30cm-male-to-male-pack-of-10.html>
 - 4) πλακέτα=€8.80
<https://grobotronics.com/103x87x1.6mm-gainta-d6mg-pcb-a.html>
 - 5) gsr sensor = €19.90
<https://www.amazon.com/seeed-studio-Seeedstudio-Grove-sensor/dp/B012TNYDE4?th=1>
 - 6) Jumper Cables = €9,60 link: <https://grobotronics.com/ribbon-40wire-20cm-female-to-male.html> και <https://grobotronics.com/breadboard-jumper-wires-140pcs.html>
 - 7) Step-Down (Buck) Converter= €4.60
 - 8) battery case= €1.20
 - 9) tact switch = €0.1500
 - 10) 2 x 18650 battery=2x €4.60
- ΣΥΝΟΛΟ=90€

δ. Λίστα εργαλείων

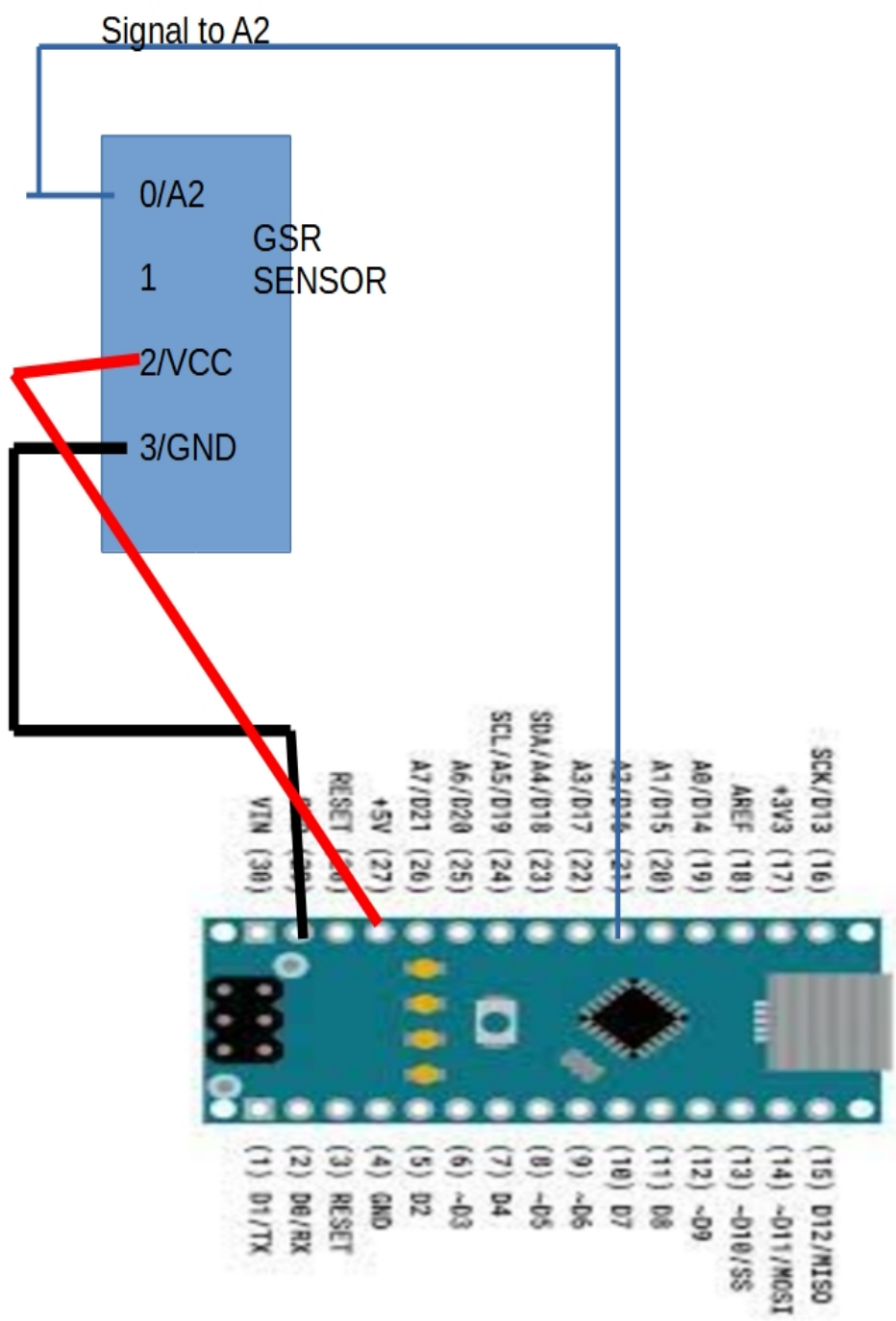
Arduino ide 1.8.20 και serial plotter του→software
και κατσαβίδι ,κολλητήρι, και 3D εκτυπωτής (ΕΚΦΕ ΧΑΝΙΩΝ)-→hardware

ε. Σχέδια (Μηχανισμοί και ηλεκτρονικά)

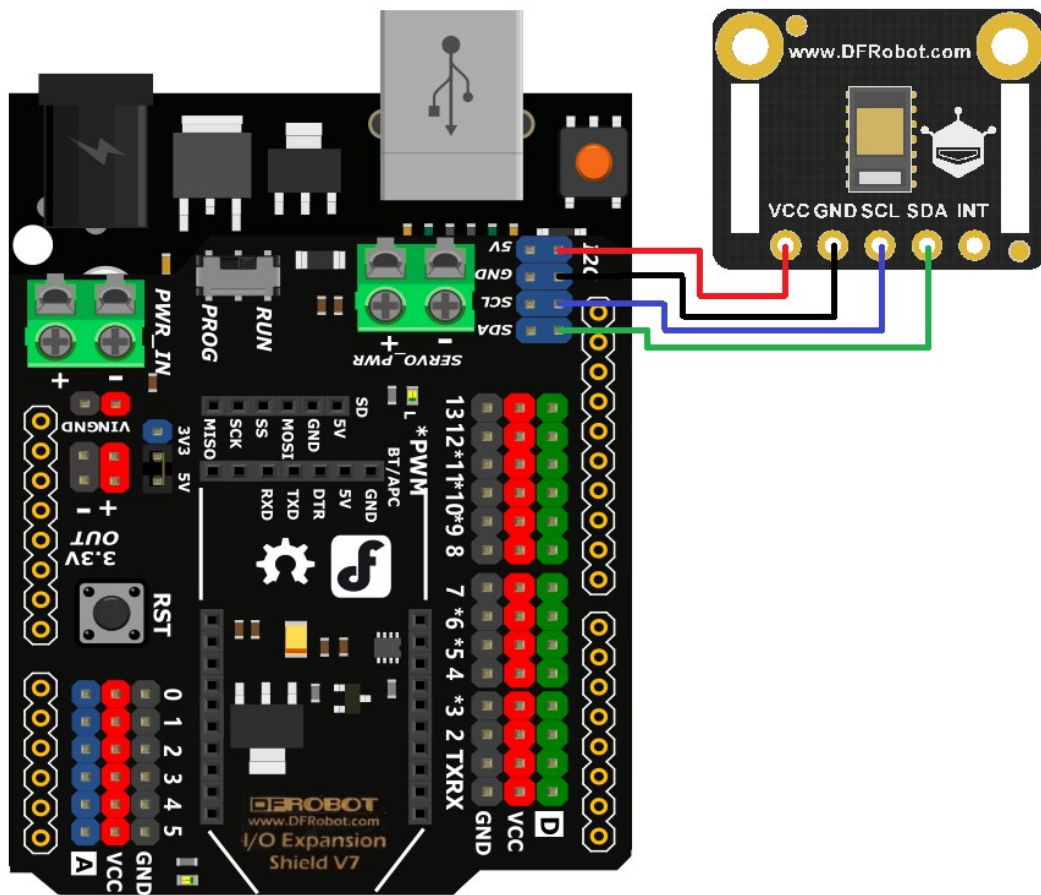
Σχηματικό διάγραμμα ενώσεων - Schametic, PIN OUT:

Το “σπάσαμε” σε 3 μέρη – αυτός ο τρόπος λειτουργεί στα δικά μου project που επιβλέπω ως καθηγητής καλύτερα.

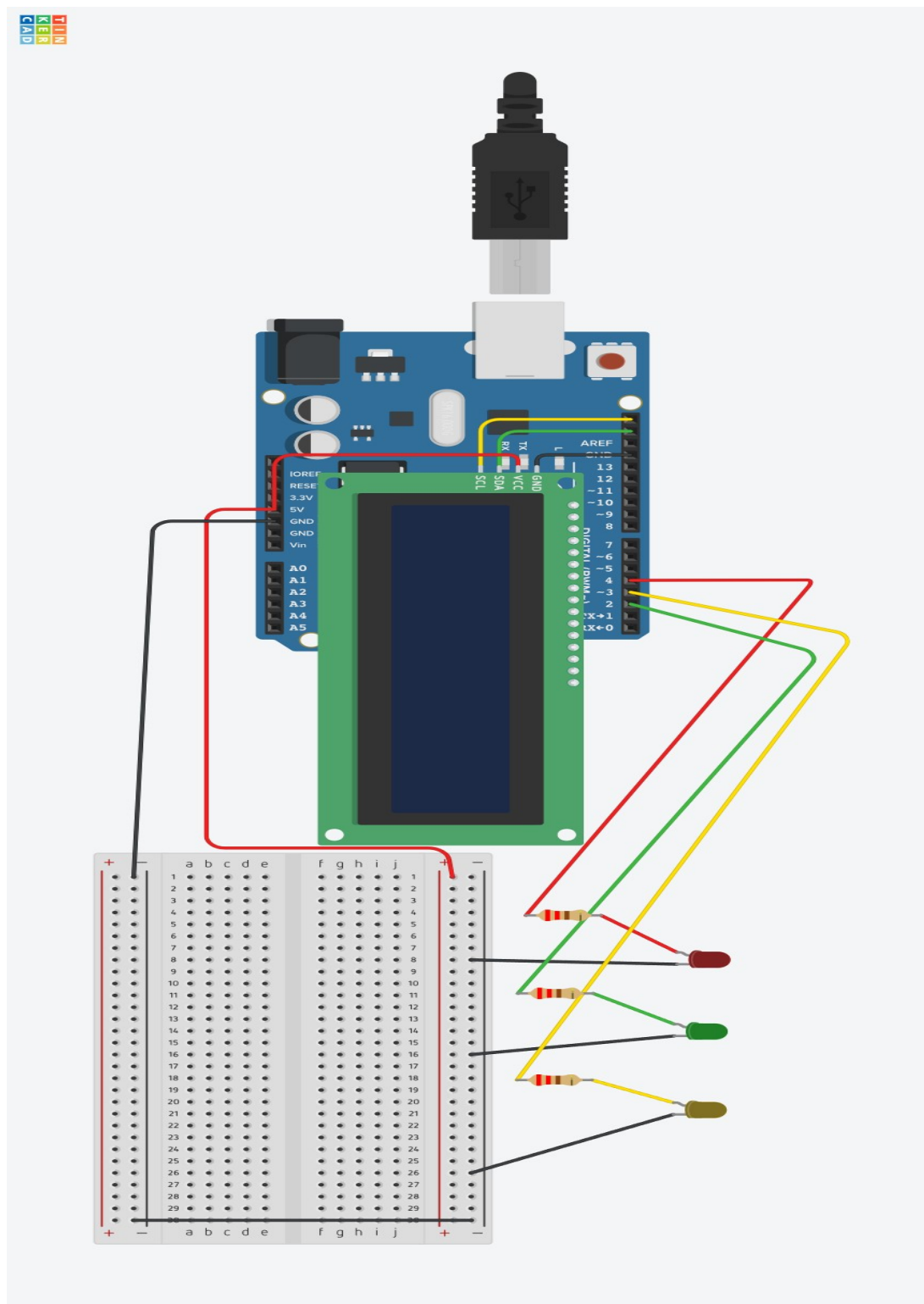
α) gsr connection:



β) heart and SPO2 sensor connections :



γ) LCD and led connections:



στ. Βασικός αλγόριθμος

Ο Κώδικας που εκτελεί **όλες** τις λειτουργίες και είναι εγκατεστημένος στο μικροελεγκτή :

/*

GEL SOUDAS 2023

GSR connection pins to Arduino microcontroller

Arduino	GSR
----------------	------------

GND	GND
------------	------------

5V	VCC
-----------	------------

A2	SIG
-----------	------------

D13	RED LED
------------	----------------

*/

/*

GSR, standing for galvanic skin response, is a method of measuring the electrical conductance of the skin. Strong

emotion can cause stimulus to your sympathetic nervous system, resulting more sweat being secreted by the sweat glands. Grove – GSR allows you to spot such strong emotions by simple attaching two electrodes to two fingers on one hand, an interesting gear to create emotion related projects, like sleep quality monitor. http://www.seeedstudio.com/wiki/Grove_-_GSR_Sensor

*/

```
#include <LCD_I2C.h>
```

```
LCD_I2C lcd(0x27, 20, 4); // Default address of most PCF8574 modules, change  
//according
```

```
#include "DFRobot_BloodOxygen_S.h"
```

```
#define I2C_COMMUNICATION //use I2C for communication, but use the //serial port  
for communication if the line of codes were masked
```

```
#define I2C_COMMUNICATION
```

```
#define I2C_ADDRESS 0x57
```

```
DFRobot_BloodOxygen_S_I2C MAX30102(&Wire ,I2C_ADDRESS);
```

```
const int LED=13;
```

```

const int GSR=A2;

int threshold=0;

int sensorValue;

void setup(){

  lcd.begin(); // If you are using more I2C devices using the Wire library use
  lcd.begin(false)

               // this stop the library(LCD_I2C) from calling Wire.begin()

  //lcd.begin(false)

  lcd.backlight();

  long sum=0;

  Serial.begin(9600);

  while (false == MAX30102.begin())

  {

    Serial.println("init fail!");

    delay(1000);

  }

  MAX30102.sensorStartCollect();

```

```

pinMode(LED,OUTPUT);

digitalWrite(LED,LOW);

delay(1000);

pinMode(2, OUTPUT);//GREEN

pinMode(3, OUTPUT);//ORANGE OR YELLOW

pinMode(4, OUTPUT);//RED

digitalWrite(2, LOW);

delay(500);

digitalWrite(3, LOW);

delay(500);

digitalWrite(4, LOW);

delay(500);

MAX30102.getHeartbeatSPO2();

for(int i=0;i<500;i++)

{

sensorValue=analogRead(GSR);

sum += sensorValue;

delay(5);

}

```

```
threshold = sum/500;
```

```
delay(5000);
```

```
lcd.setCursor(0, 0); // Or setting the cursor in the desired position.
```

```
lcd.print(" GSR threshold:");
```

```
lcd.setCursor(17, 0);
```

```
lcd.print(threshold);
```

```
}
```

```
void loop(){
```

```
MAX30102.getHeartbeatSPO2();
```

```
float HEARTrate=MAX30102._sHeartbeatSPO2.Heartbeat;
```

```
int temp;
```

```
sensorValue=analogRead(GSR);
```

```
Serial.println("threshold,sensorValue");
```

```
Serial.print(threshold);Serial.print(",");
```

```
Serial.println(sensorValue);
```

```

    lcd.setCursor(0,1);

    lcd.print("sensorValue= ");

    lcd.setCursor(15, 1);

    lcd.print(sensorValue);

    temp = threshold - sensorValue;

    if(abs(temp)>30)

    {

        sensorValue=analogRead(GSR);

        temp = threshold - sensorValue;

        if((abs(temp)>30) && (abs(temp)<=55)){

            digitalWrite(LED,HIGH);


            digitalWrite(2, HIGH);

            // delay(500);

            digitalWrite(3, HIGH);


            lcd.setCursor(0, 2); // Or setting the cursor in the desired position.

            lcd.print("???Lie detected ");

            lcd.setCursor(0,1);

            lcd.print("sensorValue= ");

```

```

lcd.setCursor(15, 1);

lcd.print(sensorValue);

//Serial.println("threshold,sensorValue");

Serial.print(threshold);Serial.print(",");

Serial.println(sensorValue);

delay(1000);

digitalWrite(LED,LOW);

delay(900);

}

if(abs(temp)>55){

    digitalWrite(LED,HIGH);

digitalWrite(2, HIGH);

delay(5);

digitalWrite(3, HIGH);

delay(5);

digitalWrite(4, HIGH);

delay(5);

Serial.print(threshold);Serial.print(",");

Serial.println(sensorValue);

```

```
lcd.setCursor(0, 2); // Or setting the cursor in the desired position.
```

```
lcd.print("!!!Lie detected ");
```

```
lcd.setCursor(0,1);
```

```
lcd.print("sensorValue= ");
```

```
lcd.setCursor(15, 1);
```

```
lcd.print(sensorValue);
```

```
delay(1000);
```

```
digitalWrite(LED,LOW);
```

```
delay(900);
```

```
}
```

```
}
```

```
digitalWrite(2, LOW);
```

```
delay(5);
```

```
digitalWrite(3, LOW);
```

```
delay(5);
```

```
digitalWrite(4, LOW);
```

```
lcd.setCursor(0, 2);
```

```
lcd.print("SPO2 is : ");
```

```
lcd.setCursor(12, 2);
```

```
lcd.print(MAX30102._sHeartbeatSPO2.SPO2);
```

```

lcd.setCursor(16, 2);

lcd.print("%");

lcd.setCursor(0, 3);

lcd.print("heart rate is:");

if (HEARTrate>99)

{lcd.setCursor(16, 3);

lcd.print(MAX30102._sHeartbeatSPO2.Heartbeat);}

else {

    lcd.setCursor(16, 3);lcd.print(" ");

    lcd.setCursor(17, 3);

    lcd.print(MAX30102._sHeartbeatSPO2.Heartbeat);}}

```

Για παιδαγωγικούς λόγους στο GITHUB έχουμε προσθέσει δύο παρακλάδια – braches α) έργο μόνο με το gsr β) έργο μόνο με τον heart rate sensor.

3. Υλοποίηση–Αποτελεσματικότητα – αρτιότητα

Το αποτέλεσμα είναι ικανοποιητικό όπως φαίνεται και από το [βίντεο](#).

Πηγές

- 1)WIKI για τον heart rate and oximeter sensor
https://wiki.dfrobot.com/Heart_Rate_and_Oximeter_Sensor_V2_SKU_SEN0344#target_7
 library and examples to install
- 2)https://github.com/DFRobot/DFRobot_BloodOxygen_S library to install
- 3)https://codeload.github.com/DFRobot/DFRobot_RTU/zip/refs/heads/master
 GSR_MORE :
<https://www.youtube.com/watch?v=1clagERAIr4> AND
<http://www.himix.lt/arduino/arduino-and-galvanic-skin-response-gsr-sensor/>
Απλός ανιχνευτής ψεύδους
- 4)<https://projecthub.arduino.cc/BuildItDR/41f70368-639d-4833-9534-9a66bceb7ff9>
 processing ide https://github.com/fractalclockwork/biofeedback_emg
 or <https://github.com/masteruan/Arduino-Biofeedback>

or <https://github.com/limadlp/Biofeedback>

Βιβλιογραφία

Ως κατασκευή από το GITHUB μου -Νεκτάριος Κουράκης:

- α) <https://github.com/nektarios25ma/Lie-detector> (απλό)
- β) <https://github.com/nektarios25ma/Lie-detector/tree/IOT> (+ IOT)

Επιστημονικά στοιχεία:

1) Polygraph : <https://en.wikipedia.org/wiki/Polygraph>

2) Electrodermal activity :

https://en.wikipedia.org/wiki/Electrodermal_activity

3) Συγγραφείς : [Renata Markiewicz](#),¹ [Agnieszka Markiewicz-Gospodarek](#),^{2,*} and [Beata Dobrowolska](#)³

«Galvanic Skin Response Features in Psychiatry and Mental Disorders: A Narrative Review»
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9603244/>

*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στον συγγραφέα.



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Greece

*Science on Stage Festival 2024,
Turku, Finland*

Φανάρια κυκλοφορίας με προτεραιότητα στα ασθενοφόρα- Υπερηχητική κόρνα που λειτουργεί και ως ασύρματος Controller→Πατέντα

Υπεύθυνος καθηγητής: **Νεκτάριος Κουράκης**, Φυσικός, Γενικό Λύκειο Βάμου
[nektarios.25ma\[a\]gmail.com](mailto:nektarios.25ma[a]gmail.com)

(1^ο Αναπληρωματικό Βραβείο 12^{ων} Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων
Φυσικών Επιστημών)

Περίληψη

Παρατηρώντας σε μια σχολική εκδρομή με λεωφορείο, σε κεντρικό δρόμο της πόλης μας ασθενοφόρο να ακινητοποιείται μπροστά μας σε μια μεγάλη ουρά αυτοκινήτων, με φανάρια κυκλοφορίας μπροστά και στο κάλεσμά της σειρήνας του ασθενοφόρου τα αυτοκίνητα να μην μπορούν να ανοίξουν δρόμο παρά μόνο εάν τα φανάρια κυκλοφορίας μείνουν για αρκετό χρόνο πράσινα, γεννήθηκε η ιδέα μας: ένας ασύρματος υπερηχητικός διακόπτης.

Abstract

Observing on a school bus trip, on a main road in our town, an ambulance stopped in front of us in a long line of cars, with traffic lights in front and at the call of the ambulance siren, the cars could not make way unless the traffic lights stay green for a long time, our idea was born: a wireless ultrasonic switch.

Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

Αισθητήρες Υπερήχων: αρχή λειτουργίας

Η ανθρώπινη φωνή δημιουργεί σύνθετες δονήσεις του αέρα γύρω από το στόμα, με ελάχιστη συχνότητα 300 Hz και μέγιστη συχνότητα 3400 Hz. Όπως λέγεται, *το φάσμα (spectrum) της ανθρώπινης φωνής είναι μεταξύ 300 και 3400 Hz*. Η φωνή ενός συγκεκριμένου ανθρώπου έχει μικρότερο φάσμα από τις παραπάνω ακραίες τιμές, καθώς όλοι γνωρίζουμε ότι οι ανδρικές φωνές είναι πιο *μπάσες*, δηλαδή δε φτάνουν τα 3400 Hz, ενώ οι γυναικείες πιο *ψιλές*, δηλαδή ξεκινούν ψηλότερα από τα 300 Hz. Το ανθρώπινο αυτί ακούει και ήχους που ξεφεύγουν από τα όρια της φωνής και έχουν συχνότητα από 20 έως 20.000 Hz, περίπου. Έχουμε με συχνότητα άνω των 20.000 Hz δε μπορούν να γίνουν αντιληπτοί από το ανθρώπινο αυτί και ονομάζονται *υπέρηχοι (ultrasounds)*.

Οι υπέρηχοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση και καταγραφή διαφόρων φυσικών μεγεθών, όπως της στάθμης ενός υγρού, της ταχύτητας κίνησης ενός αντικειμένου, και της ταχύτητας ροής ενός ρευστού. Οι διαδικασίες παρακολούθησης στηρίζονται στην εκπομπή ενός υπερηχητικού κύματος από ένα σημείο, την ανάκλασή του από μία επιφάνεια και τη λήψη του ανακλώμενου κύματος στο ίδιο ή κάποιο άλλο σημείο. Το κύμα εκπέμπεται σε μορφή παλμών και όχι σε

συνεχή μορφή, ώστε να μπορεί να διαπιστωθεί το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα στην εκπομπή ενός παλμού και τη λήψη του, αφότου ο παλμός έχει υποστεί ανάκλαση .

Η ταχύτητα του ήχου στον αέρα είναι ίση με $v_0 = 340 \text{ m/s}$ ($= 1224 \text{ km/h}$). Η ταχύτητα αυτή λέγεται ένα *Mach*. Σε οποιοδήποτε άλλο υλικό (στερεό, υγρό) η ταχύτητα του ήχου είναι μεγαλύτερη από αυτήν την τιμή και ίση με $v = v_0/n$, όπου n είναι μία σταθερά του υλικού που λέγεται *δείκτης διάθλασης* (*refraction index*) και έχει τιμή μεγαλύτερη του 1. Ο αέρας (για την ακρίβεια, το κενό) έχει τιμή $n = 1$.

Το μήκος κύματος (*wavelength*) λ ενός ηχητικού ή υπερηχητικού κύματος συχνότητας f δίνεται από τη σχέση:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

όπου v είναι η ταχύτητα του ήχου στο υλικό (και ισούται με v_0 εάν το υλικό είναι ο αέρας). Για να αποκτήσουμε μία αίσθηση του τύπου, ένα υπερηχητικό κύμα συχνότητας 20 kHz στον αέρα ($v_0 = 340 \text{ m/s}$) έχει μήκος κύματος 0.017 m, δηλαδή 17 mm, ενώ ένα ηχητικό κύμα συχνότητας 2000 Hz στον αέρα έχει μήκος κύματος 0.17 m, δηλαδή 17 cm.)



EIKONA 1-link

Πώς λειτουργεί ένας αισθητήρας υπερήχων απόστασης;

Ο αισθητήρας υπερήχων στέλνει έναν παλμό ήχου υψηλής συχνότητας και έπειτα φορές το χρόνο που χρειάζεται για να αντανakλάται η ηχώ του ήχου. Ο αισθητήρας διαθέτει 2 ανοίγματα στο μπροστινό μέρος του. Ένα άνοιγμα μεταδίδει υπερηχητικά κύματα, (όπως ένα μικρό ηχείο), το άλλο λαμβάνει αυτά, (όπως ένα μικροσκοπικό μικροσκόπιο).

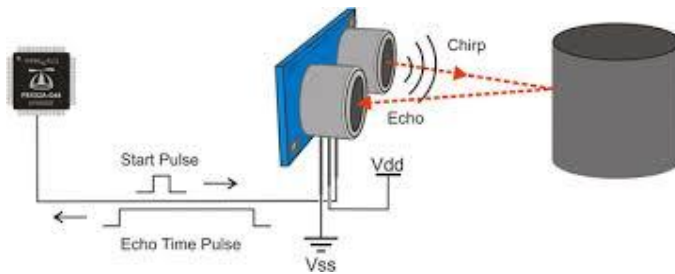
Η ταχύτητα του ήχου είναι περίπου 341 μέτρα ανά δευτερόλεπτο στον αέρα. Ο υπερηχητικός

αισθητήρας χρησιμοποιεί αυτές τις πληροφορίες μαζί με τη χρονική διαφορά μεταξύ της αποστολής και λήψης του παλμού ήχου για τον προσδιορισμό της απόστασης σε ένα αντικείμενο. Χρησιμοποιεί την ακόλουθη μαθηματική εξίσωση:

Απόσταση = Χρόνος x Ταχύτητα ήχου διαιρούμενο με 2

Χρόνος = ο χρόνος μεταξύ του χρόνου μετάδοσης ενός υπερηχητικού κύματος και του χρόνου λήψης

Διαιρείτε αυτόν τον αριθμό κατά 2 επειδή το ηχητικό κύμα πρέπει να ταξιδέψει στο αντικείμενο και πίσω.



[EIKONA 2-link](#)

Περιγραφή εργασίας

STEM κατασκευή που πραγματοποιήθηκε στο Γυμνάσιο Βρυσών με συμμετοχή μαθητών σε ομάδα ρομποτικής που δημιούργησα το 2018. Επίσης επανακατασκευάστηκε στο ΓΕΛ Σούδας το 2023, από την ομάδα ρομποτικής που δημιούργησα το 2022-23.

Βίντεο εξήγησης του έργου ,σύνδεσμος : https://www.youtube.com/watch?v=nap3VhNP_MA

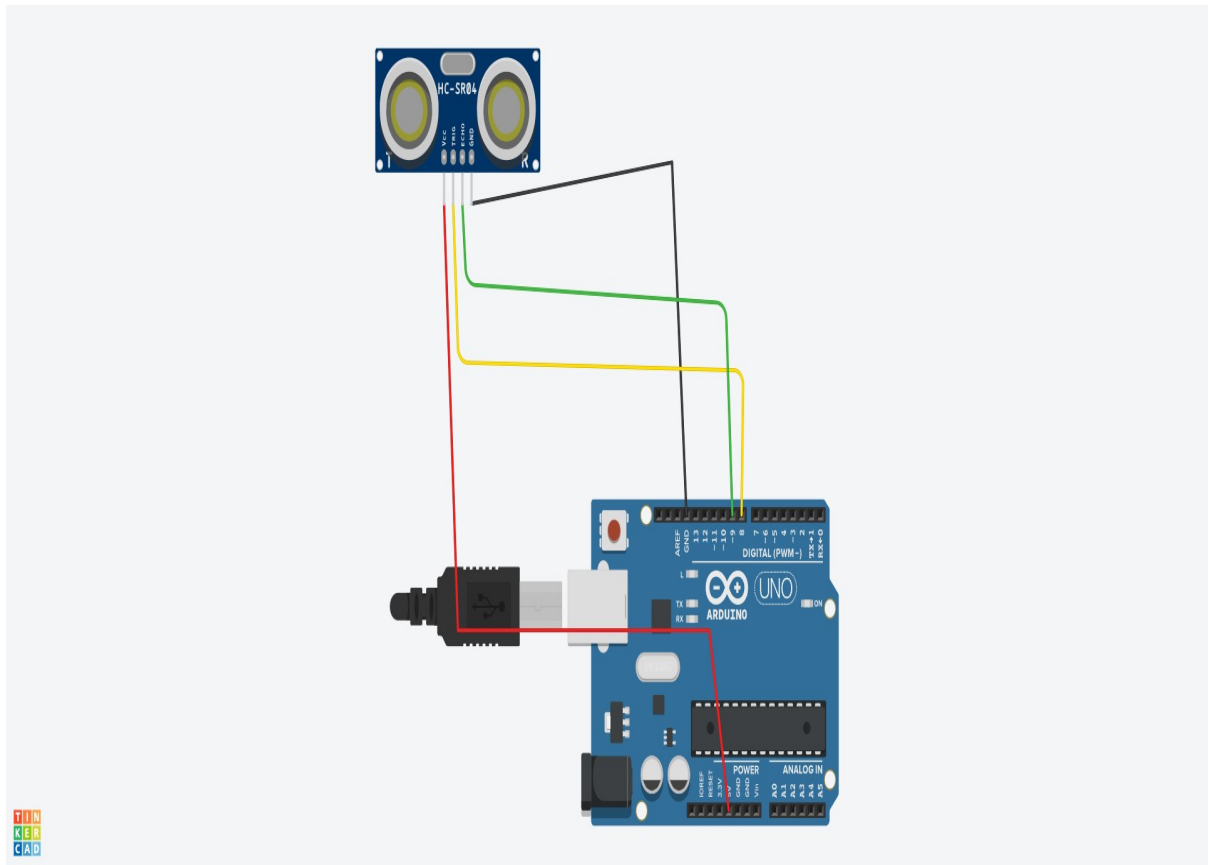
Παρατηρώντας σε μια σχολική εκδρομή με λεωφορείο , σε κεντρικό δρόμο της πόλης μας ασθενοφόρο να ακινητοποιείται μπροστά μας σε μια μεγάλη ουρά αυτοκινήτων, με φανάρια κυκλοφορίας μπροστά και στο κάλεσμα της σειρήνας του ασθενοφόρου τα αυτοκίνητα να μην μπορούν να ανοίξουν δρόμο παρά μόνο εάν τα φανάρια κυκλοφορίας μείνουν για αρκετό χρόνο πράσινα, γεννήθηκε η ιδέα μας . Παρατηρήσαμε και αλλού ανάλογα προβλήματα :

<https://www.youtube.com/watch?v=I3hOBeQvc3M> και

<https://www.youtube.com/watch?v=0MQ7U7T0X8c>

Εξερευνώντας τον τρόπο να τους δώσουμε προτεραιότητα, η αρχική ιδέα: με ηλεκτρομαγνητικό control όπως της πόρτας του γκαράζ ή της τηλεόρασης. **Δυστυχώς** όμως δεν διαθέταμε -έλλειψη υλικών- ή μάλλον **ευτυχώς** γιατί προέκυψε μια **πατέντα** που σκέφτηκα: **με υπερηχητικό σήμα από το ασθενοφόρο να ενεργοποιείται πράσινο για αυτά φανάρι και κόκκινο για τα άλλα.** Κάνοντας πειράματα με τον ultrasonic sensor HC sr04 και διαβάζοντας το datasheet παρατηρήσαμε ότι στέλνει ένα μοτίβο 8 υπερηχητικών παλμών και αναγνωρίζει ως επιστροφή μόνο το ίδιο μοτίβο άρα ο τυχόν περιβάλλον θόρυβος δεν μας απασχολεί.

Σε κάθε ασύρματο έλεγχο συσκευών έχουμε τον **εκπομπό και τον δέκτη**. Εδώ ο εκπομπός έχει την εξής συνδεσμολογία:



και ο κώδικας που το συνοδεύει:

```
#define TRIGGERPIN 8

#define ECHOPIN 9

void setup() {

  pinMode(TRIGGERPIN,OUTPUT);

  pinMode(ECHOPIN,INPUT);

}

void loop() {

  digitalWrite(TRIGGERPIN,LOW);

  delayMicroseconds(1);
```

```

digitalWrite(TRIGGERPIN,HIGH);

delayMicroseconds(10);

digitalWrite(TRIGGERPIN,LOW);

delayMicroseconds(1)

}

```

Όσον αφορά τον δέκτη έχουμε δύο, έναν που ελέγχει τα φανάρια με κώδικα:

```

unsigned long start_time; // Δημιούργησε μια μεταβλητή τύπου unsigned long integer //με
όνομα start_time

#define echo 12

#define trigger 13

int ledRed = 11;

int ledOrange = 10;

int ledGreen = 9;

int pedRed = 5;

int pedGreen = 4;

int ledRedB = 8;

int ledOrangeB = 7;

int ledGreenB = 6;

int pedRedB = 3;

int pedGreenB = 2;

```

```

long receiver_init()

{

digitalWrite(trigger,LOW);

delayMicroseconds(2);

digitalWrite(trigger,HIGH);

delayMicroseconds(2);

digitalWrite(trigger,LOW);

delayMicroseconds(2);

long microseconds=pulseIn(echo,HIGH,100000);

return microseconds ;

}

```

```

void setup() {

pinMode(echo,INPUT);

pinMode(trigger,OUTPUT);

Serial.begin(9600);

pinMode(ledRed, OUTPUT);

pinMode(ledOrange, OUTPUT);

pinMode(ledGreen, OUTPUT);

```

```
pinMode(pedRed, OUTPUT);

pinMode(pedGreen, OUTPUT);

pinMode(ledRedB, OUTPUT);

pinMode(ledOrangeB, OUTPUT);

pinMode(ledGreenB, OUTPUT);

pinMode(pedRedB, OUTPUT);

pinMode(pedGreenB, OUTPUT);

}
```

```
void loop() {

//EXTRA

Serial.println(receiver_init());

if (receiver_init() >= 5 && receiver_init() <= 29930) { // Αν ανιχνευτεί υπερηχος κάνει:

digitalWrite(ledRed, LOW);

digitalWrite(ledOrange, LOW);

digitalWrite(ledGreen, HIGH);

digitalWrite(ledRedB, HIGH);
```

```

digitalWrite(ledOrangeB, LOW);

digitalWrite(ledGreenB, LOW);

digitalWrite(pedRed, HIGH);

digitalWrite(pedGreen, LOW);

digitalWrite(pedRedB, LOW);

digitalWrite(pedGreenB, HIGH);

//EXTRA

Serial.println(receiver_init());

delay(100000); //καθυστερησε 100 sec

//EXTRA

Serial.println(receiver_init());

}

if ( receiver_init() <= 5 || receiver_init() >= 29930 ) { // Αν ο δεν ανιχνευτει υπερηχος

// κόκκινο για 3 δευτερόλεπτα, πράσινο στους πεζούς

start_time=millis(); // Βάλε στην start_time την τιμή της millis()

while (millis() - start_time < 3000) { // Εφόσον δεν πέρασαν 3 δευτ κάνε:

digitalWrite(ledRed, HIGH);

digitalWrite(ledOrange, LOW);

```

```

digitalWrite(ledGreen, LOW);

digitalWrite(pedRed, LOW);

digitalWrite(pedGreen, HIGH);

digitalWrite(ledRedB, LOW);

digitalWrite(ledOrangeB, LOW);

digitalWrite(ledGreenB, HIGH);

digitalWrite(pedRedB, HIGH);

digitalWrite(pedGreenB, LOW);

//EXTRA

Serial.println(receiver_init());

}}

else {

    start_time=millis(); // Βάλε στην start_time την τιμή της millis()

while (millis() - start_time < 100000) { // Εφόσον δεν πέρασαν 100 δευτ κάνει:

    // πράσινο κυκλοφορίας για το ασθενοφορο

digitalWrite(ledRed, LOW);

digitalWrite(ledOrange, LOW);

digitalWrite(ledGreen, HIGH);

digitalWrite(ledRedB, HIGH);

```

```

digitalWrite(ledOrangeB, LOW);

digitalWrite(ledGreenB, LOW);

digitalWrite(pedRed, HIGH);

digitalWrite(pedGreen, LOW);

digitalWrite(pedRedB, LOW);

digitalWrite(pedGreenB, HIGH);

//EXTRA

Serial.println(receiver_init());

}}

if ( receiver_init()<= 5 || receiver_init() >=29930 ) { // Αν ο δεν ανιχνευτει υπερηχος

// κόκκινο στους πεζούς, περιμένω για 1 δευτερόλεπτο πριν δώσω πράσινο στα αμάξια

start_time=millis();

while (millis() - start_time < 1000) { // Εφόσον δεν πέρασαν 1 δευτ κάνε:

digitalWrite(pedRed, HIGH);

digitalWrite(pedGreen, LOW);

digitalWrite(ledRed, HIGH);

digitalWrite(ledOrange, LOW);

digitalWrite(ledGreen, LOW);

digitalWrite(ledRedB, LOW);

```

```

digitalWrite(ledOrangeB, HIGH);

digitalWrite(ledGreenB, LOW);

digitalWrite(pedRedB, HIGH);

digitalWrite(pedGreenB, LOW);

//EXTRA

Serial.println(receiver_init());

}}

else {

// πρασινο για τα ασθενοφορα

start_time=millis(); // Βάλε στην start_time την τιμή της millis()

while (millis() - start_time < 100000) { // Εφόσον δεν πέρασαν 100 δευτ κάνε:

// πράσινο κυκλοφορίας για το ασθενοφορο

digitalWrite(ledRed, LOW);

digitalWrite(ledOrange, LOW);

digitalWrite(ledGreen, HIGH);

digitalWrite(ledRedB, HIGH);

digitalWrite(ledOrangeB, LOW);

digitalWrite(ledGreenB, LOW);

digitalWrite(pedRed, HIGH);

digitalWrite(pedGreen, LOW);

```

```

digitalWrite(pedRedB, LOW);

digitalWrite(pedGreenB, HIGH);

//EXTRA

Serial.println(receiver_init());

}}

if ( receiver_init() <= 5 || receiver_init() >= 29930 ) {

// πράσινο κυκλοφορίας για 5 δευτερόλεπτα

start_time=millis();

while (millis() - start_time < 5000) { // Εφόσον δεν πέρασαν 5 δευτ κάνε:

digitalWrite(ledRed, LOW);

digitalWrite(ledOrange, LOW);

digitalWrite(ledGreen, HIGH);

digitalWrite(ledRedB, HIGH);

digitalWrite(ledOrangeB, LOW);

digitalWrite(ledGreenB, LOW);

digitalWrite(pedRed, HIGH);

digitalWrite(pedGreen, LOW);

digitalWrite(pedRedB, LOW);

digitalWrite(pedGreenB, HIGH);

```

```

//EXTRA

Serial.println(receiver_init());

}}

else{

    // πράσινο κυκλοφορίας για το ασθενοφορο

    start_time=millis(); // Βάλε στην start_time την τιμή της millis()

    while (millis() - start_time < 100000) { // Εφόσον δεν πέρασαν 100 δευτ κάνει:

        digitalWrite(ledRed, LOW);

        digitalWrite(ledOrange, LOW);

        digitalWrite(ledGreen, HIGH);

        digitalWrite(ledRedB, HIGH);

        digitalWrite(ledOrangeB, LOW);

        digitalWrite(ledGreenB, LOW);

        digitalWrite(pedRed, HIGH);

        digitalWrite(pedGreen, LOW);

        digitalWrite(pedRedB, LOW);

        digitalWrite(pedGreenB, HIGH);

    }

//EXTRA

Serial.println(receiver_init());

}}

```

```

if ( receiver_init() <= 5 || receiver_init() >= 29930 ) {

// πορτοκαλί για 1 δευτερόλεπτο

start_time = millis();

while ( millis() - start_time < 1000 ) { // Εφόσον δεν πέρασαν 1 δευτ κάνει:

digitalWrite(pedRed, HIGH);

digitalWrite(pedGreen, LOW);

digitalWrite(ledRed, LOW);

digitalWrite(ledOrange, HIGH);

digitalWrite(ledGreen, LOW);

digitalWrite(pedRedB, HIGH);

digitalWrite(pedGreenB, LOW);

digitalWrite(ledRedB, HIGH);

digitalWrite(ledOrangeB, LOW);

digitalWrite(ledGreenB, LOW);

//EXTRA

Serial.println(receiver_init());

}}

else {

// πράσινο κυκλοφορίας για το ασθενοφορο

```

```

start_time=millis(); // Βάλε στην start_time την τιμή της millis()

while (millis() - start_time < 100000) { // Εφόσον δεν πέρασαν 100 δευτ κάνε:

digitalWrite(ledRed, LOW);

digitalWrite(ledOrange, LOW);

digitalWrite(ledGreen, HIGH);

digitalWrite(ledRedB, HIGH);

digitalWrite(ledOrangeB, LOW);

digitalWrite(ledGreenB, LOW);

digitalWrite(pedRed, HIGH);

digitalWrite(pedGreen, LOW);

digitalWrite(pedRedB, LOW);

digitalWrite(pedGreenB, HIGH);

//EXTRA

Serial.println(receiver_init());

}

}

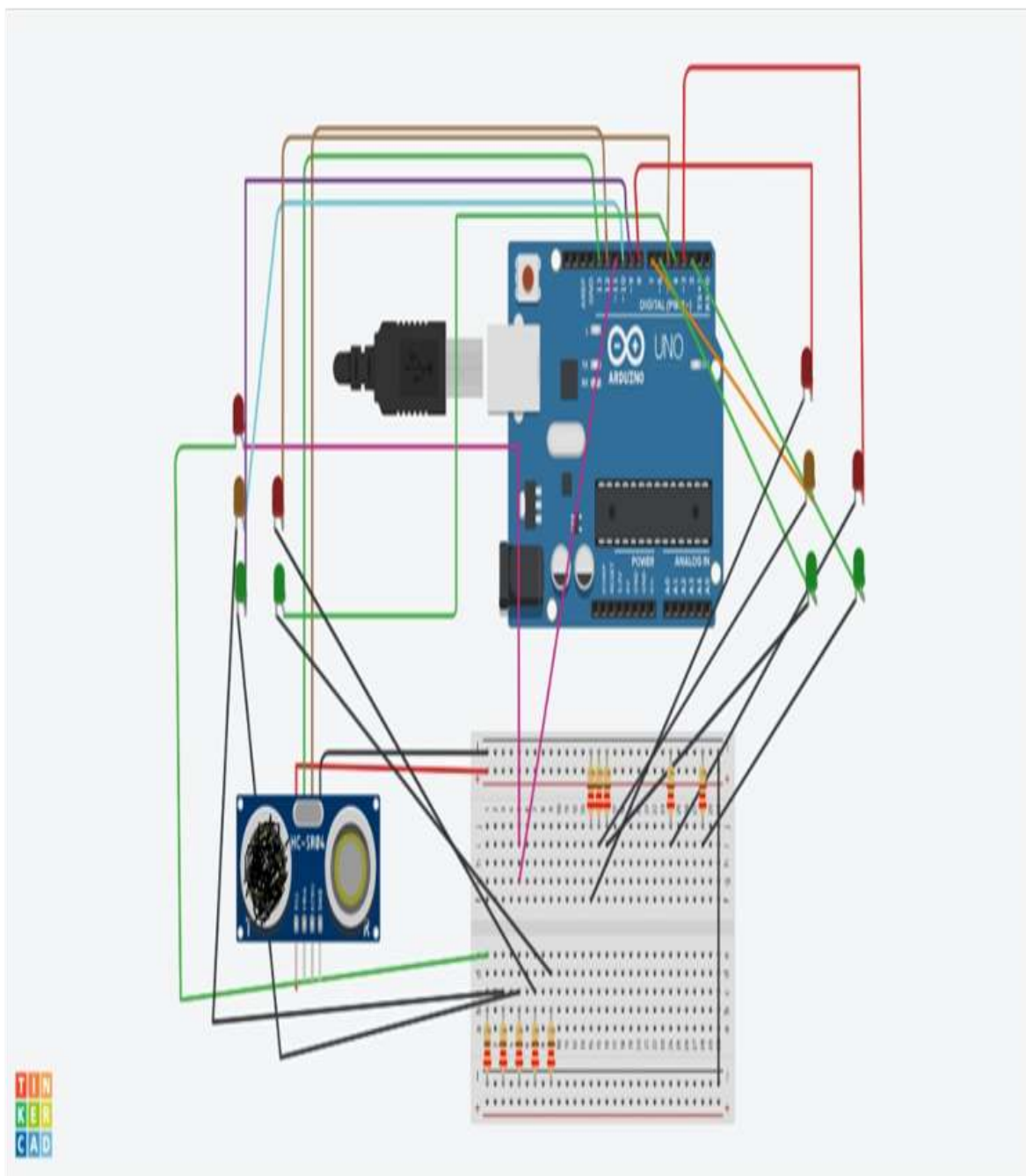
//EXTRA

Serial.println(receiver_init());

}

```

Αντίστοιχο σχηματικό διάγραμμα:



Και έναν που ελέγχει την μπάρα του νοσοκομείου την οθόνη την θερμοκρασία κτλ που όμως δεν είναι απαραίτητος σε μια πρώτη προσέγγιση.

Με κώδικα:

```
//ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΤΗΣ ΜΠΑΡΑΣ ΤΟΥ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟΥ , ΤΗΣ ΟΘΟΝΗΣ LCD ΚΑΙ  
ΤΗΣ ΣΤΑΔΙΑΚΗΣ ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ(ΟΣΟ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟ ΣΚΟΤΑΔΙ  
ΤΟΣΟ ΠΙΟ ΠΟΛΥ ΦΩΤΙΖΟΥΝ) ΚΑΙ!.....
```

```
// I2C LCD screen demo
```

```
//Compatible with the Arduino IDE 1.0
```

```
//Library version:1.1
```

```
#include <Wire.h>
```

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16 ,2);
```

```
#define echo 12
```

```
#define trigger 13
```

```
#include <Servo.h> // Συμπερίλαβε τη βιβλιοθήκη του σέρβο
```

```
Servo myservo; // Δημιούργησε ένα αντικείμενο τύπου Servo
```

```
int s=1; // Το βήμα (μοίρες) που θα αυξάνουμε τη θέση του σέρβο σε κάθε επανάληψη
```

```
//const int LDR=A0; //ΕΔΩ ΣΥΝΔΕΩ ΤΗΝ ΦΩΤΟΑΝΤΙΣΤΑΣΗ LDR ΓΙΑ ΝΑ ΔΙΑΒΑΖΩ  
ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑΣ
```

```
int LDR;
```

```
int input=0;
```

```
int brightness=0;
```

```
float hum; //Stores humidity value,ΤΙΜΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ
```

```
float temp; //Stores temperature value,ΤΙΜΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ
```

```
const int CityLIGHTSA=5;
```

```

const int CityLIGHTSB=3;

unsigned long start_time; // Δημιούργησε μια μεταβλητή τύπου unsigned long integer με
όνομα start_time

#include <DHT.h>; //ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ DHT

//Constants

#define DHTPIN 4 // what pin we're connected to ,ΤΟ ΠΙΝ ΠΟΥ ΣΥΝΔΕΟΥΜΕ //ΤΟΝ
ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ - ΥΓΡΑΣΙΑΣ

#define DHTTYPE DHT22 // DHT 22 (AM2302),ΤΥΠΟΣ //ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ,ΔΙΑΛΕΞΑΜΕ
DHT22 ΩΣ ΠΙΟ ΑΞΙΟΠΙΣΤΟ

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); //// Initialize DHT sensor for normal 16mhz Arduino

//Variables

int red1=2;

int blue1=6;

//ΕΔΩ ΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΦΩΝΗΤΙΚΗ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ -ΠΑΙΖΕΙ ΑΠΟ //DFPLAYER
MINI MP3 ΚΑΙ SD CARD

#include "SoftwareSerial.h"

SoftwareSerial mySerial(10, 11);

# define Start_Byte 0x7E

# define Version_Byte 0xFF

# define Command_Length 0x06

# define End_Byte 0xEF

```

```
# define Acknowledge 0x00 //Returns info with command 0x41 [0x01: info, 0x00: no info]
```

```
# define ACTIVATED LOW
```

```
int buttonPause = 3;
```

```
long TP_init() //TO CONTROL-ΔΕΚΤΗΣ ΠΟΥ ΘΑ ΕΛΕΓΧΕΙ ΤΗΝ ΠΑΡΑΛΑΒΗ //Η  
OXI TOY ΣΗΜΑΤΟΣ-ΠΟΙΟ ΚΑΤΩ ΦΑΙΝΕΤΑΙ ΟΤΑΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΤΑΙ
```

```
{
```

```
digitalWrite(trigger,LOW);
```

```
delayMicroseconds(2);
```

```
digitalWrite(trigger,HIGH);
```

```
delayMicroseconds(2);
```

```
digitalWrite(trigger,LOW);
```

```
delayMicroseconds(2);
```

```
long microseconds=pulseIn(echo,HIGH,100000);
```

```
return microseconds ;
```

```
}
```

```
void setup()
```

```

{

pinMode(buttonPause, INPUT);

digitalWrite(buttonPause,HIGH);


mySerial.begin (9600);

delay(1000);

Serial.begin(9600);

pinMode(CityLIGHTSA,OUTPUT); //LIGHTSA AND B ΣΤΑΔΙΑΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ
ΠΟΛΗΣ

pinMode(CityLIGHTSB,OUTPUT);

pinMode(red1, OUTPUT);

pinMode(blue1, OUTPUT);

pinMode(trigger, OUTPUT);

pinMode(echo, INPUT);


lcd.init(); // initialize the lcd

// Print a message to the LCD.

lcd.backlight();

lcd.setCursor(0,0);

myservo.attach(9); // Σχετίζεται το σερβο με το πιν 9

LDR=analogRead(A0);

```

```

myservo.write(0); // Γύρισε τον άξονα του servo στην τιμή 0

delay(35); // Περίμενε λίγο για να γυρίσει το servo στην τιμή που θέλουμε

dht.begin(); //ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟ DHT,ΞΕΚΙΝΑ.

digitalWrite(CityLIGHTSA,LOW);

digitalWrite(CityLIGHTSB,LOW);

}

void loop()

{

//Read data and store it to variables hum and temp,ΔΙΑΒΑΖΩ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΙΣ
//ΑΠΟΘΗΚΕΥΩ ΣΤΙΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ hum and temp

hum = dht.readHumidity();

temp= dht.readTemperature();

lcd.setCursor(0,0); // Η ΟΘΟΝΗ LCD ΘΑ ΔΕΙΞΕΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΥΓΡΑΣΙΑ // %
ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΓΡΑΜΜΗ

lcd.print( temp );

lcd.print( "C ");

lcd.setCursor(7,0);

lcd.print( hum );

lcd.print(" % ");

lcd.setCursor(0,1);

```

```

lcd.print("GYMNASIO BRYSWN ");

myservo.write(0); // Γύρισε τον άξονα του servo στην τιμή 0

delay(1500); // Περίμενε λίγο για να γυρίσει το servo στην τιμή που θέλουμε

//ΕΑΝ ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΙ ΥΠΕΡΗΧΟΣ

if ( TP_init() >= 10) {

start_time = millis(); //ΑΡΧΙΖΩ ΤΟ ΧΡΟΝΟΜΕΤΡΟ

while (millis() - start_time < 40000) { // Εφόσον δεν πέρασαν 40 δευτ κάνε:

myservo.write(110); // Γύρισε τον άξονα του servo στην τιμή 110-άνοιξε την μπάρα

delay(20);

//Read data and store it to variables hum and temp,ΔΙΑΒΑΖΩ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΙΣ
//ΑΠΟΘΗΚΕΥΩ ΣΤΙΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ hum and temp

hum = dht.readHumidity();

temp = dht.readTemperature();


input = analogRead(LDR);

brightness = map(input,520,1023,0,255); //ΣΤΑΔΙΑΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΠΟΛΗΣ
//ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΩΣ ΑΝΑΛΟΓΗ ΤΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑΣ

analogWrite(CityLIGHTSA,brightness);

analogWrite(CityLIGHTSB,brightness);

Serial.println(TP_init());

```

```

lcd.setCursor(0,0);

lcd.print("AMBULANCE DETECT");

lcd.setCursor(0,1);

lcd.print(" DOORS OPEN!!! ");

//ΕΑΝ Η ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΙΝΑΙ <14 C ΓΡΑΨΕ " COLD ,PROTECT!!!" ΣΤΗΝ //ΟΘΟΝΗ
LCD ΚΑΙ ΠΑΙΞΕ ΤΟ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟ ΚΟΜΜΑΤΙ ΑΠΟ DFPLAYER-SD //CARD

if (temp<14.00)

{

    lcd.setCursor(0,1);

    lcd.print(" COLD ,PROTECT!!!");

    playSecond();

    digitalWrite(blue1,HIGH);

    delay(50);

    playFifth();

}

//ΕΑΝ Η ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΙΝΑΙ >28 C ΓΡΑΨΕ "HOT CLIMATE,PROTECT" //ΣΤΗΝ
ΟΘΟΝΗ ΚΑΙ ΠΑΙΞΕ ΤΟ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟ ΚΟΜΜΑΤΙ ΑΠΟ DFPLAYER-SD //CARD

if (temp>28.00)

{

    lcd.setCursor(0,1);

    lcd.print("HOT CLIMATE,PROTECT");

```

```

playFourth();

digitalWrite(red1,HIGH);

delay(50);

playThird();

}

}}

//ΕΑΝ ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΙ ΥΠΕΡΗΧΟΣ

if ( TP_init()<=10) {

start_time=millis(); //ΑΡΧΙΖΩ ΤΟ ΧΡΟΝΟΜΕΤΡΟ

while (millis() - start_time < 2500) { // Εφόσον δεν πέρασαν 2,5 δευτ κάνει:

myservo.write(0); // Γύρισε τον άξονα του servo στην τιμή 0-κλείσε την μπάρα

delay(20);

//Read data and store it to variables hum and temp,ΔΙΑΒΑΖΩ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΙΣ
//ΑΠΟΘΗΚΕΥΩ ΣΤΙΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ hum and temp

hum = dht.readHumidity();

temp= dht.readTemperature();

input = analogRead(LDR);

brightness = map(input,400,1023,0,255); //ΣΤΑΔΙΑΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΠΟΛΗΣ
//ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΩΣ ΑΝΑΛΟΓΗ ΤΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑΣ

analogWrite(CityLIGHTSA,brightness);

```

```
analogWrite(CityLIGHTSB,brightness);
```

```
Serial.println(TP_init());
```

```
lcd.setCursor(0,0);
```

```
lcd.print(" NO AMBULANCE! ");
```

```
lcd.setCursor(0,1);
```

```
lcd.print(" DOORS CLOSED ");
```

```
if (temp<14.00)
```

```
{
```

```
    lcd.setCursor(0,1);
```

```
    lcd.print(" COLD ,PROTECT!!!");
```

```
    playSecond();
```

```
    digitalWrite(blue1,HIGH);
```

```
    delay(50);
```

```
    playFifth();
```

```
}
```

```
if (temp>28.00)
```

```
{
```

```
    lcd.setCursor(0,1);
```

```
    lcd.print("HOT CLIMATE,PROTECT");
```

```

playFourth();

digitalWrite(red1,HIGH);

delay(50);

playThird();

}

}

}

// τα παρακατω ειναι για τον έλεγχο παραλαβης υπερηχου,ldr,φωτεινοτητας

Serial.println(TP_init());


Serial.println(input);

Serial.println(brightness);

Serial.print(temp); Serial.print(" C ");


}

//ΓΙΑ ΤΑ ΜΡ3

void playFirst()

{

execute_CMD(0x3F, 0, 0);

delay(2500);

```

```

    setVolume(30);

    delay(500);

}

void playFifth() // κατευθυνθείτε σε θερμενομενους χώρους
{

    execute_CMD(0x03, 0, 4);

    delay(5500);

    setVolume(30);

    delay(50);

}

void playSecond() //ΠΡΟΣΟΧΗ ΧΑΜΗΛΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
{

    execute_CMD(0x03, 0, 1);

    delay(4000);

    setVolume(30);

    delay(50);

}

```

```
void playThird() //ΚΑΤΕΥΘΥΝΘΗΤΕ ΣΕ ΚΛΙΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ
```

```
{
```

```
    execute_CMD(0x03, 0, 2);
```

```
    delay(5500);
```

```
    setVolume(30);
```

```
    delay(50);
```

```
}
```

```
void playFourth() //ΠΙΡΟΣΟΧΗ ΥΨΗΛΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
```

```
{
```

```
    execute_CMD(0x03, 0, 3);
```

```
    delay(4000);
```

```
    setVolume(30);
```

```
    delay(50);
```

```
}
```

```
void pause()
```

```
{
```

```
    execute_CMD(0x0E,0,0);
```

```
    delay(500);
```

```
}
```

```
void play()
```

```
{
```

```
    execute_CMD(0x0D,0,1);
```

```
    delay(500);
```

```
}
```

```
void setVolume(int volume)
```

```
{
```

```
    execute_CMD(0x06, 0, volume); // Set the volume (0x00~0x30)
```

```
    delay(1000);
```

```
}
```

```
void execute_CMD(byte CMD, byte Par1, byte Par2)
```

```
// Execute the command and parameters
```

```
{
```

```
// Calculate the checksum (2 bytes)
```

```
word checksum = -(Version_Byte + Command_Length + CMD + Acknowledge + Par1 +  
Par2);
```

```
// Build the command line

byte Command_line[10] = { Start_Byte, Version_Byte, Command_Length, CMD,
Acknowledge,

Par1, Par2, highByte(checksum), lowByte(checksum), End_Byte};

//Send the command line to the module

for (byte k=0; k<10; k++)

{

mySerial.write( Command_line[k]);

}}
```

[2ο video προσθήκη φωνητικής προειδοποίησης σε πολύ ζέστη ή κρύο-link](#)

*Ιδιαίτερη μνεία πρέπει να δοθεί στο γεγονός της πατέντας – η οποία όπως εξηγείται στο GIT προέκυψε από έλλειψη ασυρμάτων ηλεκτρομαγνητικών συσκευών – γιατί το **open hardware and software** βοηθάει στην ανακάλυψη της τεχνολογίας και...γιατί όχι σε καινούργιες πατέντες.

Βιβλιογραφία

Ως κατασκευή από το GITHUB μου -Νεκτάριος Κουράκης:

<https://github.com/nektarios25ma/GYMNASIO-BRYSWN2>

Επεξηγηματικό βίντεο υπερήχων: <https://www.youtube.com/watch?v=cI7ULKNhVcw>

*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στον συγγραφέα.

Η κάρτα ήχου ως «έμμεσο» ραδιοτηλεσκόπιο

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

(2^ο Αναπληρωματικό Βραβείο 12^{ων} Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων
Φυσικών Επιστημών)

Περίληψη

Παρουσιάζουμε εδώ το υλικό και το λογισμικό ενός δέκτη VLF, βασικό στοιχείο του οποίου αποτελεί η κάρτα ήχου ενός υπολογιστή. Ο δέκτης χρησιμοποιείται για την ανίχνευση ραδιοκυμάτων VLF από μακρινούς ραδιοσταθμούς, η ένταση των οποίων επηρεάζεται έντονα και με συγκεκριμένο τρόπο από την ηλιακή δραστηριότητα. Αποτελεί δηλαδή η παρουσιαζόμενη διάταξη ένα «έμμεσο» ραδιοτηλεσκόπιο.

Abstract

We present here the hardware and software of a VLF receiver, the key item of which is a computer's sound card. The receiver is used to detect VLF radio waves from distant radio stations, whose signal strength is strongly and precisely affected by solar activity. In other words, the presented arrangement is an "indirect" radio telescope.

Εισαγωγή

Κατά μια έννοια η κάρτα ήχου μπορεί να θεωρηθεί ως πομποδέκτης ηχητικών κυμάτων. Με τη χρήση της κατάλληλης «κεραίας» μπορεί να συμπεριφερθεί ως:

- Πομπός, χρησιμοποιώντας ως «κεραία» ένα ηχείο.
- Δέκτης, χρησιμοποιώντας ως «κεραία» ένα μικρόφωνο.

Αλλά, χρησιμοποιώντας ως κεραία ένα πηνίο κατάλληλων γεωμετρικών χαρακτηριστικών, μπορεί να λειτουργήσει και ως δέκτης ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με συχνότητες που καθορίζονται από τις προδιαγραφές της κάρτας ήχου. Για παράδειγμα με μια συνηθισμένη κάρτα ήχου με μέγιστο ρυθμό δειγματοληψίας 48 kHz μπορεί να γίνει λήψη η/μ κυμάτων συχνότητας μέχρι 24 kHz. Σήμερα εύκολα μπορεί κάποιος να βρει κάρτες ήχου με συχνότητα δειγματοληψίας 192 kHz, οι οποίες μπορούν να κάνουν λήψη η/μ κυμάτων μέχρι 96 kHz, που ανήκουν στο VLF (Very Low Frequency) και το κατώτερο LF (Low Frequency) τμήμα των ραδιοκυμάτων.

Τα ραδιοκύματα αυτών των συχνοτήτων έχουν δύο ιδιαίτερα χαρακτηριστικά:

- Διαδίδονται σε πολύ μακρινές αποστάσεις πάνω στη Γη, μέσω διαδοχικών ανακλάσεων στην ιονόσφαιρα και στην επιφάνεια της Γης. Ουσιαστικά η επιφάνεια της Γης και τα κατώτερα στρώματα της ιονόσφαιρας λειτουργούν ως κυματοδηγός. Η πυκνότητα των στρωμάτων της ιονόσφαιρας σε ελεύθερα ηλεκτρόνια επηρεάζεται κυρίως από την ηλιακή δραστηριότητα και επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τη διάδοση αυτών των ραδιοκυμάτων.

- Σε αντίθεση με τα ραδιοκύματα υψηλότερων συχνοτήτων, διαδίδονται σε σημαντικές αποστάσεις μέσα στο νερό, και γι' αυτό χρησιμοποιούνται κυρίως για την επικοινωνία με υποβρύχια.

Στην παρούσα εργασία η κάρτα ήχου χαρακτηρίζεται ως «έμμεσο» ραδιοηλεκσκόπιο αφού χρησιμοποιείται για την ανίχνευση της ηλιακής δραστηριότητας (ηλιακές εκλάμψεις), όμως η κεραία της διάταξης δεν προσανατολίζεται κατευθείαν προς τον Ήλιο, και συνεπώς δε λαμβάνει άμεσα σήματα λόγω της ηλιακής δραστηριότητας. Λαμβάνει σήματα από μακρινούς ραδιοφωνικούς σταθμούς, που εκπέμπουν στις Πολύ Χαμηλές Συχνότητες (VLF) ή στο κατώτερο τμήμα στις Χαμηλές Συχνότητες (LF), και των οποίων η ένταση του σήματος επηρεάζεται με συγκεκριμένο τρόπο από τις ακτίνες-X που εκπέμπονται από τον Ήλιο κατά τη διάρκεια των ηλιακών εκλάμψεων. Η ανίχνευση ενός συγκεκριμένου μοτίβου (SID) στα σήματα τέτοιων ραδιοφωνικών σταθμών σημαίνει πως 8 λεπτά νωρίτερα μια ηλιακή έκλαμψη δημιουργήθηκε στο Ήλιο μας.

Ξαφνικές Ιονοσφαιρικές Διαταραχές (SIDs)

Η ιονόσφαιρα είναι ένα τμήμα της ανώτερης ατμόσφαιρας της Γης, που εκτείνεται από ύψος περίπου 50 km έως περισσότερα από 1000 km και στην οποία τα υψηλής ενέργειας φωτόνια της ηλιακής ακτινοβολίας προκαλούν ιονισμό των συστατικών της.

Τα ιόντα της ιονόσφαιρας δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα σε όλη της την έκταση, αλλά διατάσσονται σε τρεις κύριες περιοχές:

- α) Περιοχή D: Είναι η χαμηλότερη περιοχή και εκτείνεται σε ύψος 50 - 90 km.
- β) Περιοχή E: Είναι η δεύτερη περιοχή, που εκτείνεται από τα 90 έως τα 150 km.
- γ) Περιοχή F: Είναι η ανώτερη περιοχή πάνω από 150 km από την επιφάνεια της Γης, γνωστό και ως στρώμα Appleton.

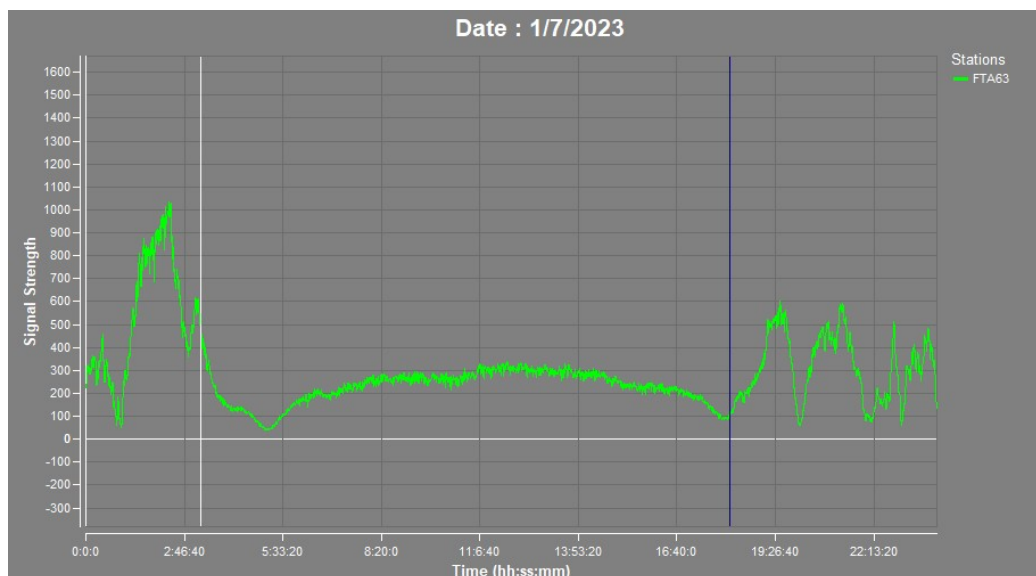
Οι περιοχές της ιονόσφαιρας δεν πρέπει να εκλαμβάνονται ως διακριτά στρώματα, αλλά το ύψος τους, η πυκνότητα των ιονισμένων σωματιδίων, ακόμα και η ύπαρξη των διαφορετικών περιοχών της ποικίλλει με την πάροδο του χρόνου. Ακόμη και κατά τη διάρκεια του ημερονυκτίου παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές στην ιονόσφαιρα.

Την ημέρα οι υπεριώδεις ακτινοβολίες από τον Ήλιο παρέχουν συνεχώς ενέργεια στα άτομα και τα μόρια των αερίων της ανώτερης ατμόσφαιρας με αποτέλεσμα τον ιονισμό τους και τη συνεχή παροχή ιόντων και ελεύθερων ηλεκτρονίων. Ταυτόχρονα συγκρούσεις μεταξύ των ιόντων με τα ηλεκτρόνια οδηγούν σε επανασύνδεση και σχηματισμό ηλεκτρικά ουδέτερων ατόμων και μορίων. Κατά τη διάρκεια της ημέρας δημιουργούνται περισσότερα ιόντα από όσα μέσω της επανασύνδεσης καταστρέφονται και επομένως ο αριθμός των ιόντων στις τρεις περιοχές αυξάνεται. Τη νύχτα, απουσία ηλιακού φωτός επικρατεί η διαδικασία της επανασύνδεσης και ο αριθμός των ιόντων μειώνεται. Κατά τη διάρκεια των περισσότερων νυχτών, η περιοχή D εξαφανίζεται εντελώς και η περιοχή E εξασθενεί ισχυρά καθώς ο αριθμός των ιόντων σε αυτές τις περιοχές μειώνεται κατακόρυφα. Κάθε πρωί, καθώς οι υπεριώδεις ακτινοβολίες επιστρέφουν, οι περιοχές D και E ξαναγεμίζουν με ιόντα. Η ανώτερη περιοχή F διατηρείται όλη τη νύχτα, και γενικά κατά τη διάρκεια της ημέρας χωρίζεται σε ένα ανώτερο στρώμα F2 και ένα χαμηλότερο στρώμα F1.

Η πυκνότητα των περιοχών της ιονόσφαιρας σε ιόντα και ελεύθερα ηλεκτρόνια μπορεί να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό τη διάδοση των ραδιοκυμάτων και επομένως την ικανότητα λήψης σε μεγάλες αποστάσεις.

Τα ραδιοκύματα πολύ χαμηλής συχνότητας (VLF) ανακλώνται αρκετά καλά από το κατώτερο μέρος της ιονόσφαιρας (περιοχή D) καθώς ταξιδεύουν από την πηγή τους, έναν

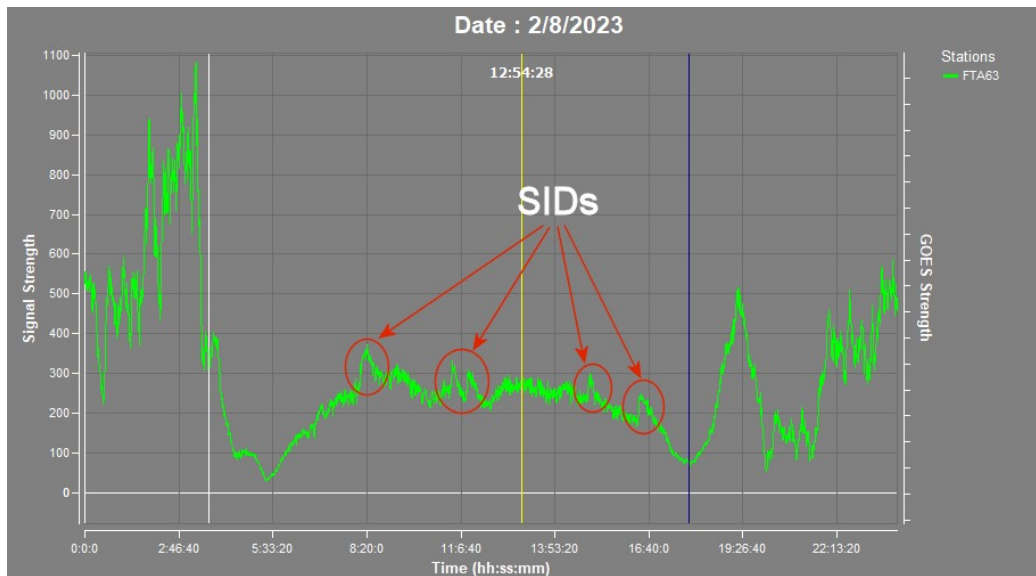
ραδιοφωνικό σταθμό VLF, σε έναν δέκτη του σήματος. Εάν παρακολουθείτε την ισχύ του λαμβανόμενου σήματος, θα δείτε την ισχύ να αυξάνεται από την ελάχιστη το πρωί, να μεγιστοποιείται το μεσημέρι όταν ο ήλιος είναι υψηλότερα και στη συνέχεια να πέφτει σε χαμηλότερο επίπεδο προς τη δύση του ηλίου (Εικόνα 1). Αυτό είναι ένα κανονικό μοτίβο ηρεμίας, χωρίς δηλαδή έντονη ηλιακή δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας.



**Εικόνα 5: Το μοτίβο μιας ήρεμης ημέρας (χωρίς έντονη ηλιακή δραστηριότητα).
Η λευκή και η μπλε κατακόρυφη γραμμή σημαίνουν την ανατολή και τη δύση του Ηλίου.**

Κατά τη διάρκεια μιας ηλιακής έκλαμψης, εκτοξεύονται με την ταχύτητα του φωτός τεράστιες ποσότητες ακτίνων X, που φτάνουν στη γη οκτώ λεπτά αργότερα. Αυτές οι ακτίνες X είναι ακόμη πιο ενεργητικές από τις υπεριώδεις ακτινοβολίες. Προκαλούν επίσης ιονισμό στην ιονόσφαιρα και το κάνουν πιο γρήγορα, πιο απότομα και με μεγαλύτερη ένταση, αλλά το αποτέλεσμα είναι βραχύβιο καθώς η έκρηξη των ακτίνων X υποχωρεί. Η απότομη αύξηση της πυκνότητας των ιόντων και των ελεύθερων ηλεκτρονίων στην περιοχή D της ιονόσφαιρας αυξάνει την ανακλαστικότητα των η/μ κυμάτων VLF με αποτέλεσμα την απότομη ενίσχυση των αντίστοιχων ραδιοφωνικών σημάτων και την εν συνεχεία αργή επαναφορά τους στο κανονικό (Εικόνα 2). Αυτό είναι γνωστό ως **Ξαφνική Ιονοσφαιρική Διαταραχή** ή **SID**. Κατ' αυτό τον τρόπο, η παρακολούθηση σημάτων VLF που εκπέμπονται από αντίστοιχους ραδιοφωνικούς σταθμούς παρέχει έναν έμμεσο τρόπο ανίχνευσης των ηλιακών εκλάμψεων.

Αξίζει να αναφερθεί πως στα ραδιοκύματα υψηλής συχνότητας (HF) τα αποτελέσματα αυτής της ξαφνικής αύξησης του ιονισμού στην περιοχή D είναι η εντονότερη απορρόφηση των αντίστοιχων σημάτων, που μπορεί να οδηγήσει και σε πλήρες σκοτάδι στις ραδιοεπικοινωνίες HF. Αυτό ονομάζεται εξασθένιση βραχέων κυμάτων.

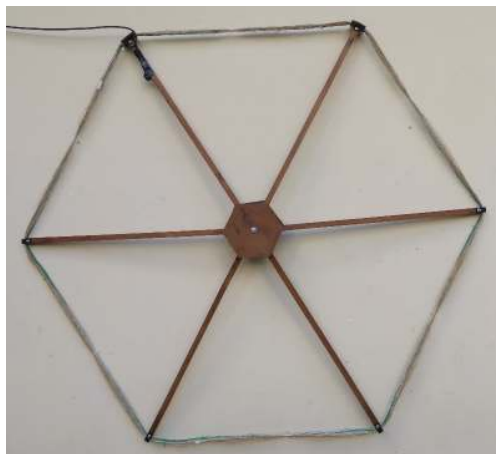


Εικόνα 6: Μια ημέρα έντονης ηλιακής δραστηριότητας με ισχυρές ηλιακές εκλάμψεις που προκάλεσαν τις αντίστοιχες ξαφνικές ιονοσφαιρικές διαταραχές (SIDs)

Περιγραφή εργασίας

1. Η κεραία

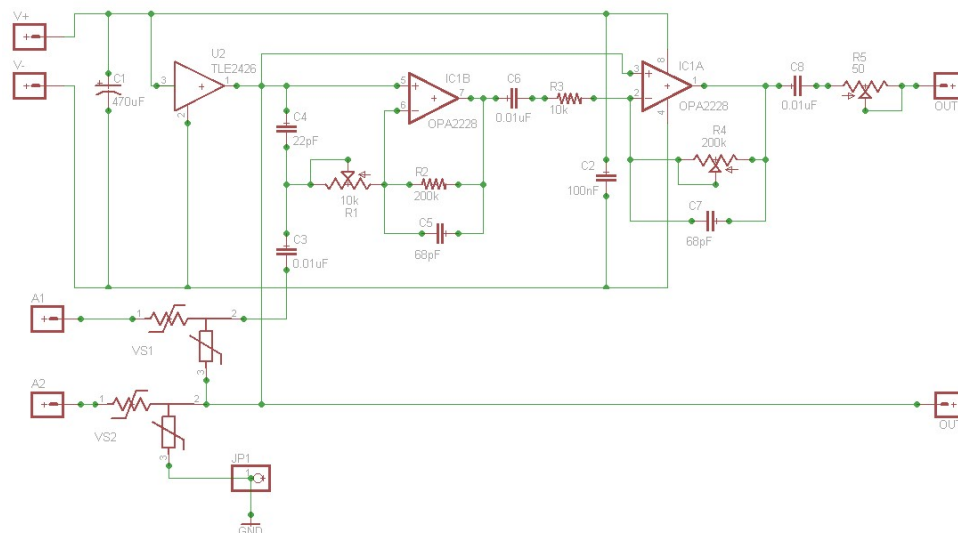
Η κεραία του δέκτη είναι ένα πηνίο 50 σπειρών από σύρμα διαμέτρου 0,51mm (AWG24) τυλιγμένο σε ξύλινη εξαγωνική βάση ακτίνας 0,75m (Εικόνα 3). Επιλέχθηκε η εξαγωνική αντί της τετράγωνης βάσης, καθώς για το ίδιο μέγεθος διαμέτρου η εξαγωνική έχει μεγαλύτερη επιφάνεια γεγονός που οδηγεί σε μεγαλύτερη ευαισθησία της κεραίας.



Εικόνα 7: Η κεραία του δέκτη VLF

2. Ο προενισχυτής σήματος

Το κύκλωμα του προενισχυτή προέρχεται από αντίστοιχο έργο (SuperSID Monitor) που αναπτύχθηκε στο Stanford University (Εικόνα 4). Βασίζεται στον τελεστικό ενισχυτή OPA2228 και διαθέτει στην είσοδό του κύκλωμα προστασίας από υπερτάσεις.



Εικόνα 8: Το κυκλωματικό διάγραμμα του προενισχυτή

Ο προενισχυτής συναρμολογείται σε κατάλληλα σχεδιασμένη πλακέτα, η οποία τοποθετείται σε μικρό μεταλλικό κουτί για να θωρακιστεί από ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο (Εικόνα 5). Με ομοαξονικό καλώδιο RG58 η κεραία συνδέεται στην είσοδο του προενισχυτή, ενώ με κατάλληλο καλώδιο η έξοδός του συνδέεται στην είσοδο της κάρτας ήχου.



Εικόνα 9: Ο προενισχυτής συναρμολογημένος

3. Η κάρτα ήχου

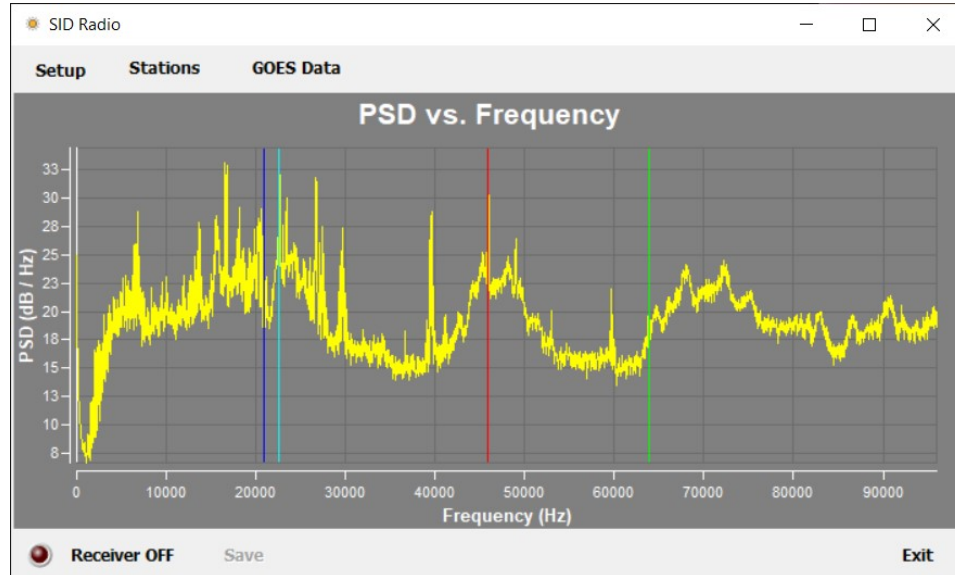
Συνίσταται η χρήση μιας ποιοτικής εξωτερικής (με σύνδεση USB) κάρτας ήχου. Αν και οποιοσδήποτε ρυθμός δειγματοληψίας από 48kHz και πάνω είναι ικανοποιητικός, προτείνεται η προμήθεια και χρήση μιας κάρτας ήχου με ρυθμό δειγματοληψίας 192kHz γιατί θα επιτρέψει τη λήψη ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων συχνότητας μέχρι 96kHz (το μισό του ρυθμού δειγματοληψίας με βάση το θεώρημα Nyquist).

4. Το λογισμικό του δέκτη

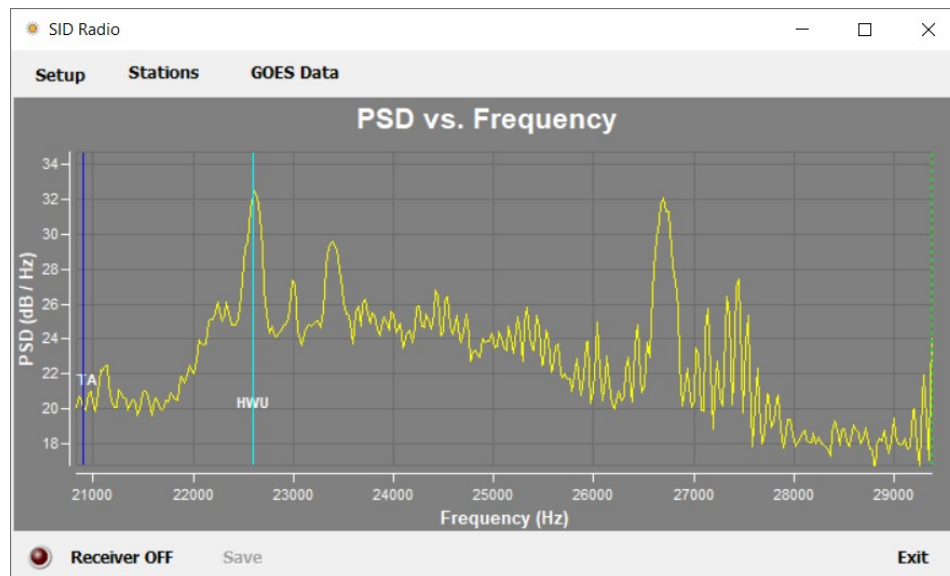
Για το αντίστοιχο έργο SuperSID του Stanford έχει αναπτυχθεί το κατάλληλο λογισμικό (SuperSID Monitor) για τη λήψη και αποθήκευση των σημάτων από τους παρακολουθούμενους σταθμούς VLF. Το λογισμικό αυτό έχει ένα σημαντικό μειονέκτημα: Δεν απεικονίζει σε πραγματικό χρόνο την ένταση των λαμβανομένων σημάτων, αλλά τα αποθηκεύει στο δίσκο του υπολογιστή και είναι διαθέσιμα από την επόμενη ημέρα. Για το λόγο αυτό αποφασίστηκε η εκ του μηδενός ανάπτυξη του σχετικού λογισμικού (SIDRadio). Περιληπτικά το λογισμικό λειτουργεί ως εξής:

1. Κάθε 5 δευτερόλεπτα ηχογραφεί το σήμα στην είσοδο της κάρτας ήχου για χρόνο ενός (1) δευτερολέπτου.
2. Το ηχογραφημένο σήμα υποβάλλεται σε ανάλυση Fourier και το αποτέλεσμα της ανάλυσης απεικονίζεται γραφικά σε διάγραμμα έντασης σήματος – συχνότητας (Εικόνα 6). Στο διάγραμμα αυτό οι σχετικά μεγαλύτερου εύρους κορυφές του

σήματος αντιστοιχούν στους σταθμούς VLF που λαμβάνει ο δέκτης μας με το συγκεκριμένο προσανατολισμό της κεραίας (Εικόνα 7). Οι κορυφές μικρού εύρους αντιστοιχούν σε ηλεκτρονικό θόρυβο και παρεμβολές από ηλεκτρικές συσκευές στο χώρο του δέκτη ή και πολλαπλές ανακλάσεις του σήματος σε κτίρια του περιβάλλοντος χώρου.



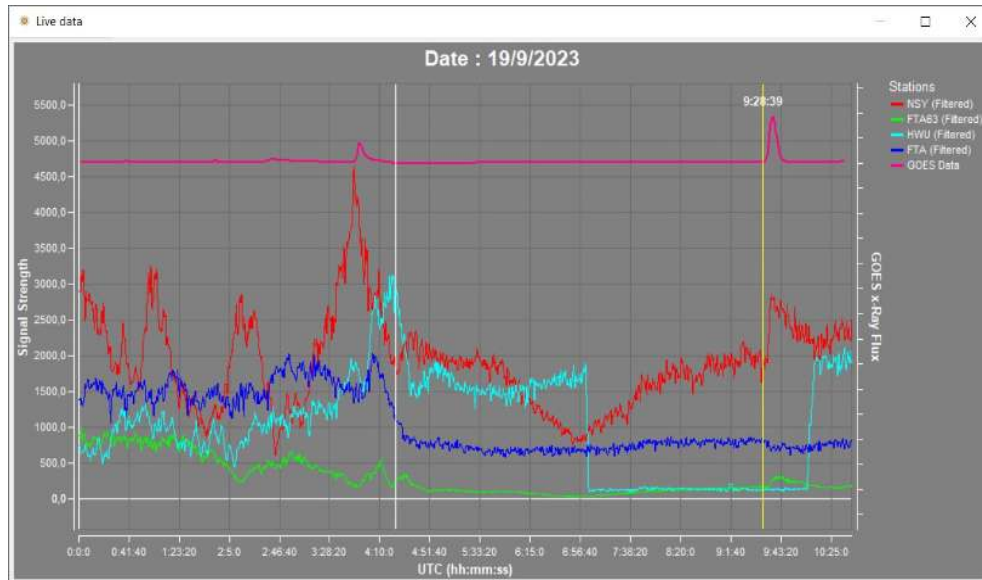
Εικόνα 10: Το πλήρες φάσμα της λαμβανόμενης η/μ ακτινοβολίας



Εικόνα 11: Λεπτομέρεια του λαμβανόμενου η/μ φάσματος

- Μέσω του μενού “Stations” επιλέγουμε τους σταθμούς τα σήματα των οποίων επιθυμούμε να παρακολουθήσουμε και με το πλήκτρο “Radio OFF” τα σήματα των

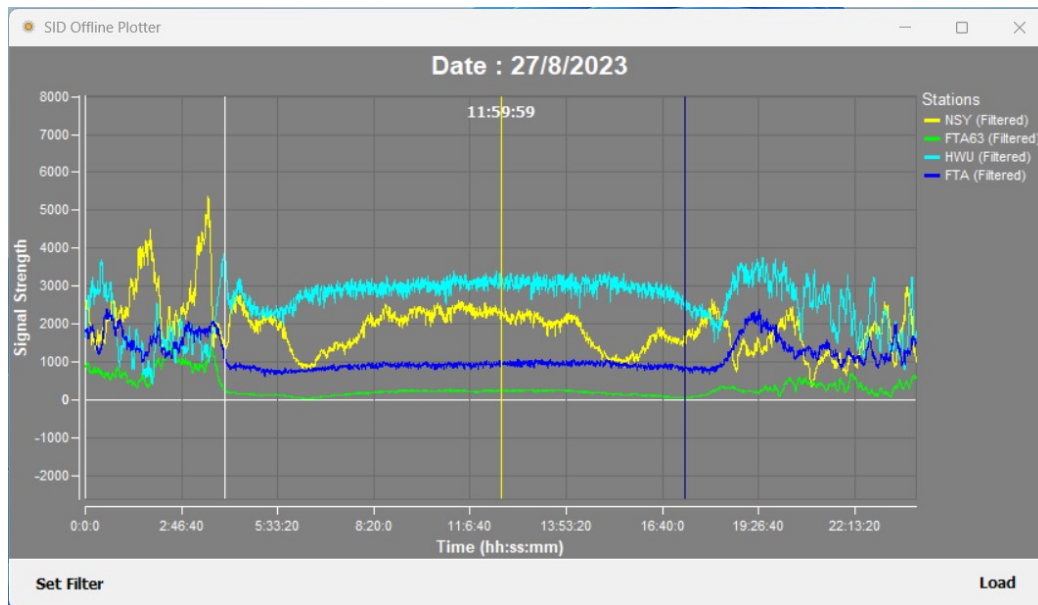
επιλεγμένων σταθμών απεικονίζονται γραφικά (διάγραμμα έντασης – χρόνου) σε νέο παράθυρο και σε πραγματικό χρόνο (Εικόνα 8). Στη γραφική παράσταση επισυνάπτονται και τρεις δρομείς: δύο σταθεροί που σηματοδοτούν την ανατολή και τη δύση του Ηλίου τη συγκεκριμένη ημέρα και στον συγκεκριμένο τόπο που λειτουργεί ο δέκτης και ένας μετακινούμενος που διαθέτει και ετικέτα χρόνου και χρησιμεύει για τον ακριβή εντοπισμό της χρονικής στιγμής δημιουργίας κάποιου γεγονότος SID.



Εικόνα 12: Τα σήματα από τέσσερις επιτηρούμενους σταθμούς καθώς και από τους δορυφόρους GOES

4. Στο τέλος κάθε ημέρας τα σήματα των επιλεγμένων σταθμών αποθηκεύονται σε ιδιαίτερο φάκελο στο σκληρό δίσκο του υπολογιστή.
5. Επιπλέον δυνατότητα σε σχέση με το αντίστοιχο λογισμικό του Stanford είναι η δυνατότητα απεικόνισης του σήματος από τους δορυφόρους GOES που ανιχνεύουν τη ροή των ακτίνων X από τον Ήλιο. Με αυτό τον τρόπο απλοποιείται η επιβεβαίωση πως κάποιο από τα σήματα που ελήφθησαν αντιστοιχεί πράγματι σε ξαφνική ιονοσφαιρική διαταραχή (SID). Και αυτά τα δεδομένα αποθηκεύονται στο δίσκο με το τέλος της ημέρας.

Για την “εκτός σύνδεσης” μελέτη των ήδη αποθηκευμένων δεδομένων έχει αναπτυχθεί και το λογισμικό SIDPlot (Εικόνα 9) που διαθέτει περισσότερες δυνατότητες παραμετροποίησης των φίλτρων που χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση των ακατέργαστων (raw) δεδομένων.



Εικόνα 13: SIDPlot, για την εκτός σύνδεσης απεικόνιση των ραδιοσημάτων

Βιβλιογραφία

1. A. Ammar, H. Ghalila, Ranking of Sudden Ionospheric Disturbances by Means of the Duration of Vlf Perturbed Signal in Agreement with Satellite X-Ray Flux Classific, Acta Geophysica 6/64 (2016) σελ. 2794-2809
2. Center for Science Educator, <https://scied.ucar.edu/learning-zone/atmosphere/ionosphere> (ημερομηνία προσπέλασης: 25/09/2023)
3. D. Scherrer, Research with Space Weather Monitor Data - Classroom Activities and Guide for Teachers, <https://solarsystem.nasa.gov/resources/2809/research-with-space-weather-monitor-data-teacher-guide/> (ημερομηνία προσπέλασης: 25/09/2023)
4. H. Sizun, *Radio Wave Propagation for Telecommunication Applications* (Springer, Βερολίνο, 2005)
5. Space Weather Prediction Center - GOES X-Ray flux, <https://www.swpc.noaa.gov/products/goes-x-ray-flux> (ημερομηνία προσπέλασης: 25/09/2023)
6. Stanford Solar Center – Space Weather Monitors, <http://solar-center.stanford.edu/SID/sidmonitor/> (ημερομηνία προσπέλασης: 25/09/2023)

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

Κατασκευή φασματοφωτομέτρου και δημιουργία λογισμικού με τα οποία είναι δυνατή η λήψη φασμάτων ορατού σε πραγματικό χρόνο στη σχολική τάξη

Χριστόδουλος Μακεδόνας, χημικός, [cmakedonas\[a\]sch.gr](mailto:cmakedonas[a]sch.gr)
Μαριάννα-Φανουρία Μητσιώνη, χημικός μηχανικός, [mariannaki.2000.m\[a\]gmail.com](mailto:mariannaki.2000.m[a]gmail.com)
Μιλτιάδης Στούρας, ηλεκτρολόγος μηχανικός, [miltiadis.stouras\[a\]epfl.ch](mailto:miltiadis.stouras[a]epfl.ch)
Πρότυπο Γενικό Λύκειο Ευαγγελικής Σχολής Σμύρνης

(3^ο Αναπληρωματικό Βραβείο 12^{ων} Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών)

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται η κατασκευή από απλά υλικά καθώς και ο τρόπος χρήσης ενός φασματοφωτομέτρου, το οποίο μπορεί να υποκαταστήσει ένα εμπορικά διαθέσιμο και συνήθως ακριβό αναλυτικό όργανο στη σχολική τάξη. Προκειμένου να γίνει εφικτή η λήψη φασμάτων ορατού, από τη συσκευή μας, σε πραγματικό χρόνο, δημιουργήθηκε κατάλληλο λογισμικό, υπό τη μορφή ενός Jupyter Notebook. Η παρούσα εργασία αποτελεί μέρος πρόσφατα δημοσιευμένης έρευνάς μας.

Abstract

Spectroscopy plays a fundamental role in modern chemical analysis. For this reason, it is introduced into chemistry curricula worldwide. Nevertheless, a major obstacle that teachers face is the lack of a spectrophotometer, mainly because of its relatively high cost. For this reason, herein we present the construction of a do-it-yourself type spectrophotometer. Our device is extremely low-cost and can be employed, during school lessons, in order students to become familiar with Vis and/or fluorescence spectroscopy. Furthermore, the creation of a Jupyter Notebook called “Spectrophotometry” is also reported. With this Notebook, spectral images can be derived from our device, in real time, providing teachers and students a valuable tool. Our contribution is part of a research that was recently published.

Εισαγωγή

Η φασματοσκοπία είναι ο τομέας της επιστημονικής γνώσης που στοχεύει στη μελέτη της αλληλεπίδρασης της ύλης με το φως και γενικότερα με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Ιστορικά αποτελεί έναν από τους θεμέλιους λίθους των Θετικών Επιστημών, μιας και παρέχει τη σύνδεση ανάμεσα στο υπομικροσκοπικό επίπεδο, τον κόσμο των ατόμων και των μορίων, με το μακροσκοπικό, τον κόσμο των υλικών (Johnstone, 1991)

Ιδιαίτερα η φασματοφωτομετρία αποτελεί μια από τις βασικότερες και απλούστερες αναλυτικές τεχνικές που στοχεύουν στον ποσοτικό προσδιορισμό ενώσεων με βάση το χρώμα τους. Αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα τόσο των πανεπιστημιακών προγραμμάτων σπουδών, όπως π.χ. των Τμημάτων/Σχολών Χημείας, Χημικών Μηχανικών, Βιολογίας, Φαρμακευτικής, Επιστημών Τροφίμων, Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών κ.α. όσο

και πολλών αντίστοιχων προγραμμάτων σπουδών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (*Chemistry Syllabus – S6-S7, 2021; College Board, 2022; IBO, 2016*).

Τα φασματοφωτόμετρα έχουν εξελιχθεί σημαντικά τις τελευταίες δύο δεκαετίες τόσο ως προς την ακρίβειά τους όσο και ως προς την απλότητα της χρήσης τους. Μάλιστα στο εμπόριο κυκλοφορούν και όργανα τα οποία είναι φορητά. Παρά ταύτα το κόστος αγοράς τους παραμένει ιδιαίτερα υψηλό, κάτι που καθιστά την εφαρμογή των αντίστοιχων εργαστηριακών τεχνικών στη σχολική τάξη ουσιαστικά απαγορευτική. Για τον σκοπό αυτό τα τελευταία χρόνια έχει προταθεί η χρήση διαφόρων ιδιοκατασκευών, οι οποίες χαμηλώνουν σημαντικά το απαιτούμενο κόστος (L. Kovarik et al., 2020; V. Kolesnichenko et al., 2023). Αρκετές δε από αυτές περιλαμβάνουν τη χρήση «έξυπνων» κινητών τηλεφώνων ως οπτικών ανιχνευτών (Kehoe & Penn, 2013; S. Kuntzleman & C. Jacobson, 2016). Όμως, ελάχιστες ιδιοκατασκευές από αυτές επιτρέπουν τη λήψη φάσματος ορατού ή ορατού-υπεριώδους, ενώ πρακτικά καμία δεν επιτρέπει να γίνει αυτό σε πραγματικό χρόνο.

Έτσι, με την παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια ιδιοκατασκευή που συνδυάζει (α) ελάχιστο κόστος, (β) σάρωση ορατού και (γ) επεξεργασία των φασματικών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη διάρκεια των μαθημάτων με τον ίδιο τρόπο που χρησιμοποιείται ένα εμπορικώς διαθέσιμο όργανο. Επιπλέον, η συσκευή μας μπορεί να τροποποιηθεί, ώστε να μετρά φθορισμό.

Η χρήση μιας ιδιοκατασκευής, όπως η προτεινόμενη, αναμένεται να έχει και ένα επιπρόσθετο παιδαγωγικό όφελος. Οι μαθητές/ριες στο πλαίσιο ενός πρότζεκτ θα μπορούσαν να κατασκευάσουν οι ίδιοι ένα τέτοιο αναλυτικό όργανο. Με αυτό τον τρόπο θα μπορούσε να αποφευχθεί ο κίνδυνος που πάντα ελλοχεύει, οι μαθητές/ριες να βλέπουν τα αναλυτικά όργανα ως «μαύρα κουτιά», χρησιμοποιώντας τα χωρίς να γνωρίζουν πώς πραγματικά λειτουργούν (C. Connor & R. Raker, 2022; Lindner, n.d.; V. Kolesnichenko et al., 2023). Μια τέτοια προσέγγιση θα μπορούσε να ενισχύσει σημαντικά τον χημικό εγγραμματισμό τους.

Η αρχή της μεθόδου

Στη φασματοσκοπία απορρόφησης, μια δέσμη φωτός που αποτελείται από διαφορετικά μήκη κύματος διέρχεται από ένα δείγμα. Στόχος της μεθόδου είναι ο προσδιορισμός της ισχύος (ενέργεια ακτινοβολίας που φτάνει σε μια δεδομένη περιοχή ανά δευτερόλεπτο) που απορροφάται από το δείγμα. Οπότε συγκρίνεται η αρχική ισχύς P_0 που φτάνει στην επιφάνεια του δείγματος με την ισχύ P , που φτάνει τελικά στον ανιχνευτή (εικόνα 1).

Για ένα ορισμένο μήκος κύματος (λ) της φωτεινής δέσμης ορίζεται η διαπερατότητα ενός διαλύματος, μέσω της εξίσωσης (1).

$$T = \frac{P}{P_0} \quad (1)$$

Επιπλέον, ορίζεται η απορρόφηση (A) ενός διαλύματος, ως συνάρτηση της διαπερατότητάς του (εξίσωση (2)).

$$A = -\log T \quad (2)$$

Σύμφωνα με το νόμο των Beer-Lambert, η απορρόφηση ενός υδατικού διαλύματος μιας ουσίας, σε ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος, είναι ανάλογη με τη συγκέντρωση της ουσίας αυτής, όπως φαίνεται από την εξίσωση (3).

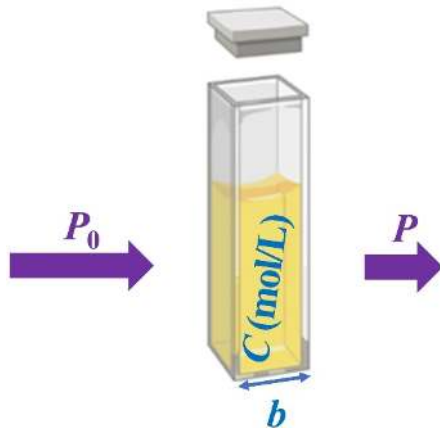
$$A = \epsilon b C \quad (3)$$

Όπου ϵ , είναι η μοριακή απορροφητικότητα της διαλυμένης ουσίας στο ορισμένο λ , σε $L \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ και b , η οπτική διαδρομή της δέσμης, σε cm.

Στην πράξη, η απορρόφηση ενός δείγματος προσεγγίζεται από την έκφραση (4), όπου $P_{\text{διαλύματος}}$ είναι η ισχύς της δέσμης που φθάνει στον ανιχνευτή παρουσία του διαλύματος και $P_{\text{διαλύτη}}$, η ισχύς που φθάνει στον ανιχνευτή παρουσία μόνο του διαλύτη.

$$A = -\log \frac{P_{\text{διαλύματος}}}{P_{\text{διαλύτη}}} = \epsilon b C \quad (4)$$

Τέλος, ένα φάσμα απορρόφησης είναι η γραφική παράσταση της απορρόφησης σε σχέση με το μήκος κύματος ($A = f(\lambda)$) για το υπό μελέτη δείγμα.



Εικόνα 14: Δέσμη φωτός ακτινοβολούμενης ισχύος P_0 διέρχεται από ένα αραιό διάλυμα. Μέρος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας απορροφάται από το δείγμα ($P < P_0$ και $T < 1$).

Η κατασκευή του οργάνου

Το φασματοφωτόμετρό μας αποτελείται από τα εξής κύρια μέρη (Mitsioni et al., 2023): (α) Μια λευκή LED, ως πηγή πολυχρωματικής ακτινοβολίας. Η LED τροφοδοτείται από δυο μπαταρίες τύπου AA των 1,5V, οι οποίες είναι τοποθετημένες σε θήκη. (β) Ένα χώρο κατασκευασμένο από τουβλάκια LEGO, ο οποίος παίζει το ρόλο του θαλάμου της κυψελίδας. Η κατασκευή με τα τουβλάκια εξασφαλίζει ότι η κυψελίδα θα τίθεται πάντα στο ίδιο σημείο. Επιπλέον, καθιστά εύκολη τη μετατροπή του οργάνου σε φθορισμόμετρο, αφού εύκολα προσαρμόζεται σε αυτή τουβλάκι που περιέχει UV LED για το σκοπό αυτό (απαιτούνται και 2 ακόμα μπαταρίες AA). (γ) Μια web camera, ως ανιχνευτική διάταξη. Πάνω στην κάμερα έχει προσαρμοστεί ένα φράγμα περίθλασης, προκειμένου να επιτυγχάνεται η ανάλυση του προσπίπτοντος φωτός στα διαφορετικά μήκη κύματος (Mavroukakis-Karagounis et al., 2020; Mitsioni et al., 2023; Papadopoulou et al., 2019). Ανάμεσα στην κυψελίδα και την πηγή, όπως και ανάμεσα στην κυψελίδα και την κάμερα, υπάρχουν κομμάτια χαρτόνι, σε κάθε ένα εκ των οποίων έχει χαραχτεί μια σχισμή εύρους $\sim 1,5 \text{ mm}$. Η τελική κατασκευή, η οποία βρίσκεται εντός ενός χαρτονένιου κουτιού που έχει καλυφθεί από μαύρο χαρτί, φαίνεται στην εικόνα 2.



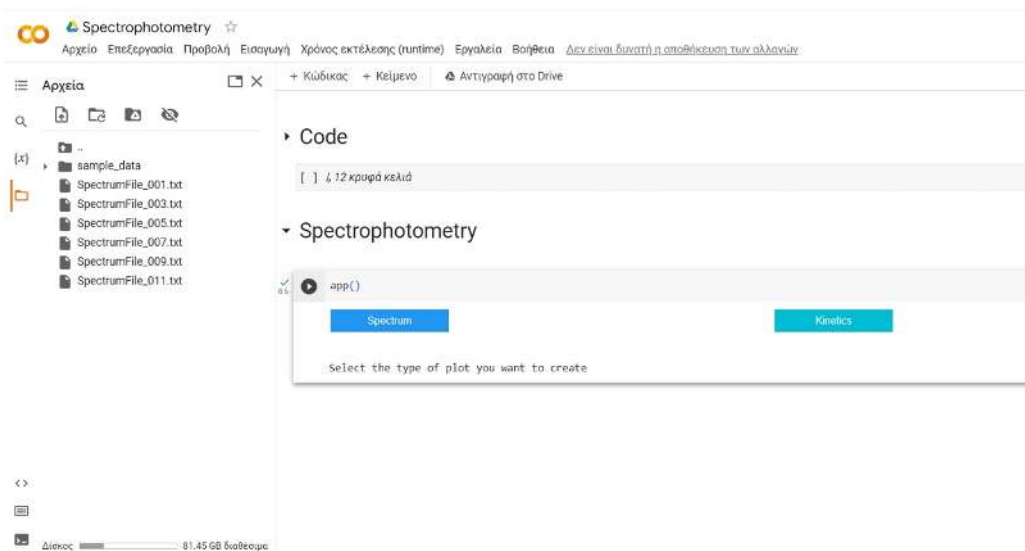
Εικόνα 2: Η τελική αναλυτική μας συσκευή. Διακρίνονται η πηγή, η θήκη των μπαταριών και η θέση της κυψελίδας. Η κάμερα βρίσκεται εντός του οργάνου στα αριστερά και δεν είναι προσβάσιμη στον χρήστη.

Τα απαραίτητα λογισμικά

Προκειμένου να λειτουργήσει το φασματοφωτόμετρό μας σε πραγματικό χρόνο, στο σχολικό εργαστήριο, απαιτούνται δυο λογισμικά.

Το πρώτο λέγεται Theremino και διατίθεται δωρεάν στο διαδίκτυο (*Theremino Spectrometer*; *Theremino Spectrometer* (v. 3.1)). Με αυτό βαθμονομήσαμε τον ανιχνευτή μας και ακολούθως ελήφθησαν τα δεδομένα απορρόφησης για τον καθαρό διαλύτη και το υπό εξέταση διάλυμα υπό μορφή αρχείων .txt.

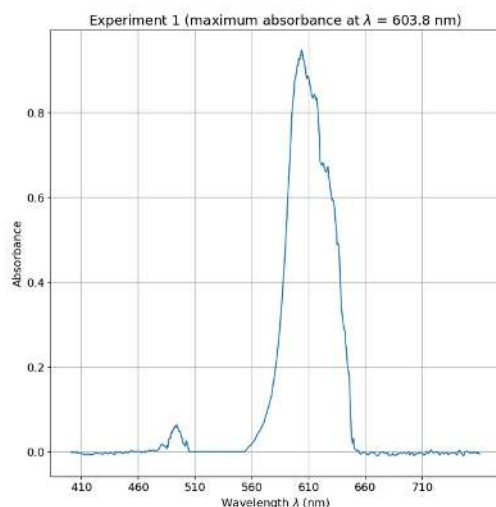
Το δεύτερο λογισμικό λέγεται Spectrophotometry και σχεδιάστηκε από εμάς ως Jupyter Notebook (Harris et al., 2020; Hunter, 2007; Randles et al., 2017), αποκλειστικά για το σκοπό της επεξεργασίας των αρχείων του Theremino. Αφού ο χρήστης ανεβάσει τα αρχεία .txt του *Theremino*, σε κατάλληλο χώρο στο cloud, σε μια αυτοματοποιημένη διαδικασία λαμβάνει τα ζητούμενα φάσματα απορρόφησης, φθορισμού ή φάσματα που απεικονίζουν μια μελέτη χημικής κινητικής. Το λογισμικό μας διατίθεται δωρεάν στη διεύθυνση <https://bit.ly/Spectrophotometry-JN> και έχει φτιαχτεί και ο αντίστοιχος οδηγός χρήσης (Mitsioni et al., 2023). Στην εικόνα 3 παρουσιάζεται το περιβάλλον του online λογισμικού.



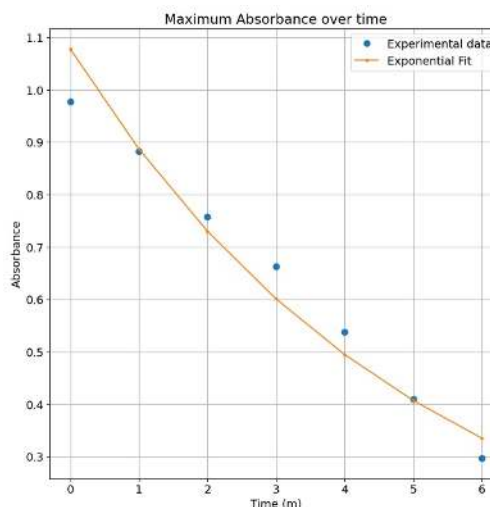
Εικόνα 3: Το περιβάλλον του Jupyter Notebook Spectrophotometry. Υπάρχουν δυο περιβάλλοντα εργασίας· το «Spectrum» για απλά φάσματα ορατού και το «Kinetics» για ανάλυση φασμάτων από μελέτες κινητικής.

Συμπεράσματα – Προοπτικές

Στην εικόνα 4 φαίνονται δυο παραδείγματα φασμάτων που ελήφθησαν από τη συσκευή μας, σε συνδυασμό με τα δυο λογισμικά· το δωρεάν Theremino και το λογισμικό που σχεδιάσαμε ειδικά για τη συσκευή μας.



(α)



(β)

Εικόνα 4: (α) Το φάσμα απορρόφησης της χρωστικής brilliant blue, όπως λαμβάνεται από το Jupyter Notebook. (β) Κινητική μελέτη της οξείδωσης της ίδιας χρωστικής από το λογισμικό μας.

Συμπερασματικά, το φασματοφωτόμετρό μας αποδίδει τα φάσματα με ικανοποιητική, για σχολικό επίπεδο, ακρίβεια. Λόγω της πηγής του λευκού φωτός που επιλέξαμε, σε αντίθεση με

τα εμπορικώς διαθέσιμα φασματοφωτόμετρα, δεν είναι αξιόπιστη η λήψη φάσματος ορατού στην περιοχή πέραν των 650 nm. Όμως, αυτό δεν αναμένεται να αποτελέσει σημαντικό πρόβλημα για τη διεξαγωγή του μαθήματος στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε το Δήμο Νέας Σμύρνης για την υποστήριξη της εργασίας μας.

Αναφορές

- C. Connor, M. & R. Raker, J. (2022). Instrumentation Use in Postsecondary Instructional Chemistry Laboratory Courses: Results from a National Survey. *Journal of Chemical Education*, 0(0). <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00415>
- *Chemistry Syllabus – S6-S7*. (2021). Schola Europaea. <https://www.eursc.eu/Syllabuses/Forms/Syllabuses.aspx>
- College Board (Ed.). (2022). *AP Chemistry Course and Exam Description*. College Board. <http://goo.gl/yaeURq>
- Harris, C. R., Millman, K. J., van der Walt, S. J., Gommers, R., Virtanen, P., Cournapeau, D., Wieser, E., Taylor, J., Berg, S., Smith, N. J., Kern, R., Picus, M., Hoyer, S., van Kerkwijk, M. H., Brett, M., Haldane, A., del Río, J. F., Wiebe, M., Peterson, P., ... Oliphant, T. E. (2020). Array programming with NumPy. *Nature*, 585(7825), 357–362. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2649-2>
- Hunter, J. D. (2007). Matplotlib: A 2D Graphics Environment. *Computing in Science & Engineering*, 9(3), 90–95. <https://doi.org/10.1109/MCSE.2007.55>
- IBO (Ed.). (2016). *Chemistry Guide*. International Baccalaureate Organization, Peterson House.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *J. Comp. Ass. Learn.*, 7, 75–83.
- Kehoe, E. & Penn, R. L. (2013). Introducing Colorimetric Analysis with Camera Phones and Digital Cameras: An Activity for High School or General Chemistry. *J. Chem. Educ.*, 90(9), 1191–1195. <https://doi.org/10.1021/ed300567p>
- L. Kovarik, M., R. Clapis, J., Ana Romano-Pringle, K., Kovarik, M. L., Clapis, J. R. & Romano-Pringle, K. A. (2020). Review of Student-Built Spectroscopy Instrumentation Projects. *Journal of Chemical Education*, 97(8), 2185–2195. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00404>
- Lindner, W. (n.d.). *Breaking out of the Black Box*. Retrieved August 22, 2022, from <https://theanalyticalscientist.com/techniques-tools/breaking-out-of-the-black-box>
- Mavroukakis-Karagounis, C., Papadopoulou, I., Papadopoulou, M. & Makedonas, C. (2020). Taking flame tests one step forward: the case of a DIY atomic emission spectrophotometer. *Chemistry Teacher International*, 2(1). <https://doi.org/10.1515/cti-2018-0013>
- Mitsioni, M. F., Stouras, M. & Makedonas, C. (2023). Taking School Instrumentation One Step Forward: A Do-It-Yourself Type Spectrophotometer and a Jupyter Notebook That Enable Real Time Spectroscopy during School Lessons. *Journal of Chemical Education*, 100(7), 2704–2712. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00248>
- Papadopoulou, I., Mavroukakis-Karagounis, C., Papadopoulou, M. & Makedonas, C.

- (2019). *Employing atomic emission spectrophotometry in the school lab in order to detect metals in drugs*. YouTube:<https://youtu.be/3D-ukjKpfxk>. <https://youtu.be/3D-ukjKpfxk>
- Randles, B. M., Pasquetto, I. V, Golshan, M. S. & Borgman, C. L. (2017). Using the Jupyter Notebook as a Tool for Open Science: An Empirical Study. *2017 ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries (JCDL)*, 1–2. <https://doi.org/10.1109/JCDL.2017.7991618>
 - S. Kuntzleman, T. & C. Jacobson, E. (2016). Teaching Beer’s Law and Absorption Spectrophotometry with a Smart Phone: A Substantially Simplified Protocol. *Journal of Chemical Education*, 93(7), 1249–1252. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00844>
 - *Theremino Spectrometer* (3.1). (n.d.). <https://www.theremino.com/en/downloads/automation> (accessed May 6, 2023).
 - *Theremino Spectrometer* (v. 3.1) (3.1). (n.d.). https://www.theremino.com/wp-content/uploads/files/Theremino_Spectrometer_V3.1.zip (accessed May 6, 2023).
 - V. Kolesnichenko, P., Eriksson, A., Lindh, L., Žigmantas, D. & Uhlig, J. (2023). Viking Spectrophotometer: A Home-Built, Simple, and Cost-Efficient Absorption and Fluorescence Spectrophotometer for Education in Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 1128–1137. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00679>

*Το copyright των φωτογραφιών και των σχημάτων ανήκει στους συγγραφείς.

Τέρατα που ζουν ανάμεσά μας: Fake news ή μια άβολη πραγματικότητα (Ένα εκπαιδευτικό παιχνίδι απόδρασης για την εξέλιξη)

Βίλλιας Γεώργιος, Βιολόγος, Αναξαγόρειο Γενικό Λύκειο Νέας Ερυθραίας
[gvillias\[a\]hotmail.com](mailto:gvillias[a]hotmail.com)

(4^ο Αναπληρωματικό Βραβείο 12^{ων} Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών)

Περίληψη

Η εξέλιξη είναι ένα από τα πιο ενδιαφέροντα και σημαντικά κεφάλαια της Βιολογίας, με τη θεωρία της φυσικής επιλογής του Δαρβίνου για την καταγωγή των ειδών να θεωρείται ως μία από τις θεμελιώδεις της συγκεκριμένης επιστήμης. Παρόλα αυτά η διδασκαλία των βασικών αρχών της εξελικτικής θεωρίας δεν έχει ενταχθεί με σπειροειδή τρόπο στο Πρόγραμμα σπουδών του μαθήματος της Βιολογίας, αλλά παρουσιάζεται καθυστερημένα για πρώτη φορά στους μαθητές στην Β' τάξη του Γενικού Λυκείου. Η περιορισμένη έκταση του κεφαλαίου, το μειωμένο ενδιαφέρον των μαθητών (κυρίως λόγω της περιόδου διδασκαλίας του αντίστοιχου κεφαλαίου – άνοιξη – και της επικέντρωσής τους σε μαθήματα συναφή με εκείνα της ομάδας προσανατολισμού που έχουν επιλέξει), η ελλιπής προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών στο συγκεκριμένο αντικείμενο, καθώς και η αδυναμία εφαρμογής πειραματικών ή άλλων βιωματικών προσεγγίσεων, δυσκολεύουν τους μαθητές να κατανοήσουν τους μηχανισμούς της εξέλιξης.

Στην εργασία αυτή προτείνεται ένας εναλλακτικός τρόπος διδασκαλίας στον οποίο οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά σε ένα συναρπαστικό εκπαιδευτικό παιχνίδι απόδρασης. Βασισμένο στη δομή των escape rooms, η εκπαιδευτική αυτή δραστηριότητα διεγείρει τη δημιουργικότητα και τη συνθετική-αναλυτική σκέψη των μαθητών, προάγει την ομαδοσυνεργατική δράση και αναπτύσσει την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων. Η απόκτηση της γνώσης, η επεξεργασία και η κατανόηση των σχετικών εννοιών επιτυγχάνεται μέσα από μια σειρά διαδοχικών γρίφων και προβλημάτων, με έναν ευχάριστο βιωματικό τρόπο που προάγει τη χρήση και ανάπτυξη σημαντικών δεξιοτήτων. Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της εκπαιδευτικής αυτής προσέγγισης είναι η ενίσχυση της μαθητικής αυτενέργειας και ατομικής πρωτοβουλίας και η δημιουργία ενός ασφαλούς περιβάλλοντος για έκφραση των σκέψεων τους με χρήση επιστημονικής επιχειρηματολογίας. Μερικές από τις δοκιμασίες στις οποίες και υποβάλλονται οι μαθητές, περιλαμβάνουν: (α) την ανάκτηση πληροφοριών μέσα από τη μελέτη μιας σύντομης βιογραφίας του Κάρολου Δαρβίνου, (β) τη συμπλήρωση του φυλογενετικού δέντρου των σπονδυλωτών με τρόπο που τους επιτρέπει να μάθουν τα επιστημονικά ονόματα ορισμένων κοινών ζωικών ειδών και να αντιληφθούν την εξελικτική τους συγγένεια, (γ) τη διάκριση των δυνάμεων που καθοδηγούν την εξέλιξη των οργανισμών επιδρώντας στο επίπεδο του πληθυσμού, (δ) τη σύγκριση ανατομικών χαρακτηριστικών διαφορετικών ειδών ανθρωπιδών.

Abstract

Evolution is one of the most interesting and important chapters of Biology, with Darwin's theory of natural selection on the origin of species being considered as one of the fundamentals of this science. Nevertheless, the teaching of the basic principles of the

evolutionary theory has not been integrated in a spiral way into the Curriculum of the Biology course, but is belatedly presented for the first time to the students in the 2nd grade of the General Lyceum. The limited extent of the chapter, the reduced interest of the students (mainly due to the teaching period of the respective chapter – spring – and their concentration on courses related to those of the orientation group they have chosen), the students' incomplete prior knowledge of the specific subject, as well as the inability to apply experimental or other experiential approaches, make it difficult for students to understand the mechanisms of evolution.

This project is proposing an alternative way of teaching in which students actively participate in an exciting educational escape game. Based on the structure of escape rooms, this educational activity stimulates students' creativity and synthetic-analytical thinking, promotes teamwork and develops problem-solving skills. The acquisition of knowledge, processing and understanding of relevant concepts is achieved through a series of sequential puzzles and problems, in an enjoyable experiential way that promotes the use and development of important skills. One of the most important advantages of this educational approach is the strengthening of student autonomy and individual initiative and the creation of a safe environment for expressing their thoughts using scientific argumentation. Some of the challenges students are given include: (a) retrieving information from studying a short biography of Charles Darwin, (b) completing the phylogenetic tree of vertebrates in a way that allows them to learn the scientific names of some common animal species and understand their evolutionary relatedness, (c) distinguishing the forces that guide the evolution of organisms acting at the population level, (d) comparing anatomical features of different species of hominids.

Εισαγωγή

Ο Δαρβίνος και η Θεωρία της Εξέλιξης των ειδών

Η επικρατούσα και αποδεκτή επιστημονική θεωρία που ερμηνεύει ικανοποιητικά την τεράστια ποικιλομορφία και την υπάρχουσα μορφολογία όλων των ζωντανών οργανισμών του πλανήτη μας δεν είναι άλλη από τη θεωρία της Εξέλιξης. Σε αντίθεση με άλλες θεωρίες όπως εκείνη του Δημιουργισμού (Intelligent design), η θεωρία της Εξέλιξης βασίζεται σε απτά στοιχεία και αποδείξεις (π.χ. απολιθώματα, συγκριτική ανατομία, αναλύσεις DNA, κτλ.) και υποστηρίζει την αργή αλλά συνεχή διαφοροποίηση των μορφών ζωής σε ένα μεταβαλλόμενο φυσικό περιβάλλον, υπό την επίδραση των δυνάμεων της φυσικής επιλογής. Θεμελιωτής της δεν ήταν άλλος από τον Άγγλο φυσιοδίφη και επιστήμονα, Κάρολο Δαρβίνο.

Τα πρώτα χρόνια και οι σπουδές του Κάρολου Δαρβίνου

Ο Κάρολος Δαρβίνος γεννήθηκε στις 12 Φεβρουαρίου του 1809 στο Σριούσμπερυ (Shrewsbury) του Ηνωμένου Βασιλείου και ήταν το 5ο παιδί μιας εύπορης αγγλικής οικογένειας. Ο γόνος του πετυχημένου γιατρού Ροβέρτου Δαρβίνου (Robert Darwin) και της Σουζάννας Γουέτζγουντ (Susannah Wedgewood) επέδειξε από νεαρή ηλικία κλίση προς τις φυσικές επιστήμες καθώς και ιδιαίτερο ζήλο στη συλλογή και ταξινόμηση αντικειμένων που μάζευε κατά τη διάρκεια μεγάλων μοναχικών περιπάτων στην ύπαιθρο. Από τα πέντε συνολικά αδέρφια του, ανέπτυξε μια ξεχωριστή σχέση με τον μοναδικό και μεγαλύτερο αδερφό του Ρας (Erasmus), με τον οποίο διεξήγαγαν πλήθος επιστημονικών πειραμάτων στο

αυτοσχέδιο εργαστήριο χημείας που είχαν φτιάξει. Εκεί, ο Κάρολος, αφιέρωνε αρκετό χρόνο καθημερινά, παρά την αντίθεση του πατέρα του, θεωρώντας τα πειράματά του ως το πλέον σημαντικό μέρος της εκπαίδευσής του. Η μέτρια κατά τα άλλα επίδοση του Καρόλου στις ξένες γλώσσες (Λατινικά και Αρχαία ελληνικά) και στα μαθηματικά, σε συνδυασμό με το έκδηλο ενδιαφέρον του για τις φυσικές επιστήμες, έπεισαν τον πατέρα του να τον απομακρύνει πρόωρα από το οικοτροφείο στο οποίο τον είχε στείλει και να τον κατευθύνει να σπουδάσει Ιατρική στο Πανεπιστήμιο του Εδιμβούργου.

Παρά τις αρχικά καλές προθέσεις του, η αποστροφή του Καρόλου στη θέα του αίματος κατά τη διάρκεια των εργαστηρίων ανατομίας και η απογοήτευσή του για τις πανεπιστημιακές διαλέξεις στις οποίες δεν έβρισκε ιδιαίτερο ενδιαφέρον, σύντομα έστρεψαν την προσοχή του σε άλλους τομείς. Η ενασχόλησή του με φοιτητικές λέσχες όπου οι φοιτητές μελετούσαν άρθρα από το χώρο των φυσικών επιστημών, οδήγησε τον νεαρό Κάρολο σε διαφορετικά μονοπάτια και νέους κύκλους γνωριμιών. Μετά βεβαιότητας, η παρακολούθηση διαλέξεων γεωλογίας και ζωολογίας δεν τον βοήθησαν καθόλου στις ιατρικές του σπουδές, αν και επηρέασαν τη διαμόρφωση των μετέπειτα πεποιθήσεων του σχετικά με τη γεωλογική και βιολογική ιστορία της Γης. Άλλωστε, όπως νωρίς είχε αντιληφθεί, η οικονομική επιφάνεια της οικογένειάς του μπορούσε να εξασφαλίσει στον Κάρολο μια άνετη ζωή, χωρίς την ανάγκη να εργαστεί ως γιατρός. Η πραγματικότητα αυτή σε συνδυασμό με την αδυναμία του να περιορίσει το ανήσυχο μυαλό του, τον απέτρεψαν από το να κοπιάσει για την ολοκλήρωση των σπουδών του, οδηγώντας έτσι σε άδοξο τέλος την μέλλουσα ιατρική του καριέρα.

Όταν ο πατέρας του Καρόλου πείστηκε ότι ο Κάρολος δεν ήταν πρόθυμος να ακολουθήσει την ιατρική καριέρα, του πρότεινε να ακολουθήσει το επάγγελμα του κληρικού. Έτσι, ο επόμενος σταθμός της ζωής του έμελλε να είναι το Πανεπιστήμιο του Κέιμπριτζ, όπου και τον έστειλε για την πραγματοποίηση θεολογικών σπουδών. Κι ενώ κατάφερε να ολοκληρώσει τις σπουδές του επιτυχώς και φαινόταν ότι είχε μπει στο δρόμο για να γίνει ένας Αγγλικανός πάστορας, η δίψα του για τις φυσικές επιστήμες δεν είχε σβήσει. Αυτή τη φορά το πάθος του διοχετεύτηκε στον κλάδο της εντομολογίας, όπου και γεμάτος ενθουσιασμό ασχολήθηκε με τον εντοπισμό και τη συλλογή σπάνιων σκαθαριών! Ταυτόχρονα, οι γνωριμίες που έκανε στο Κέιμπριτζ με εξέχουσες προσωπικότητες, όπως ο γεωλόγος Άνταμ Σετζγουϊκ (Adam Sedgwick) και ο καθηγητής βοτανικής και μεταλλειολογίας Τζον Χένσλοου (John Henslow), του έδωσαν ευκαιρίες για συμμετοχή σε επιστημονικές διαλέξεις και για την πραγματοποίηση κοντινών εξορμήσεων γεωλογικού και βιολογικού ενδιαφέροντος. Ο Χένσλοου μάλιστα, με τον οποίο ο Κάρολος μοιραζόταν αισθήματα αμοιβαίου θαυμασμού, ήταν εκείνος που προέτρεψε τον Κάρολο να συμμετάσχει στην υπερπόντια γεωγραφική αποστολή της φρεγάτας του Βασιλικού Ναυτικού «HMS Beagle». Η ανοικτή πρόσκληση του καπετάνιου Ροβέρτου Φίτζροϊ (Robert FitzRoy), για την εύρεση ενός ατόμου ευγενούς καταγωγής, με επιστημονικό υπόβαθρο και χωρίς επιπλέον υποχρεώσεις, που θα τον συνόδευε χωρίς αμοιβή σε ένα ταξίδι περιπέτειας δύο ή και παραπάνω ετών σε όλο τον κόσμο, βρήκε ανταπόκριση στο ενθουσιώδες πρόσωπο του Καρόλου Δαρβίνου.

Το ταξίδι με το «HMS BEAGLE»

Στο μοναδικό αυτό ταξίδι που διήρκεσε σχεδόν 5 ολόκληρα χρόνια (27 Δεκ, 1831 – 2 Οκτ, 1836), ο Δαρβίνος κατάφερε να συλλέξει πλήθος ζώων, φυτών και απολιθωμάτων, αλλά και να πραγματοποιήσει γεωλογικές, κλιματολογικές και ανθρωπολογικές παρατηρήσεις στις περιοχές που επισκέφθηκε. Από τις Κανάριες νήσους και το Πράσινο Ακρωτήριο, βρέθηκε σύντομα στις ανατολικές ακτές της Νοτίου Αμερικής και τη ζούγκλα του Αμαζονίου. Η Γη

του Πυρός, τα νησιά Φώκλαντ και η Παταγονία αποτέλεσαν τους επόμενους σταθμούς του ταξιδιού πριν το πέρασμα στον Ειρηνικό Ωκεανό. Οι ακτές της Χιλής και του Περού και η οροσειρά των Άνδεων ακολούθησαν. Την πιο ξεχωριστή όμως θέση στο συγκεκριμένο ταξίδι κατέχουν τα νησιά Γκαλάπαγκος στον Ειρηνικό Ωκεανό, 965 χλμ. από τις ακτές του Ισημερινού. Στο ιδιαίτερο αυτό αρχιπέλαγος, ο Κάρολος Δαρβίνος πέρασε περίπου 5 εβδομάδες και διαπίστωσε την ύπαρξη μικρών διαφορών στα χαρακτηριστικά των ζώων (πουλιά, σαύρες και χελώνες) που κατοικούσαν σε κάθε νησί. Η μεγάλη αυτή ποικιλομορφία ζωντανών οργανισμών που συνάντησε στην αναλογικά μικρή και απομονωμένη έκταση των νησιών του αρχιπελάγους έμεινε έντονα χαραγμένη στη σκέψη του. Η μετέπειτα προσπάθειά του να ερμηνεύσει αυτές του τις παρατηρήσεις συνέβαλλε τα μέγιστα στη διαμόρφωση της ανατρεπτικής θεωρίας του.

Οι «Σπίνοι του Δαρβίνου» στα Νησιά Γκαλαπάγκος

Ανάμεσα στα δείγματα των ζώων που συνέλεξε και μελέτησε ο Κάρολος Δαρβίνος στα νησιά Γκαλάπαγκος, συμπεριλαμβάνονταν διάφορα πουλιά, μεταξύ των οποίων και οι περίφημοι «σπίνοι του Δαρβίνου», μικρά πουλιά σε μέγεθος σπουργιτιού. Αν και δεν ασχολήθηκε με τη συστηματική καταγραφή τους, παρατηρώντας το ράμφος τους διέκρινε την ύπαρξη ατόμων με ράμφη διαφορετικού μεγέθους, από πολύ ισχυρά και μεγάλα έως πολύ μικρά και λεπτά. Ο Δαρβίνος αντιλήφθηκε τη σημασία αυτής της παρατήρησης αρκετό καιρό μετά την επιστροφή του στην Αγγλία και αφότου είχε διαπιστωθεί ότι οι σπίνοι αυτοί ανήκαν σε διαφορετικά μεν είδη, αλλά συγγενικά μεταξύ τους,. Τόσο αυτή, όσο και ανάλογες παρατηρήσεις που είχε κάνει σε άλλα είδη ζώων (π.χ. πουλιά-μίμους, χελώνες, ιγκουάνα, κτλ.) επιβεβαίωσε τις σκέψεις που ήδη ζυμώνονταν στο μυαλό του: την ιδέα ότι οι ζωντανοί οργανισμοί, όπως ακριβώς και η Γη, δεν είναι αμετάβλητοι. Αντιθέτως, συνεχώς αλλάζουν και τροποποιούνται με το πέρασμα του χρόνου, οδηγώντας συχνά στην εμφάνιση και δημιουργία νέων συγγενικών μορφών.

Σήμερα γνωρίζουμε ότι το αρχιπέλαγος των νησιών Γκαλάπαγκος, είναι από γεωλογικής πλευράς αρκετά νεαρό σε ηλικία (3 με 5 εκατομμυρίων ετών), δημιουργήθηκε σταδιακά από υποθαλάσσιες ηφαιστειογενείς εκρήξεις και εποικίστηκε από οργανισμούς που έφτασαν εκεί από τις πλησιέστερες ακτές της αμερικανικής ηπειρωτικής ενδοχώρας. Το προγονικό είδος σπίνων που έφτασε πρώτο στο αρχιπέλαγος, αφού μετανάστευσε σε όλα τα νησιά του, διαφοροποιήθηκε και μετά από αρκετές γενιές εξελίχθηκε σταδιακά σε 13 νέα είδη σπίνων τα οποία χαρακτηρίζονται ως ενδημικά, δηλαδή υπάρχουν μόνο σε αυτά τα νησιά.

Παράγοντες που συμβάλλουν στην Εξέλιξη των ειδών σύμφωνα με τη σύγχρονη Εξελικτική Θεωρία

Η δημιουργία νέων ειδών (ειδογένεση) είναι μια εξαιρετικά αργή βιολογική διαδικασία. Βασική προϋπόθεση είναι η συσσώρευση μεγάλου αριθμού αλλαγών στο DNA μιας ομάδας ατόμων από τον πληθυσμό του αρχικού προγονικού είδους. Ο υποπληθυσμός αυτός θα αρχίσει να διαφέρει και να αποκλίνει μορφολογικά, ή και λειτουργικά από τον αρχικό πληθυσμό. Το κυριότερο όμως χαρακτηριστικό του είναι πως τα μέλη της ομάδας αυτής δε θα μπορούν πλέον να ζευγαρώσουν και να αναπαραχθούν με άτομα του υπόλοιπου αρχικού πληθυσμού παρά μόνο με τα δικά της. Η αναπαραγωγική αυτή απομόνωση μπορεί να οφείλεται σε ασυμβατότητα αναπαραγωγικών οργάνων, γαμετών, γονιδίων, ή ακόμα και προτύπων συμπεριφοράς ζευγαρώματος. Το χρονικό διάστημα που θα χρειαστεί για την

επίτευξη πλήρους απόκλισης του υποπληθυσμού από τον αρχικό πληθυσμό και θα οδηγήσει στη δημιουργία ενός νέου είδους συνήθως κυμαίνεται κοντά στο 1 εκατομμύριο χρόνια.

Παρόλο που η εξελικτική διαδικασία της δημιουργίας ενός νέου είδους είναι ξεκάθαρο ότι δεν είναι δυνατό να παρατηρηθεί στη διάρκεια μιας ανθρώπινης ζωής, ο μηχανισμός της εξέλιξης σε μικρότερη κλίμακα και οι παράγοντες που τον ελέγχουν μπορούν να μελετηθούν. Τρεις είναι οι βασικοί παράγοντες:

Α) Ποικιλομορφία – Η ύπαρξή της αποτελεί τη βάση για την εξέλιξη νέων ειδών. Μικροδιαφοροποιήσεις στο DNA των ατόμων του πληθυσμού ενός είδους που οφείλονται σε τυχαίες μεταλλάξεις, μπορούν να οδηγήσουν σε αύξηση της ποικιλομορφίας ενός χαρακτηριστικού, π.χ. το μέγεθος του ράμφους. Η μορφή του χαρακτηριστικού, π.χ. μεγάλο ράμφος εφόσον προσφέρει κάποιο πλεονέκτημα επιβίωσης ή αναπαραγωγής, θα προσδίδει στα άτομα που το φέρουν μεγαλύτερες πιθανότητες επιβίωσης και γέννησης περισσότερων απογόνων

Β) Φυσική επιλογή – Τα γενετικά χαρακτηριστικά που βοηθούν στην καλύτερη προσαρμογή ενός οργανισμού στο εκάστοτε φυσικό του περιβάλλον (π.χ. εύρεση τροφής, αποφυγή θηρευτών, επιτυχής αναπαραγωγή) επιλέγονται από τη φύση, δηλαδή επικρατούν σταδιακά στο μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού ενός είδους και εμφανίζονται όλο και πιο συχνά άτομα του πληθυσμού αυτού.

Γ) Γεωγραφική απομόνωση – Ένας πληθυσμός οργανισμών του ίδιου είδους μπορεί να χωριστεί σε μικρότερες ομάδες λόγω κάποιου γεωγραφικού φραγμού (π.χ. δημιουργία νησιών, σχηματισμών λιμνών, εμφάνιση βουνών). Όταν ο φραγμός αυτός ο εμποδίζει την επικοινωνία και αλληλεπίδραση μεταξύ των μελών του αρχικού πληθυσμού, οι νέες ομάδες που θα δημιουργηθούν αναπτύσσονται ξεχωριστά, και δε διασταυρώνονται γενετικά. Έτσι, η εμφάνιση και συσσώρευση τυχαίων μεταλλάξεων και η διαφορετική επίδραση της φυσικής επιλογής μπορεί να οδηγήσει σε ειδογένεση.

Εκπαιδευτικοί στόχοι

Να μπορούν οι μαθητές:

- να ανακαλούν στην μνήμη τους βασικά γεγονότα από τη ζωή και το έργο του Κάρολου Δαρβίνου.
- να εντοπίζουν στο χάρτη τα μέρη που επισκέφθηκε ο Δαρβίνος κατά τη διάρκεια του ταξιδιού του.
- να αναγνωρίζουν τα διεθνώς αποδεκτά επιστημονικά ονόματα κοινών ζωικών ειδών, όπως αυτά έχουν οριστεί από την επιστημονική διωνυμική ονοματολογία.
- να αντιλαμβάνονται τις συγγενικές σχέσεις διαφορετικών ειδών σε ένα φυλογενετικό δέντρο και να υπολογίζουν την εξελικτική τους απόσταση.
- να κατανοούν το ρόλο των δυνάμεων (φυσική επιλογή, γενετική παρέκκλιση, μεταλλάξεις, μετανάστευση) και παραγόντων (βιοποικιλότητα, απομόνωση) που καθοδηγούν την εξέλιξη των πληθυσμών των διαφόρων ειδών[‘
- να χρησιμοποιούν διχοτομικές κλείδες για την αναγνώριση και ταξινόμηση άγνωστων οργανισμών.
- να συγκρίνουν ανατομικά χαρακτηριστικά διαφορετικών ειδών ανθρωπίδων
- να αναγνωρίζουν το χρονολόγιο της ανθρώπινης εξέλιξης και το οικογενειακό δέντρο των ανθρωπίδων.

Υλικά προετοιμασίας παιχνιδιού

Τι θα χρειαστείτε:

- Λουκέτα συνδυασμού 3 και 4 ψηφίων
- Κουτιά ή φακέλους
- Διαφάνειες για εκτυπωτή
- Χαρτί
- Μικρά κουτιά με θέσεις για κλείδωμα με λουκέτα
- Φακούς UV και μαρκαδόρος UV
- Επιστολή
- Λογότυπα δημοσιογραφικών ομάδων
- Χάρτης με το ταξίδι του Beagle
- Άρθρο του National Geographic (σε πολλές ξεχωριστές σελίδες)
- Σταυρόλεξο
- Μαγνήτες με εικόνες ζώων
- Κάρτα με κωδικό Μορς
- Μαγνητικός φακέλος
- Χάρτης νησιών Γκαλαπάγκος
- Διαφάνειες με γεωγραφική κατανομή διαφόρων ειδών
- Κάρτες επεξήγησης του γεωλογικού μηχανισμού σχηματισμού νησιών
- 3D μοντέλα σπινών και χελωνών
- Διχοτομικές κλείδες
- 3D αντίγραφα κρανίων.
- Φωτογραφίες σκελετών
- Πίνακες με ανατομικά χαρακτηριστικά ανθρωπίδων
- Φυλογενετικό δέντρο ανθρωπίδων και χάρτες εξάπλωσης των αντίστοιχων ειδών

Η ιστορία που περιβάλλει την εκπαιδευτική δραστηριότητα

Αναφορικά με την αφήγηση της εκπαιδευτικής δραστηριότητας, η ιστορία ξεκινά με τον game master (έμπιστο φίλο του δημοσιογράφου) να ενεργεί ως αγγελιοφόρος του Οδυσσέα Ψαχούλια, ενός διάσημου δημοσιογράφου του National Geographic. Παραδίδοντας σε κάθε ομάδα μαθητών (συναδέλφους δημοσιογράφους) έναν φάκελο με διάφορα στοιχεία, τους ενημερώνει για το τελευταίο άρθρο του Οδυσσέα. Το άρθρο του σκοπεύει να διερευνήσει τον αυξανόμενο αριθμό ιστοριών που έρχονται στο φως καθημερινά, και αναφέρονται σε μυστηριώδεις θεάσεις παράξενων και αγνώστων στοιχείων «ζώων». Καταφέροντας να διαψεύσουμε επιστημονικά αυτήν την εμφάνιση ψεύτικων ειδήσεων για εξωγήινους, τέρατα και πλάσματα από την κόλαση, θα βάλει ένα τέλος σε αυτή τη μαζική υστερία και θα συμβάλλει στην αποκατάσταση της κοινωνικής ειρήνης. Ωστόσο, το αποτέλεσμα αυτής της έρευνας που βρίσκεται σε εξέλιξη είναι αβέβαιο! Προσπαθώντας να έχει ανοιχτό μυαλό, ο Οδυσσέας επικεντρώνεται μόνο στα γεγονότα. Αγκαλιάζοντας την επιστήμη, είναι έτοιμος να αποκαλύψει την αλήθεια, όσο άβολο κι αν είναι. Ωστόσο, οι αντίπαλοι υπονομεύουν συνεχώς την έρευνά του, βάζοντας εμπόδια στο δρόμο του και απειλώντας την ίδια του τη ζωή. Σε

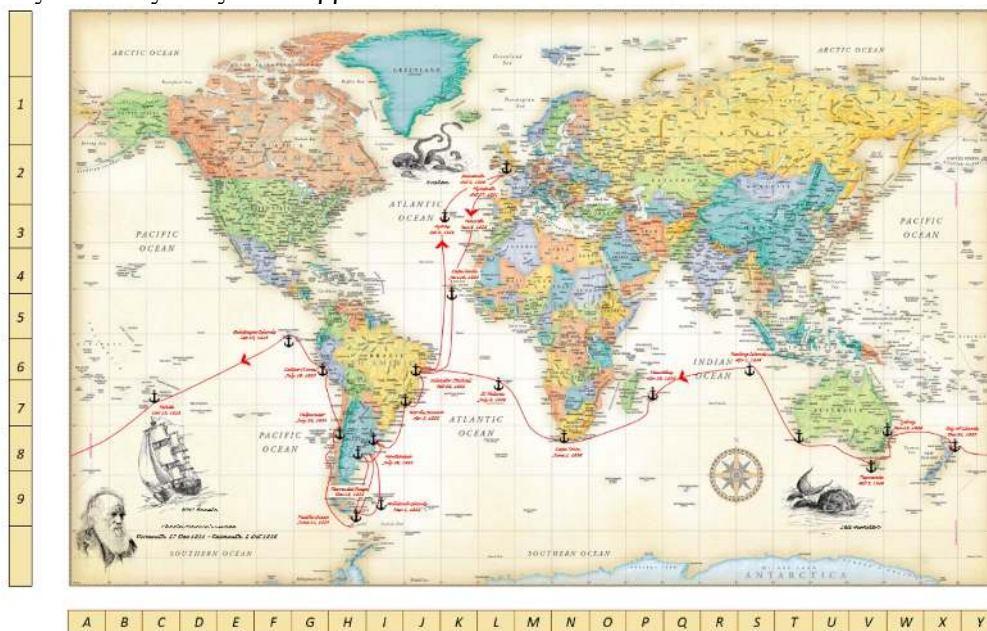
αυτή την επικίνδυνη αναζήτηση, οι συνάδελφοι δημοσιογράφοι αναμένεται να επιδείξουν την επαγγελματική τους αλληλεγγύη βοηθώντας τον Οδυσσέα να βρει το δρόμο της επιστροφής στο σπίτι και να μοιραστεί τα ευρήματά του.

Γενικές οδηγίες για τη διεξαγωγή του παιχνιδιού

ΒΗΜΑ 1ο – Αφού συστήνεται ως έμπιστος φίλος του δημοσιογράφου, ο αρχηγός του παιχνιδιού παραδίδει σε κάθε ομάδα έναν φάκελο. Μέσα σε αυτόν τον φάκελο, υπάρχουν πολλά διαφορετικά αντικείμενα, συμπεριλαμβανομένης μιας επιστολής από τον δημοσιογράφο και όλα τα στοιχεία που απαιτούνται για την πρώτη δοκιμασία (1^η Δοκιμασία – ένας χάρτης με το ταξίδι του Beagle, οι πρώτες τέσσερις σελίδες του άρθρου του National Geographic, ένα σταυρόλεξο). Τοποθετημένο στον πάγκο κάθε ομάδας βρίσκεται ένα στήριγμα με το λογότυπο της εταιρείας των δημοσιογράφων και ένα κουτί κλειδωμένο με λουκέτο τριών ψηφίων (Κουτί 1).

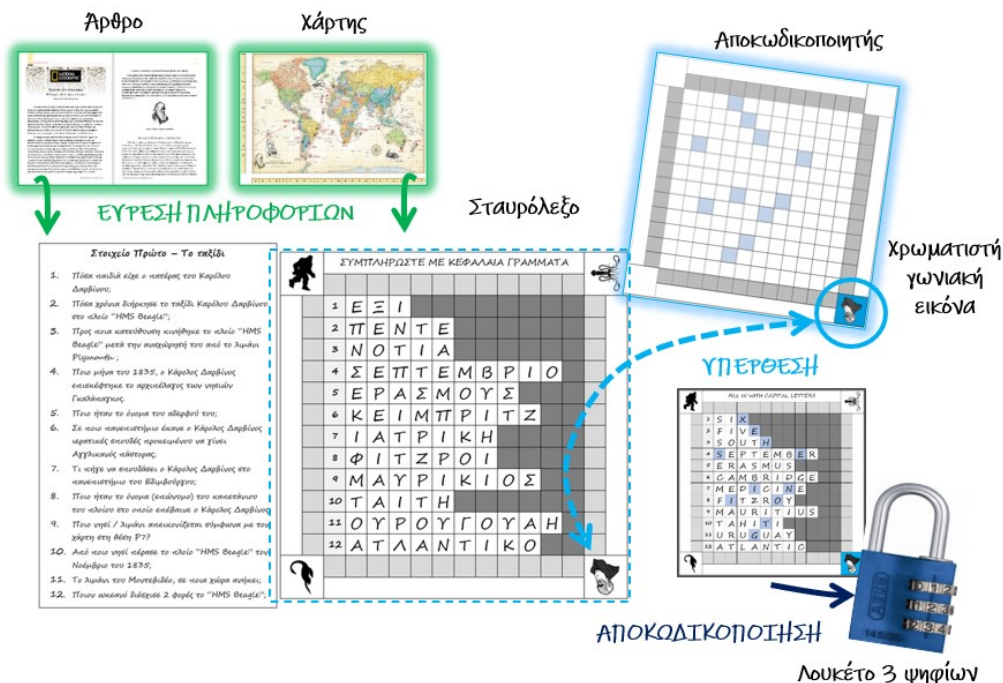
ΒΗΜΑ 2ο – Οι μαθητές ενθαρρύνονται να ξεκινήσουν διαβάζοντας την επιστολή του δημοσιογράφου. Η επιστολή στοχεύει να εμπλέξει πιο ενεργά τους μαθητές στην ιστορία του παιχνιδιού. Είναι επίσης ένας δημιουργικός τρόπος να τους ενημερώσετε για τους στόχους της αποστολής τους.

ΒΗΜΑ 3ο – Χρησιμοποιώντας δεξιότητες παρατήρησης και εξόρυξης δεδομένων κειμένου, οι μαθητές λύνουν την 1^η δοκιμασία, απαντώντας στις ερωτήσεις του σταυρόλεξου. Για να απαντήσουν στις ερωτήσεις, οι μαθητές εξερευνούν τον παγκόσμιο χάρτη που τους έχει δοθεί για να βρουν τα μέρη που επισκέφτηκε ο Δαρβίνος κατά τη διάρκεια του ταξιδιού του με το Beagle (Εικ. 1). Πρέπει επίσης να διαβάσουν το συγκεκριμένο άρθρο και να επικεντρωθούν στις λεπτομέρειες σχετικά με τη ζωή, την οικογένεια, την παιδική ηλικία, τις σπουδές, το ταξίδι και τις ιδέες του Δαρβίνου.



Εικόνα 1: Χάρτης με το ταξίδι του Beagle

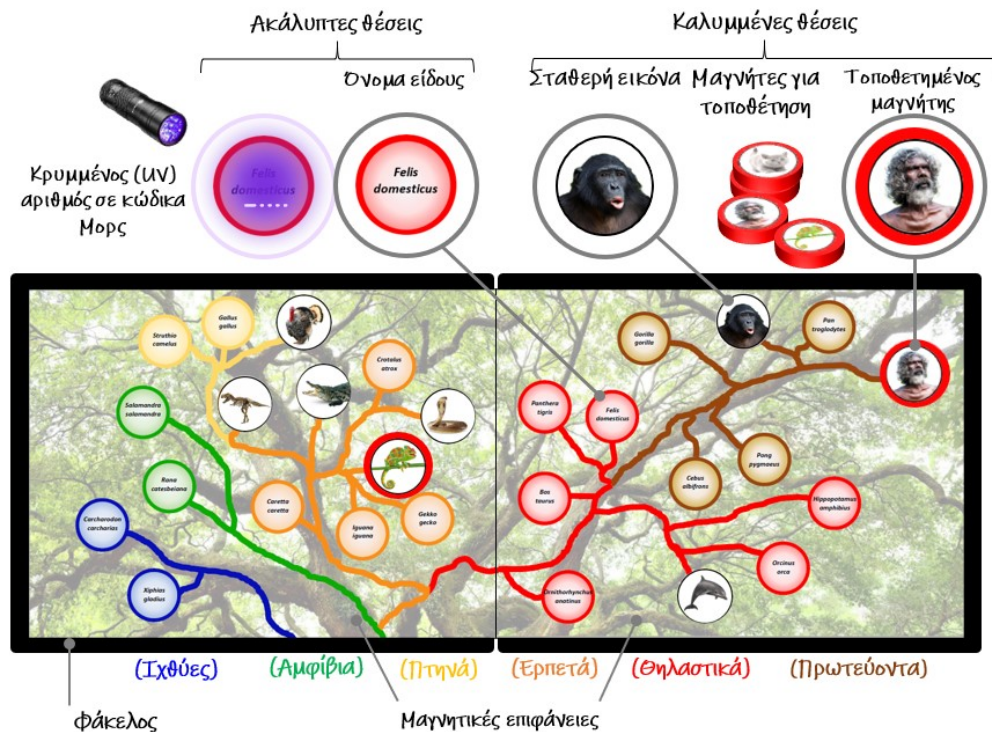
ΒΗΜΑ 4^ο – Ο game master επιθεωρεί το λυμένο σταυρόλεξο για να επαληθεύσει τις απαντήσεις των μαθητών. Όταν όλες οι απαντήσεις που δίνονται είναι έγκυρες, δίνει στους μαθητές τον αντίστοιχο αποκωδικοποιητή σταυρόλεξου που θα τους επιτρέψει να αποκαλύψουν τους κρυπτογραφημένους αριθμούς και να σχηματίσουν τον κωδικό (Εικ. 2). Τώρα μπορούν να ξεκλειδώσουν το λουκέτο τριών ψηφίων και να ανοίξουν το Κουτί 1.



Εικόνα 2: Υλικά και τρόπος χρήσης τους για την 1^η δοκιμασία.

ΒΗΜΑ 5^ο – Μέσα στο Κουτί 1, οι μαθητές βρίσκουν ένα μικρότερο κουτί (Κουτί 2), κλειδωμένο με ένα λουκέτο τεσσάρων ψηφίων αυτή τη φορά. Βρίσκουν επίσης έναν φακό UV και μερικούς από τα στοιχεία που χρειάζονται για την επόμενη δοκιμασία (2^η δοκιμασία – 15 μαγνήτες με εικόνες ζώων, κάρτα με κωδικό Μορς). Τα υπόλοιπα στοιχεία παρέχονται από τον gamemaster (2^η δοκιμασία – ένας μαγνητικός φάκελος, η πέμπτη σελίδα του άρθρου του National Geographic)

ΒΗΜΑ 6^ο – Οι μαθητές λύνουν τη 2^η δοκιμασία τοποθετώντας όλους τους διαθέσιμους μαγνήτες στις αντίστοιχες θέσεις του μαγνητικού φακέλου. Χρησιμοποιώντας τον φακό UV, αποκαλύπτουν κρυμμένα μηνύματα σε κώδικα Μορς που πρέπει να αποκρυπτογραφήσουν (Εικ. 3). Αφού φτάσουν σε αδιέξοδο, ο gamemaster του παιχνιδιού τους παρέχει μια χρήσιμη υπόδειξη ένα άλλο μήνυμα στον κώδικα Μορς που λέει, "Η οικογένεια έρχεται πρώτη". Συνδυάζοντας κατάλληλα αυτά τα στοιχεία, οι μαθητές καταλήγουν σε έναν τετραψήφιο κωδικό που μπορούν να τον χρησιμοποιήσουν για να ξεκλειδώσουν το λουκέτο τεσσάρων ψηφίων και να ανοίξουν το Κουτί 2.



Εικόνα 3: Υλικά και τρόπος χρήσης τους για την 2^η δοκιμασία.

ΒΗΜΑ 7^ο – Μέσα στο Κουτί 2, οι μαθητές βρίσκουν τα υλικά που χρειάζονται για να λύσουν την 3^η δοκιμασία (χάρτης νησιών Γκαλαπάγκος, διαφάνειες με γεωγραφική κατανομή διαφόρων ειδών, κάρτες επεξήγησης του γεωλογικού μηχανισμού σχηματισμού νησιών, 3D μοντέλα σπινών και χελωνών, διχοτομικές κλειδες, κωδικοποιημένη πληροφορία). Η τρίτη δοκιμασία επικεντρώνεται στη γεωλογική ιστορία των νησιών Γκαλαπάγκος, τη βιοποικιλότητα και την επίδραση της δράσης της φυσικής επιλογής και της γεωγραφικής απομόνωσης στην εξέλιξη των διαφορετικών ειδών σπινών και χελωνών σε κάθε νησί. Προκειμένου οι μαθητές να λύσουν τον κώδικα που τους δίνεται θα πρέπει:

- να διακρίνουν τον τρόπο σχηματισμού του αρχιπελάγους (κάρτες και πληροφορίες χάρτη),
- να συσχετίσουν τη γεωγραφική κατανομή των φυτικών και ζωικών ειδών (διαφάνειες),
- να αναγνωρίσουν, να ταξινομήσουν, και να εντοπίσουν στο χάρτη τα νησιά στα οποία ενδημούν είδη σπινών με διαφορετικό σχήμα ράμφους και χελωνών με διαφορετικό σχήμα καβουκιού (3D μοντέλα, κλειδες).

ΒΗΜΑ 8^ο – Έχοντας λύσει τον προηγούμενο κώδικα, ο gamemaster του παιχνιδιού παραδίδει στους μαθητές ένα τελευταίο δέμα (4^η δοκιμασία) που περιλαμβάνει τρεις φακέλους με τα στοιχεία που περισυνέλεξε ο Οδυσσέας Ψαχούλιας σχετικά με τις πιθανολογούμενες εμφανίσεις τεράτων και ανθρωπόμορφων ζώων ανά τον κόσμο (Κρακεν, Λοχ Νες, Μεγαλοπόδαρος). Οι μαθητές θα πρέπει να αξιολογήσουν τα στοιχεία και τις σημειώσεις που παραθέτει ο ερευνητής, ειδικά όσον αφορά την ύπαρξη του Μεγαλοπόδαρου (3D αντίγραφα

κρανίων, φωτογραφίες σκελετών, πίνακες με ανατομικά χαρακτηριστικά ανθρωπίδων, φυλογενετικό δέντρο ανθρωπίδων και χάρτες εξάπλωσης/μετανάστευσης των αντίστοιχων ειδών), και εφαρμόζοντας τις γνώσεις που απέκτησαν προηγουμένως, όσον αφορά τις δυνάμεις που καθορίζουν την εξέλιξη των οργανισμών (π.χ., ποικιλομορφία, φυσική επιλογή, μετανάστευση, γεωγραφική απομόνωση), να καταλήξουν στα δικά τους επιστημονικά συμπεράσματα,. Παράλληλα θα πρέπει να ανακαλύψουν τα κρυφά στοιχεία που είναι ενσωματωμένα σε αυτούς τους φακέλους προκειμένου να εντοπίσουν τα ίχνη του Οδυσσέα Ψαχούλια.

Βιβλιογραφία

- Αδαμαντιάδου Σ., Γεωργάτου Μ., Γιαπιτζάκης Χ., Λάκκα Λ., Νοταράς Δ., Φλωρεντίν Ν., Χατζηγεωργίου Γ., & Χατζηκώντη Ο. (2014) “*Βιολογία Γενικής Παιδείας Γ’ Γενικού Λυκείου*”. Αθήνα: ΟΕΔΒ
- Nicholson, S. (2015). Peeking behind the locked door: A survey of escape room facilities. White Paper
- Nicholson, S. (2018). Creating Engaging Escape Rooms for the Classroom. *Childhood Education*, 94(1), 44–49.

*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στον συγγραφέα.

**Πόση αντίσταση έχει ένας Πικάσο; Εργαστήριο αυτοσχέδιων αντιστατών.
Η σχέση της εφαρμογής της STE(A)M μεθόδου στην τάξη με τους στόχους
βιώσιμης ανάπτυξης της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την Εκπαίδευση των
Θετικών επιστημών**

Μαθητές : δύο ασυνόδευτοι πρόσφυγες μαθητές του 5^{ου} Γυμνασίου Μυτιλήνης από το Ιράκ
και το Αφγανιστάν που διαμένουν στη Λέσβο

Υπεύθυνος εκπαιδευτικός:

Γιώργος Ρούγγος, Φυσικός, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Λέσβου
[grungos\[a\]gmail.com](mailto:grungos[a]gmail.com)

(Επαινος 12^{ον} Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών)

Περίληψη

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προτείνει ως στόχο για όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σε σχέση με τους στόχους βιώσιμης ανάπτυξης (SDG) των Ηνωμένων Εθνών για την εκπαίδευση των θετικών επιστημών, το πλήθος των αδύνατων μαθητών να μην υπερβαίνει το 15%. Η επίτευξη του στόχου αυτού αποτυπώνεται στο PISA Test του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (OECD). Ταυτόχρονα η ενθάρρυνση των εκπαιδευτικών να εφαρμόσουν της STEM μέθοδο στην τάξη δημιουργεί ένα περιβάλλον όπου οι μαθητές καλούνται συχνά να ανταπεξέλθουν σε θέματα που δεν εντάσσονται πλήρως στο αναλυτικό πρόγραμμα και δημιουργείται η αίσθηση ότι όσο περισσότερο εφαρμόζεται τόσο καλύτερα θα είναι τα εκπαιδευτικά αποτελέσματα. Το εργαστήριο παραγωγής αντιστατών είναι μία STE(A)M εκπαιδευτική διαδικασία που έχει ως στόχο τη διδασκαλία του μεγέθους της αντίστασης μέσα από την παραγωγή αντιστατών και αναπαραγωγή σχεδίων του διάσημου ζωγράφου Πικάσο με αγωγίμο υλικό από ανακυκλώσιμα και απλά υλικά χαμηλού κόστους.

Abstract

The European Commission proposes as a target for all the countries of the European Union, in relation to the sustainable development goals of the United Nations for science education, that the number of underachieving students should not exceed 15%. The achievement of this goal is reflected in the PISA Test of the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). At the same time, encouraging teachers for the implementation of the STEM method in the classroom creates an environment where students are asked to cope with difficult subjects that are not fully included in the curriculum and a feeling is created that the more it is applied, the better the educational results will be. The resistor production workshop is a STE(A)M educational process that aims to teach the resistance through the production of resistors and the reproduction of designs by the famous painter Picasso with conductive material using simple and low-cost materials.

Εισαγωγή

Ο κυριότερος στόχος των εκπαιδευτών μέσω της διδασκαλίας είναι να παρέχουν στους μαθητές όλων των ηλικιών και επιπέδων τις γνώσεις, τις δεξιότητες, τις αξίες και τη δυνατότητα να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις του μέλλοντος. Μιλώντας για τη διδασκαλία των θετικών επιστημών προκύπτουν θέματα όπως η αντίληψη των μεγεθών, η κατανόηση κειμένου, η ενεργός συμμετοχή σε πειραματικές δραστηριότητες και επεξεργασία πειραματικών δεδομένων.

Μεγάλη συζήτηση και δραστηριότητα έχει αναπτυχθεί στην Ευρώπη τα τελευταία χρόνια σχετικά με τη STEM εκπαίδευση η οποία έχει οδηγήσει σίγουρα σε μία αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών για τις θετικές επιστήμες (Scientix, 2018). Ευρωπαϊκά προγράμματα χρηματοδοτούμενα ή μη, προγράμματα σχολικών δραστηριοτήτων, εργαστήρια δεξιοτήτων, eTwinning projects, διαγωνισμοί, ρομποτική είναι μερικές από τις δράσεις που εφαρμόζονται στα σχολεία. Συχνά παρατηρείται ότι τα θέματα που αναπτύσσονται στις δράσεις STEM να μην εντάσσονται απόλυτα στο αναλυτικό πρόγραμμα και να είναι απαιτητικά με αποτέλεσμα οι μέσοι και αδύνατοι μαθητές να δυσκολεύονται να ανταποκριθούν πλήρως στις ανάγκες της διδασκαλίας.

Η μερική αντικατάσταση της κλασικής, άμεσης μεθόδου διδασκαλίας με τη μέθοδο STEM «έβαλε» τα σχολεία, τους εκπαιδευτές και τους εκπαιδευόμενους σε κατάσταση «εκσυγχρονισμού» ώστε να χρειάζεται να αγοράσουν νέο εξοπλισμό, να παρακολουθούν σεμινάρια για επαγγελματική ανάπτυξη, να συμμετέχουν σε καινοτόμες εκπαιδευτικές δραστηριότητες.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προσαρμόζοντας τους στόχους βιώσιμης ανάπτυξης SDG (European Council, 2022) των Ηνωμένων Εθνών (SDG 4, Education, 2015) έθεσε για την εκπαίδευση τον ακόλουθο βασικό στόχο. Όλες οι χώρες της ΕΕ να έχουν ποσοστό αδύνατων μαθητών λιγότερο από 15%. Αυτός ο δείκτης μετριέται και αποτυπώνεται στο PISA Test που πραγματοποιείται κάθε 3 χρόνια σε πολλές χώρες του κόσμου. Συνεπώς στην Ευρωπαϊκή Ένωση προσπαθούμε να πετύχουμε ποσοστό αδύνατων μαθητών κάτω από 15% καθώς οι εκπαιδευτικοί ενθαρρύνονται να εφαρμόζουν την STEM μέθοδο στην τάξη. Η επίτευξη του στόχου αυτού επιβαρύνεται επιπλέον από το γεγονός ότι στα εκπαιδευτικά ιδρύματα της ΕΕ προστίθενται και μαθητές με προσφυγικό υπόβαθρο που αυξάνουν το ποσοστό των αδύνατων μαθητών.

Η κατευθυνόμενη και προσαρμοστική διδασκαλία σε συνδυασμό με την αύξηση του διδακτικού χρόνου γενικά μειώνει την πιθανότητα ένας μαθητής να χαρακτηριστεί ως αδύνατος, ενώ η διδασκαλία που βασίζεται στην έρευνα δεν έχει τα ίδια αποτελέσματα (EU JRC, 2018). Όταν η μέθοδος που βασίζεται στην έρευνα εφαρμόζεται σε μικρά ποσοστά η υπό συζήτηση πιθανότητα μειώνεται, ενώ στην περίπτωση συχνής χρήσης φαίνεται να μην ευνοεί τους μαθητές με χαμηλή απόδοση εμποδίζοντας την επίτευξη του στόχου (Roungos, 2018). Η διδασκαλία με τη μέθοδο STEM ευνοεί τους αδύνατους μαθητές όταν εφαρμόζεται σε μικρά ποσοστά. Οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να σχεδιάζουν τη διδασκαλία με στόχο τον μέσο μαθητή και με βάση τα αναλυτικά προγράμματα.

Στην εργασία αυτή προτείνεται η χρήση της STE(A)M μεθόδου για τη διδασκαλία του μεγέθους της ηλεκτρικής αντίστασης ενός αντιστάτη με όργανα που υπάρχουν σε όλα τα εργαστήρια φυσικών επιστημών των σχολείων και κατασκευάζοντας αντιστάτες με απλά και ανακυκλώσιμα υλικά. Με τη διαδικασία αυτή η στόχευση της διδασκαλίας είναι ο μέσος μαθητής και οι απαιτήσεις της πειραματικής διαδικασίας εντάσσεται πλήρως στο αναλυτικό πρόγραμμα του σχολείου (ITYE, 2011).

Η τεχνολογία των ενώσεων του άνθρακα έχει μεγάλη ανάπτυξη και υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον για νέα υλικά αυτού του απλού στοιχείου σε διάφορους τομείς της βιομηχανίας (ITYE, 2011). Ανθρακονήματα, κυψέλες καυσίμου, προσροφητικά υλικά, ηλεκτρικά κυκλώματα, μονωτικά υλικά, μέρη από κλιβάνους χυτηρίων είναι μερικές από τις εκατοντάδες εφαρμογές που έχει ο άνθρακας με την κορυφή της τεχνολογίας αυτή τη στιγμή να είναι το γραφένιο. Το γραφένιο είναι ένα υλικό με εξαιρετική μηχανική αντοχή, αγωγιμότητα, μεγάλη πυκνότητα και θα αποτελέσει μία μελλοντική λύση σε πολλούς τομείς της βιομηχανίας. Με αυτή τη διαδικασία μπορούμε να δώσουμε στους μαθητές κίνητρα να ασχοληθούν με τις τεχνολογικές εφαρμογές του άνθρακα σε σχέση με τη Φυσική και τη Χημεία. Συνοπτικά η διδασκαλία με τη STEM μέθοδο πρέπει να αφορά όλους τους μαθητές και όχι τους πολύ καλούς μαθητές που θα συμμετέχουν σε έναν διαγωνισμό υψηλών απαιτήσεων.

Περιγραφή εργασίας

Ας πάρουμε το παράδειγμα της διδασκαλίας του φυσικού μεγέθους της αντίστασης (resistance) (Francis, 1850). Η αντίσταση είναι ένα φυσικό μέγεθος που εκφράζει τη δυσκολία διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος από έναν αγωγό στον οποίο εφαρμόζουμε μια διαφορά δυναμικού.



Εικόνα 15 Αντιστάτης

Ο νόμος του Ohm αναφέρει ότι η αντίσταση δίνεται από τον τύπο:

$$R = \frac{V}{I} \quad (1)$$

όπου:

R: η αντίσταση ενός αντιστάτη

V: η διαφορά δυναμικού στα άκρα του

I: Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που τον διαρρέει.

Οι αντιστάτες είναι μικρές συσκευές που κατασκευάζονται κυρίως από άνθρακα συμπιεσμένο σε ταινία η οποία τυλίγεται γύρω από κεραμική ράβδο με δύο αγωγία στελέχη στα άκρα, όλα κλεισμένα σε κάλυμμα από πυρίμαχη ρητίνη. Η αντίσταση έχει μονάδα το 1Ω (Ohm) και οι χαρακτηριστικές χρωματιστές γραμμές δηλώνουν την τιμή της αντίστασης ενός αντιστάτη.



Εικόνα 16 Εσωτερικό αντιστάτη εργαστηρίου

Η διδασκαλία της ηλεκτρικής αντίστασης

Σε γενικές γραμμές οι μαθητές είναι περισσότερο εξοικειωμένοι με το μέγεθος της ηλεκτρικής τάσης και έντασης λόγω της καθημερινής επαφής με ηλεκτρικές συσκευές, μπαταρίες καλώδια, λαμπάκια, παιχνίδια που λειτουργούν με ηλεκτρισμό. Όσο αφορά στο φυσικό μέγεθος της αντίστασης και την διδασκαλία της στο Γυμνάσιο δεν ισχύει το ίδιο. Η ηλεκτρική αντίσταση πρέπει να εξηγηθεί μικροσκοπικά και μακροσκοπικά προτείνονται πειράματα που σχετίζονται με τον νόμο του Ohm. Τα κυκλώματα που συναρμολογούνται στην τάξη έχουν τροφοδοτικό, καλώδια, αντιστάσεις διακόπτη, πολύμετρα και λαμπάκια.

Για να γίνει πιο εύκολη η έννοια της αντίστασης από τον μαθητή, ο κλασσικός αντιστάτης του εργαστηρίου (carbon film resistor) μπορεί να αντικατασταθεί με αντιστάτες που θα φτιάξουμε από γραφίτη, λιγνίτη, αγωγίμη πλαστελίνη ή ράβδους άνθρακα από το εσωτερικό των τελειωμένων μπαταριών 1,5Volt μεγέθους D. Το κύκλωμα θα μπορούσε να περιλαμβάνει απλές μπαταρίες και λαμπάκια LED.

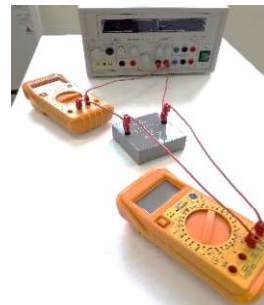
1. Χρήση σκόνης άνθρακα γραφίτη, λιγνίτη και σκόνη άνθρακα από ράβδο μπαταρίας.

Υλικά:

Τροφοδοτικό
βίδες
πλαστικά σωληνάκια (π.χ. από παλιές πιπέτες)
Μεταλλική βάση
Λαβίδα
Κροκοδειλάκια
Πολύμετρο
Άνθρακας

Διαδικασία:

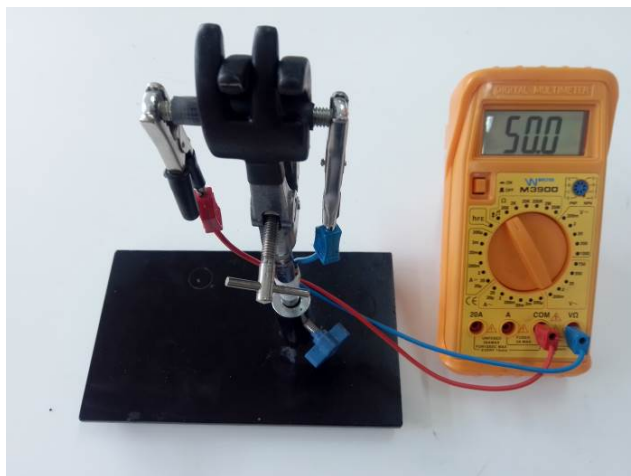
1. Κονιορτοποιήστε τη σκόνη του άνθρακα, τον λιγνίτη ή τον γραφίτη σε γουδί
2. Γεμίστε το πλαστικό σωληνάκι και κλείνουμε με τις βίδες
3. Συνδέστε με πολύμετρο για μέτρηση αντίστασης
4. Σφίξτε τις βίδες μέχρι να έχουμε ενδείξεις



Εικόνα 3 Κύκλωμα για το πείραμα του νόμου του Ohm



Εικόνα 4 Ράβδος άνθρακα από μπαταρία



Εικόνα 5 Διάταξη ΑΠ για πειραματικές δραστηριότητες

Το πλεονέκτημα της συσκευής ΑΠ είναι ότι υπάρχει η δυνατότητα να ελαττωθεί η αντίσταση σφίγγοντας τις βίδες οι οποίες συμπιέζουν τη σκόνη άνθρακα στο εσωτερικό. Σύμφωνα με το φαινόμενο της πιεζοαντίστασης (piezoresistivity) όταν συμπιέζουμε ένα υλικό μειώνονται οι ζώνες κενού και η αγωγιμότητα αυξάνει (Smith 1954). Στην περίπτωση μας όταν συμπιέζουμε τη σκόνη του άνθρακα φεύγει ο αέρας από το εσωτερικό του αυτοσχέδιου αντιστάτη και η αγωγιμότητα επίσης αυξάνει.



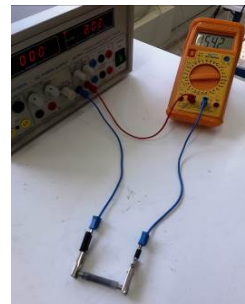
Εικόνα 6 Ο πρώτος αντιστάτης ΑΠ που κατασκευάστηκε τιμής 10,8Ω

Η πρώτη δοκιμή

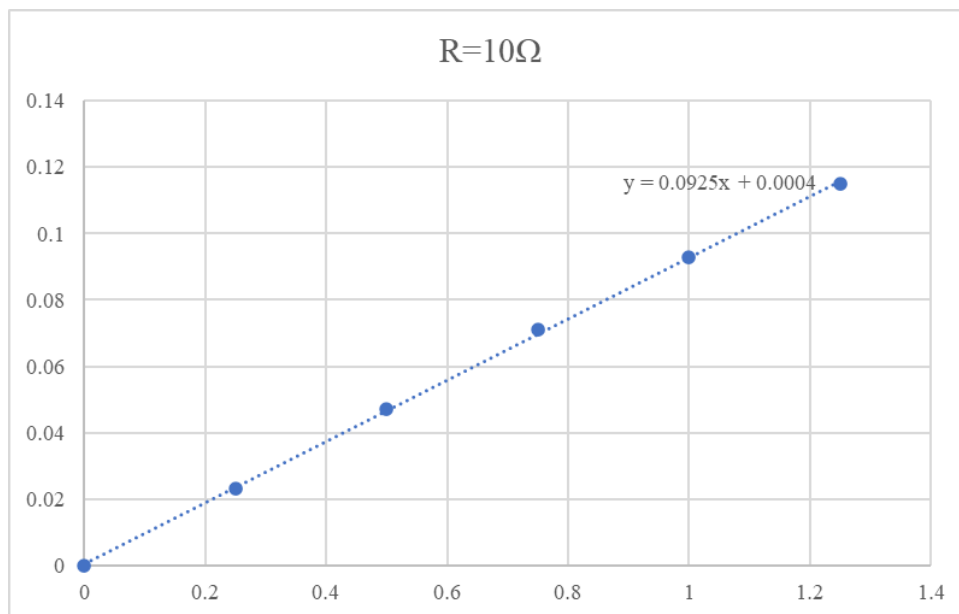
Η αντίσταση του αντιστάτη αυτού μετρήθηκε 10,8Ω με το κύκλωμα της εικόνας 7 και τάση τροφοδοσίας από 0-1,25Volt.

Υλικά:

Τροφοδοτικό
Πολύμετρα
Αντιστάτης
Καλώδια



Εικόνα 7 Κύκλωμα



Διάγραμμα 1 Γραφική παράσταση της έντασης (Α) σε σχέση με την τάση (V) στον πρώτο αντιστάτη που κατασκευάστηκε.

Μετά από αρκετές πειραματικές μελέτες με διάφορες τιμές αντιστατών (5, 10, 20, 50, 100, 200, 400 Ω) προέκυψε ότι:

- Ρυθμίζοντας μηχανικά την πίεση στη σκόνη άνθρακα ή του γραφίτη του αυτοσχέδιου αντιστάτη μπορούμε ευκολά να πετύχουμε πολύ σταθερές τιμές αντίστασης από 0 έως 150Ω.
- Από τα 150Ω και πάνω θα πρέπει να περιμένουμε λίγο χρόνο να σταθεροποιηθεί η τιμή της αντίστασης.
- Η σκόνη λιγνίτη έχει την καλύτερη συμπεριφορά από τα τέσσερα υλικά καθώς αντέχει μέχρι τα 5V αλλά δεν είναι ανακυκλώσιμο υλικό.
- Η αντικατάσταση του άνθρακα από γραφίτη έχει τα ίδια αποτελέσματα στην ωμική συμπεριφορά.
- Οι αντιστάσεις αυτές λειτουργούν πολύ καλά ως ωμικές αντιστάσεις μέχρι τα 2.25 - 2.5Volt. Μετά από αυτές τις τιμές η αντίσταση αυξάνει λόγω της αύξησης θερμοκρασίας.
- Η ανέχεια (tolerance) των αντιστατών του εργαστηρίου είναι 5% που βρίσκεται κοντά στα σφάλματα που προκύπτουν από τη μέτρηση της αυτοσχέδιας αντίστασης με πολύμετρο σε σχέση με αυτή που υπολογίζεται από τον νόμο του Ohm.
- Με την κατασκευή αντιστατών μπορούμε να μελετήσουμε την εξάρτηση της αντίστασης από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της συσκευής.
- Μετά τη διαδικασία αύξησης της πίεσης στον αυτοσχέδιο αντιστάτη είναι δύσκολο να μειώσουμε την πίεση και να έχουμε τιμές μεγαλύτερες γιατί η σκόνη άνθρακα δεν έχει ελαστικότητα ώστε να επανέλθει στην αρχική φάση. Επομένως μπορούμε να λαμβάνουμε ευκολότερα τιμές αντίστασης που φθίνουν.
- Η φόρτιση της αντίστασης με μεγαλύτερες τάσεις κατέληξε σε καταστροφή της συσκευής (λιώσιμο του πλαστικού σωλήνα).

2. Χρήση αγωγίμης πλαστελίνης

Υλικά:

Σύρμα χαλκού

Σωληνάκια από στυλό

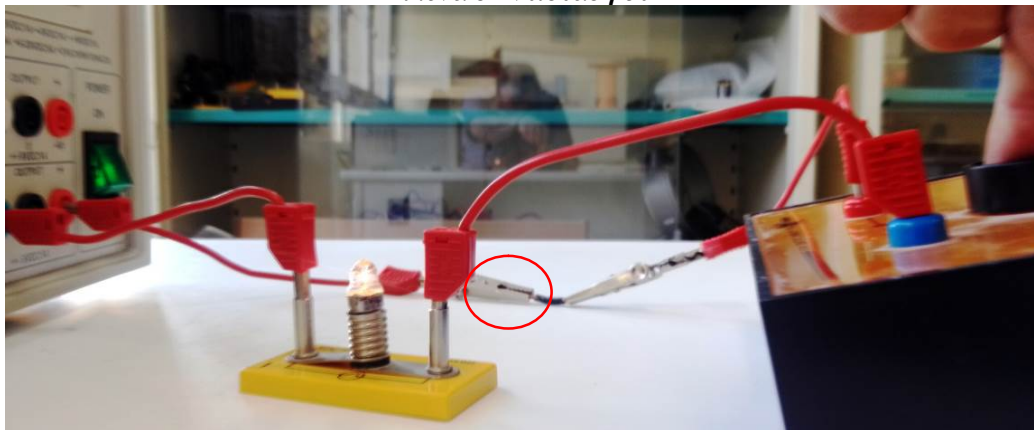
Αγωγίμη πλαστελίνη (ανάμιξη πλαστελίνης με σκόνη άνθρακα)

Διαδικασία:

1. Σε ένα σωληνάκι από στυλό βάλτε μια μικρή ποσότητα αγωγίμης πλαστελίνης
2. Στα ανοίγματα σφηνώστε τα δύο μικρά κομμάτια σύρματος χαλκού 1.7mm
3. Πιέστε τα δύο κομμάτια σύρματος χαλκού μέχρι να δείτε την πλαστελίνη να καλύπτει το σωληνάκι
4. Μετρήστε την αντίσταση με το πολύμετρο
5. Επαληθεύστε τον νόμο του Ohm όπως και στην 1^η περίπτωση



Εικόνα 8 Αντίσταση 50Ω



Εικόνα 9 Σύνδεση αντίστασης

Συμπέρασμα

Με τη λειτουργία του εργαστήριου κατασκευής αντιστατών μπορούν να κατασκευαστούν αντιστάτες με οποιαδήποτε τιμή αντίστασης χρησιμοποιώντας σκόνη άνθρακα, γραφίτη, σκόνη λιγνίτη ή αγωγίμη πλαστελίνη. Οι μαθητές θα χρησιμοποιήσουν απλά και ανακυκλώσιμα υλικά για να κατασκευάσουν ένα ηλεκτρικό στοιχείο και θα εξοικειωθούν με

το φυσικό μέγεθος της αντίστασης. Θα δοθεί επίσης μεγάλη έμφαση στη χρήση του στοιχείου του άνθρακα σε διάφορες εφαρμογές.

Ασφάλεια στο εργαστήριο

- Μπορούμε να προμηθευτούμε **σκόνη άνθρακα, γραφίτη ή σκόνη λιγνίτη** και να μην μπορούμε στη διαδικασία να πάρουμε άνθρακα από τις μπαταρίες αποφεύγοντας όλα τα παραπάνω αρκεί να είναι αγωγή υλικά.
- Για την ασφάλεια των ατόμων που θα παρασκευάσουν τα υλικά προτείνονται μάσκα εργασίας και γάντια.
- Η τοξικότητα του άνθρακα από τις ράβδους είναι πάρα πολύ μικρή αλλά κατά τη θραύση και κονιοποίηση δημιουργείται σκόνη άνθρακα καλό είναι να μην την εισπνεύσουμε.
- Οι ράβδοι μέσα στις μπαταρίες περιβάλλονται από οξείδιο του μαγγανίου ή του ψευδαργύρου που έχει κάποια τοξικότητα γιαυτό τη διαδικασία ανοίγματος της μπαταρίας την αναλαμβάνει ΜΟΝΟ ο εκπαιδευτικός.
- Οι μπαταρίες μπορεί να έχουν ηλεκτρολύτες γιαυτό ξεπλύνετε πολύ καλά τις ράβδους με νερό και τις σκουπίζουμε με χαρτί.

3. Προέκταση της εργασίας: Σχέδια του Πάμπλο Πικάσο με αγωγή πλαστελίνη

Ο Πάμπλο Πικάσο και ο Άλμπερτ Αϊνστάιν στην εισαγωγή του κυβισμού και της θεωρίας της σχετικότητας στην τέχνη και την επιστήμη αντίστοιχα επικεντρώνονται στη φύση του χώρου και στη σχέση μεταξύ αντίληψης και πραγματικότητας. Συγκεκριμένα ο Πικάσο προσπάθησε να ενσωματώσει την τέταρτη διάσταση στους πίνακες του επηρεαζόμενος από την κουλτούρα της εποχής στα πλαίσια ενός ευρύτερου πολιτιστικού μετασχηματισμού (Miller, 2001). Στον πίνακά του «Οι δεσποινίδες της Αβινιόν» ο θεατής βλέπει έναν πίνακα που αποτελείται από συγχωνευμένα θραύσματα των ταυτόχρονων απόψεων του θέματος από διάφορες διαφορετικές οπτικές γωνίες και χρονικές στιγμές.

Οι ασπρόμαυρες δημιουργίες του μεγάλου ζωγράφου ανέδειξαν μέσα από την απλότητά τους το ταλέντο και την ιδιοφυΐα του αποτυπώνοντας με μία πολύ καλά μελετημένη συνεχόμενη γραμμή εικόνες από τη φύση. Τα σχέδια αυτά λόγω της συνεχόμενης γραμμής με την οποία σχεδιάστηκαν μοιάζουν με καλώδια από ηλεκτρικά κυκλώματα.

Προς τιμή του μεγάλου ζωγράφου, αναπαράγοντας τα σχέδια αυτά με αγωγή πλαστελίνη είναι δυνατόν έργα τέχνης να εμφανίζουν ηλεκτρική αντίσταση. Η παρασκευή της αγωγικής πλαστελίνης είναι μια διαδικασία που μπορεί να γίνει στο εργαστήριο με πολύ απλά με υλικά:

Πειραματική διαδικασία

Υλικά:

Αγωγή πλαστελίνη (ανάμιξη πλαστελίνης με γραφίτη ή σκόνη άνθρακα)
Πλαστικοποιητής
Ζελατίνες πλαστικοποίησης
Κοπίδι
Φύλλο χαλκού

1. Απλώστε την πλαστελίνη ώστε να γίνει φύλλο
2. Κόψτε την πλαστελίνη σε λεπτές λωρίδες
3. Σχεδιάστε τις εικόνες χρησιμοποιώντας τις λωρίδες
4. Στα άκρα των σχεδίων ενσωματώστε μικρά τετράγωνα φύλλα χαλκού
5. Μετρήστε την αντίσταση με πολύμετρο
6. Συνδέστε την αντίσταση σε κύκλωμα



Εικόνα 10 Κύκλωμα με αγώγιμη πλαστελίνη

4. Συζήτηση

Έννοιες και εργαλεία όπως STEM, STEAM, ρομποτική, αισθητήρες, μικροελεγκτές, 3D printers έχουν έρθει στην επιφάνεια στην εκπαίδευση και δημιουργείται μια νέα κουλτούρα η οποία έχει ως στόχο τον εκσυγχρονισμό γενικά και την αποφυγή της παραδοσιακής διδασκαλίας. Αυτά τα εργαλεία δεν είναι πανάκεια όταν αναφερόμαστε στην εφαρμογή της νέας μεθόδου STEM και μπορούμε να διδάξουμε αντικείμενα των φυσικών επιστημών με απλά υλικά και υλικά καθημερινής χρήσης χωρίς να επωμιζόμαστε το μεγάλο κόστος των εργαλείων αυτών.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θέτει τους στόχους για ποιοτική εκπαίδευση και το ποσοστό των αδύνατων μαθητών να μην υπερβαίνουν το 15% του συνόλου, δείκτης που καταγράφεται από το PISA Test. Πώς λοιπόν θα μειώσουμε το ποσοστό αυτό αν τα εργαλεία που «διαφημίζονται» είναι πολύπλοκα και απευθύνονται σε πολύ καλούς μαθητές;

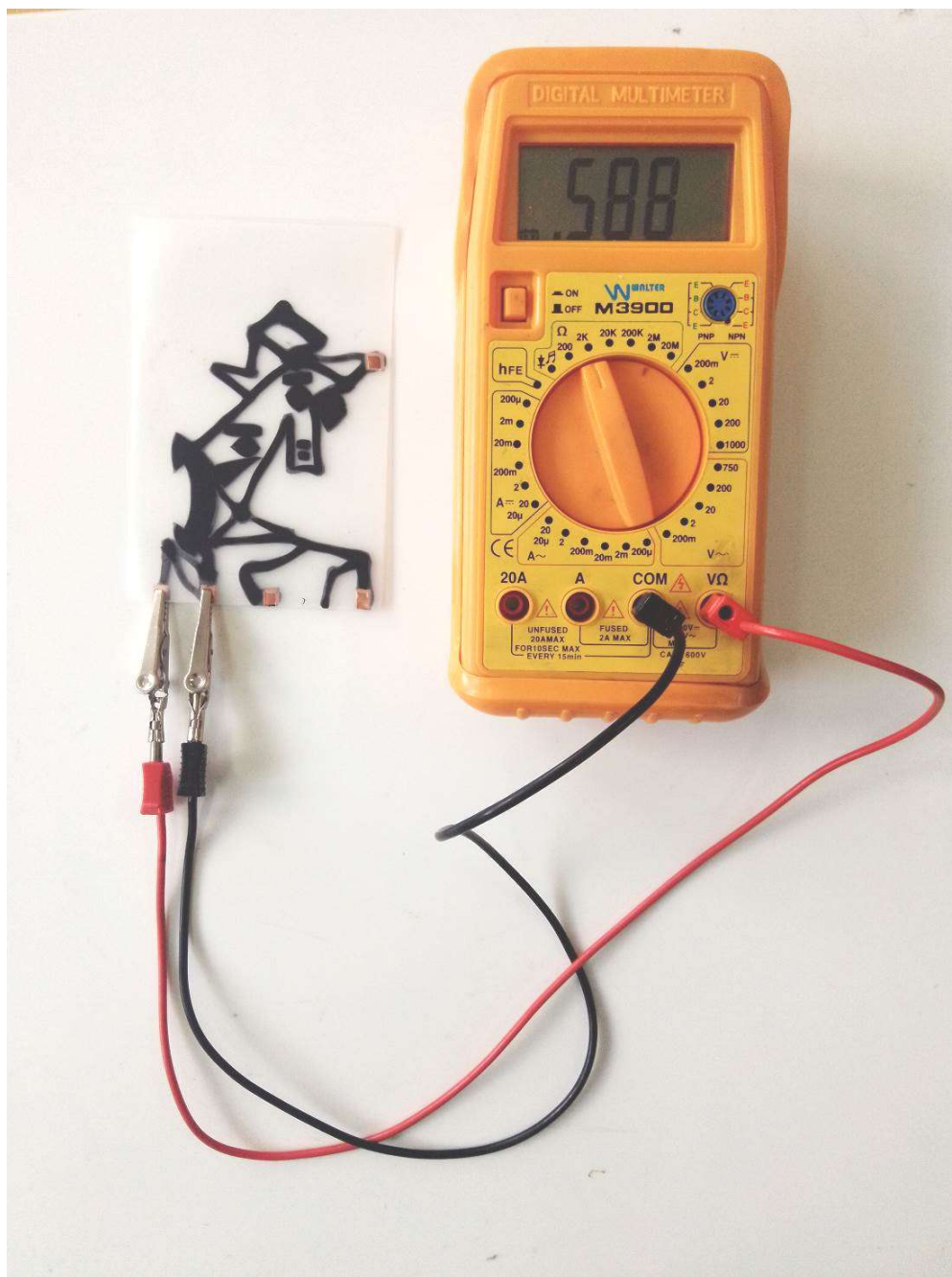
Στην εργασία συμμετείχαν μαθητές με προσφυγικό υπόβαθρο που ανταποκρίθηκαν πολύ καλά στην εκπαιδευτική δραστηριότητα. Για να ανταποκριθούν στις ανάγκες της εργασίας

οικοδομήθηκε περιβάλλον με τα γνωρίσματα της φροντίδας, της στήριξης και της αμοιβαίας εμπιστοσύνης και με προϋπόθεση τη δημιουργία σχέσης διαπολιτισμικής συνύπαρξης, αλληλεπίδρασης και μάθησης. Η διαδικασία ένταξης προσφύγων/μεταναστών μαθητών συνιστά για κάθε σχολείο μια σημαντική παιδαγωγική πρόκληση ανάπτυξής του σε μια διαπολιτισμική προοπτική. (ΙΕΠ, 2019)

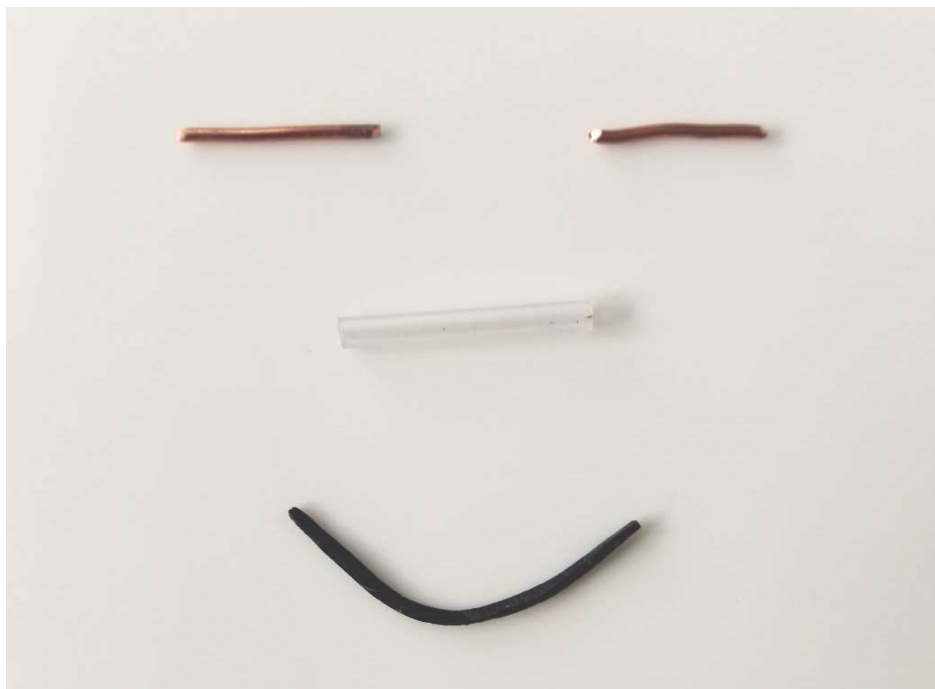
Βιωσιμότητα στην εκπαίδευση STEM θα υπάρξει αν η διδασκαλία απευθύνεται σε όλους τους μαθητές όλων των επιπέδων και με γνώμονα τη συμπεριληπτική κουλτούρα και τη μαθησιακή ένταξη δίνοντας τους την ευκαιρία να μάθουν με διασκεδαστικό και ουσιαστικό τρόπο μέσα από πειραματικές δραστηριότητες τα φαινόμενα των φυσικών επιστημών με πολύ μικρό κόστος για τα σχολεία και για τα εκπαιδευτικά συστήματα.



Εικόνα 11 Μέτρηση Αντίστασης



Εικόνα 12 Μέτρηση Αντίστασης



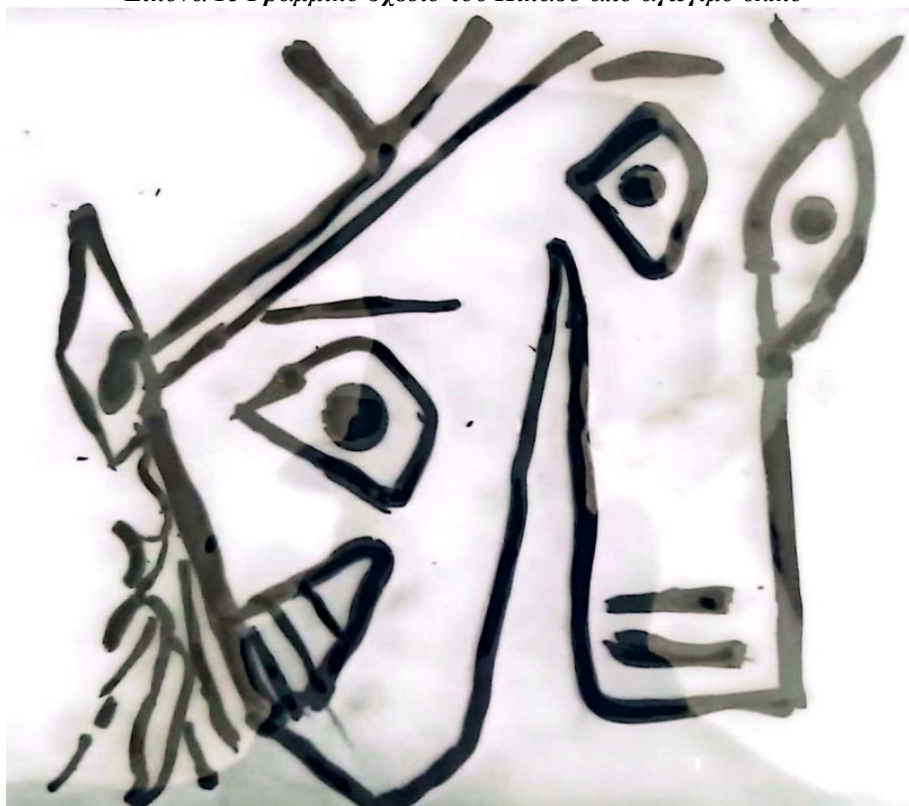
Εικόνα 13 Απλά υλικά κατασκευής αντίστασης



Εικόνα 14 Γραμμικό σχέδιο του Πικάσο από αγωγίμο υλικό



Εικόνα 15 Γραμμικό σχέδιο του Πικάσο από αγώγιμο υλικό



Εικόνα 16 Γραμμικό σχέδιο του Πικάσο από αγώγιμο υλικό



Εικόνα 17 Γραμμικό σχέδιο του Πικάσο από αγωγίμο υλικό



Εικόνα 18 Γραμμικό σχέδιο του Πικάσο από αγωγίμο υλικό



Εικόνα 19 Γραμμικό σχέδιο του Πικάσο από αγώγιμο υλικό



Εικόνα 20 Σύνδεση του γραμμικού σχεδίου σε κύκλωμα

Βιβλιογραφία

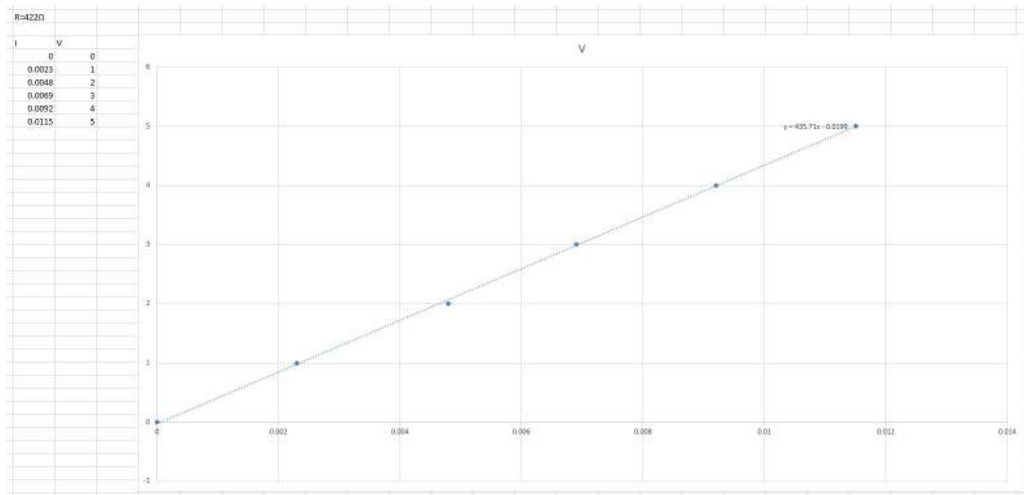
- EUROPEAN COUNCIL RECOMMENDATION on Pathways to School Success, European Council 2022
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52022DC0316>
- United Nations, SDG Goal 4, Education, Unesco 2015
<https://sdgs.un.org/topics/education>
- The Galvanic Circuit Investigated Mathematically, William Francis, 1850
<https://ia802704.us.archive.org/8/items/galvaniccircuit00lockgoog/galvaniccircuit00lockgoog.pdf>
- STEM Education & the PISA Test, 2018
https://journal.educircle.gr/images/teuxos/2020/teuxos3/teyxos_8_3_11.pdf
- Low achievers, teaching practices and learning environment, JRC 2018
https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC113499/jrc113499_report_low_achievers_teaching_practices_final.pdf
- Physics, Greek Junior High School, ITYE 2011
http://ebooks.edu.gr/ebooks/v/html/8547/2226/Fysiki_G-Gymnasiou_html-empl/index2.html
- Chemistry, Greek Junior High School, ITYE 2011
http://ebooks.edu.gr/ebooks/v/html/8547/2208/Chimeia_G-Gymnasiou_html-empl/index2_4.html
- PISA 2018 Released Field Trial and Main Survey New Reading Items, OECD 2019
https://www.oecd.org/pisa/test/PISA2018_Released_REA_Items_12112019.pdf
- Einstein, Picasso: Space, Time, and the Beauty That Causes Havoc
<https://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/1.1445548#:~:text=The%20suggestion%20that%20some%20connection,for%20lack%20of%20plausible%20evidence>
- Les Demoiselles d'Avignon
https://en.wikipedia.org/wiki/Les_Demoiselles_d%27Avignon
- Graphene has ultra high piezoresistive gauge factor
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6170262>
- Graphene: Status and Prospects
<https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.1158877>
<https://www.youtube.com/watch?v=g74Lvt1dYR8>
- Piezoresistance Effect in Germanium and Silicon
<https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRev.94.42#:~:text=Uniaxial%20tension%20causes%20a%20change,and%20two%20simple%20shear%20coefficients>
- Scientix
http://www.scientix.eu/documents/10137/782005/Scientix_Texas-Instruments_STEM-policies-October-2018.pdf/d56db8e4-cef1-4480-a420-1107bae513d5
- Scientix 2022
http://files.eun.org/scientix/Bilgin_et_al_2022_STEM_in_the_Future_Final-to-publish-2.pdf
- Einstein, Picasso: Space, Time, and the Beauty That Causes Havoc
<https://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/1.1445548#:~:text=The%20suggestion%20that%20some%20connection,for%20lack%20of%20plausible%20evidence>
- The Fourth Dimension in Painting: Cubism and Futurism

<https://pavlopoulos.wordpress.com/2011/03/19/painting-and-fourth-dimension-cubism-and-futurism/>

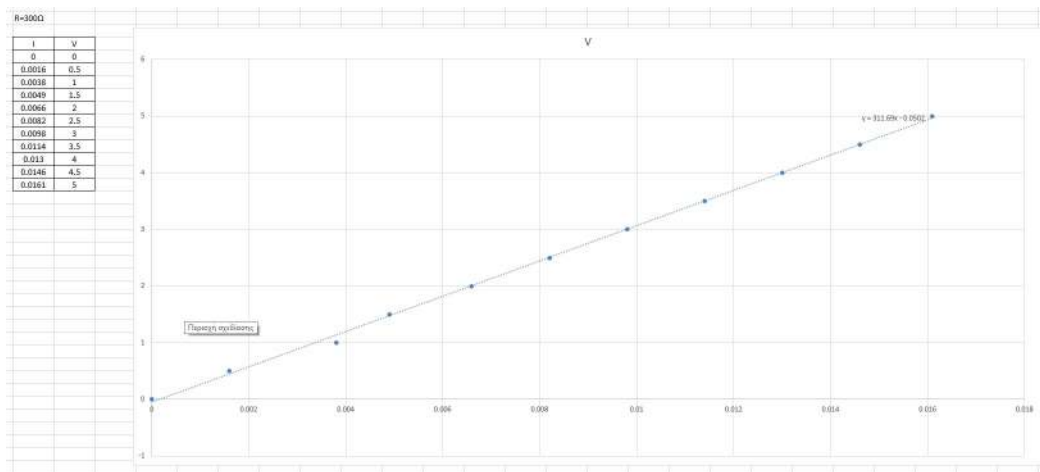
- Pablo Picasso Line Drawings
<https://www.pablocicasso.net/drawings/>
- Παρεμβάσεις επιμόρφωσης για την ενίσχυση των σχολικών δομών του εκπαιδευτικού συστήματος
http://iep.edu.gr/images/IEP/EPISTIMONIKI_YPIRESIA/Epist_Monades/A_Kyklos/Diapolitismiki/2019/04_10_2019/odigos_ekpaideftikou_g_tomos_gymnasio.pdf

Παράρτημα

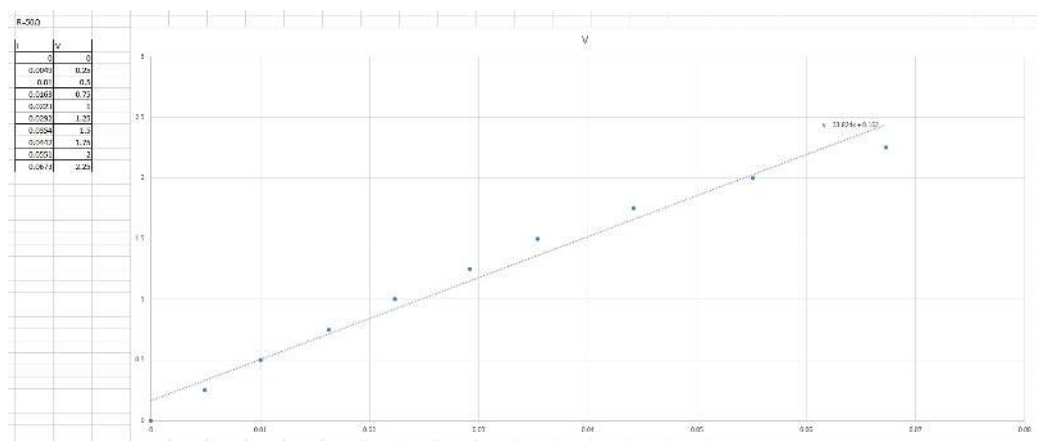
1. Αντίσταση με σκόνη άνθρακα 422Ω



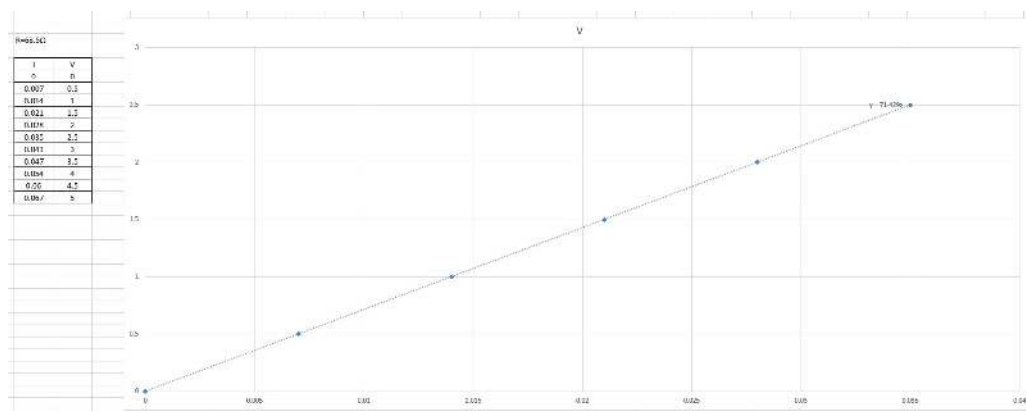
2. Αντίσταση με σκόνη λιγνίτη 300Ω



3. Αντίσταση με σκόνη γραφίτη 50Ω



4. Πλαστελίνη με γραφίτη



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

Deus Ex Machina – Ο από μηχανής Θεός

*Μαθητές: Δάφνη Σιδεράκη, Ανθή Κοσμά, Πρότυπο Λύκειο Ηρακλείου Κρήτης,
Κωνσταντίνος Κανακούδης, Κολλέγιο Ανατόλια Θεσσαλονίκη
Νεφέλη Άρχου, Φαίδρα Άρχου και Αλέξανδρος Πετράκης Μουσικό Σχολείο Ηρακλείου
Κρήτης*

Υπεύθυνοι καθηγητές:

*Αστρινός Τσουτσουδάκης, Φυσικός, Υπεύθυνος 1^{ου} Ε.Κ.Φ.Ε. Ηρακλείου Κρήτης
[astrinos\[a\]live.com](mailto:astrinos[a]live.com)*

*Αναστασία Παπακωνσταντίνου, Βιολόγος, Συνεργάτης 1^{ου} 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)

(Έπαινος 12^{ου} Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών)

Περίληψη

Η “γεωργία ακριβείας” (precision agriculture) είναι απαραίτητη για την ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων που έχει η αύξηση του πληθυσμού στη γεωργία. Με την παρακολούθηση των μεταβολών σε δείκτες όπως ο NDVI, είναι δυνατόν να εντοπιστούν έγκαιρα σημάδια υδατικής καταπόνησης στα φυτά, γεγονός που μπορεί να βοηθήσει τους αγρότες να προσαρμόσουν τα προγράμματα άρδευσης. Ο NDVI που προσδιορίζεται από το διάστημα μπορεί να είναι ευαίσθητος σε ορισμένες ατμοσφαιρικές επιδράσεις. Τα UAV μπορούν να πετάξουν αρκετά χαμηλά ώστε οι ατμοσφαιρικές επιδράσεις να μην προκαλούν πρόβλημα, αλλά δεν είναι τόσο προσιτά και έχουν κανονισμούς που περιορίζουν τη χρήση τους. Οι χαρταετοί ανεβαίνουν σε χαμηλότερα υψόμετρα, είναι φιλικό προς το περιβάλλον, εύκολοι στην κατασκευή και την πτήση, χαμηλού κόστους, αποτελούν μέρος της κουλτούρας πολλών χωρών και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την άμεση λήψη μετρήσεων, χωρίς να περιμένουν να φτάσει ένας δορυφόρος στην επιθυμητή θέση.

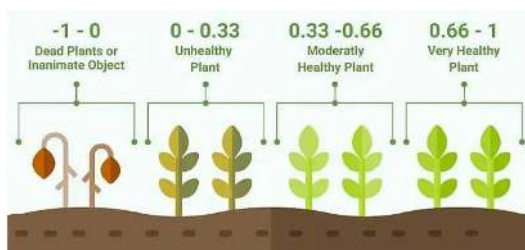
Abstract

Precision agriculture is essential in order to minimize the negative effects that population growth has on agriculture. By monitoring changes in indices like NDVI, it is possible to detect early signs of water stress in plants, which can help farmers adjust their irrigation schedules. NDVI determined from space can be sensitive to certain atmospheric effects. UAVs can fly low enough that the atmospheric effects do not cause an issue, but they aren't that affordable and have regulations that restrict their usage. Kites rise in lower altitudes, are ecofriendly, easy to build and fly, low-cost, a part of many countries' culture and can be used to get immediate measurements, not waiting for a satellite to get to the desired position.

Εισαγωγή

Η «γεωργία ακριβείας» (precision agriculture) είναι μια πρωτοποριακή μέθοδος καλλιέργειας που συνδυάζει τις επιστημονικές γνώσεις με την τεχνολογία, στοχεύοντας στη βέλτιστη παραγωγή αγροτικών προϊόντων μέσω της λογικής χρήσης των φυσικών πόρων. Η βασική αρχή είναι η χρήση νέων τεχνολογιών που θα παρέχουν δεδομένα έγκαιρα και με ακρίβεια για τη λήψη αποφάσεων που θα ενισχύουν την αποδοτικότητα και τη βιωσιμότητα των καλλιεργειών. Με τη συνεχή εξέλιξη των τεχνολογικών μέσων, η «γεωργία ακριβείας» καθίσταται μια αναγκαία πρακτική για την αντιμετώπιση των σύγχρονων γεωργικών προκλήσεων.

Η ιδέα της χρήσης τεχνολογιών για τη βελτίωση των γεωργικών πρακτικών δεν είναι καινούρια. Κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, οι σύμμαχοι χρησιμοποίησαν τεχνικές αεροφωτογράφισης για να ανιχνεύσουν τα γερμανικά τανκ που είχαν καμουφλαριστεί μέσα στη βλάστηση. Αυτή η προσέγγιση ενέπνευσε τον Dr. J. Rouse το 1973 να αναπτύξει τον Δείκτη Κανονικοποιημένης Διαφοράς Βλάστησης - **Normalized Difference Vegetation Index** (NDVI), έναν δείκτη που επιτρέπει την ανίχνευση της φυτικής υγείας και του στρες των φυτών μέσω της ανάλυσης της υπέρυθρης ακτινοβολίας που απορροφά η χλωροφύλλη. Ο NDVI υπολογίζεται με τον τύπο: $(NIR - Red) / (NIR + Red)$, όπου οι τιμές κυμαίνονται από -1 έως 1, με τις υψηλότερες τιμές να υποδηλώνουν υγιή βλάστηση.



Εικόνα 1: Τιμές του δείκτη NDVI και υγεία των φυτών (<https://www.cropin.com/blogs/ndvi-normalized-difference-vegetation-index>)

Επίσης προσφέρει μια σειρά από πλεονεκτήματα, όπως η μείωση της σπατάλης φυσικών πόρων, η αύξηση της αποδοτικότητας των καλλιεργειών και η βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων. Ένα παράδειγμα τέτοιας εφαρμογής είναι η χρήση του δείκτη NDVI από τη NASA, που μέσω δορυφόρων υπολογίζει την υγεία των καλλιεργειών σε μεγάλη κλίμακα. Παρά τα σημαντικά οφέλη, η δορυφορική παρακολούθηση αντιμετωπίζει περιορισμούς, όπως οι καιρικές συνθήκες που μπορεί να επηρεάσουν την ποιότητα των εικόνων.



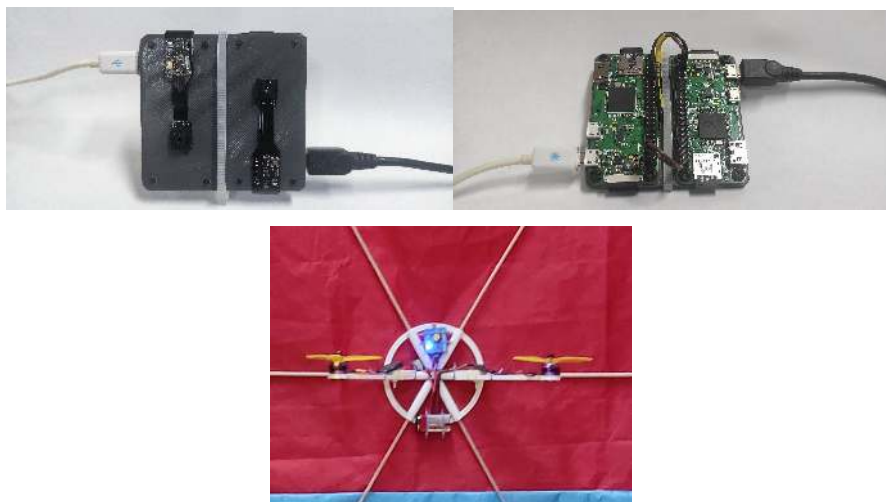
Εικόνα 2 : Ο χαρταετός μας εξοπλισμένος με κινητήρες, κάμερες, αισθητήρες θερμοκρασίας, βαρομετρικής πίεσης και φωτεινότητας

Περιγραφή εργασίας

Η «γεωργία ακριβείας» χρησιμοποιεί την επιστήμη και την τεχνολογία για να παρέχει στους γεωργούς τα απαραίτητα εργαλεία για την έγκαιρη ανίχνευση του στρες στα φυτά, τα οποία μπορούν να τους βοηθήσουν να κάνουν άμεσες προσαρμογές στη διαχείριση των καλλιεργειών τους. Η NASA χρησιμοποιεί δορυφόρους για την παροχή θερμικών εικόνων - χαρτών των αγρών. Αν και αυτοί οι θερμικοί χάρτες αποτελούν ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για τον υπολογισμό δεικτών όπως ο NDVI, ο οποίος δείχνει πόσο υγιές είναι ένα φυτό, οι δορυφόροι μπορεί να έχουν περιορισμούς στην απόδοση, καθώς η διαθεσιμότητα και η ποιότητα των εικόνων μπορεί να επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες (βροχή, νεφοκάλυψη, ομίχλη ή ρύπανση). Έτσι, επιλέξαμε να κατασκευάσουμε έναν χαρταετό που μπορεί να πετάξει όποτε χρειάζεται, χαμηλότερα από τη νεφοκάλυψη, δεν έχει περιορισμούς πτήσης και είναι εύκολος στο χειρισμό. Στόχος είναι να μπορούμε να λαμβάνουμε εικόνες που είναι εύκολα κατανοητές, ώστε οι αγρότες να έχουν άμεσα δείγματα που θα τους βοηθήσουν να μεγιστοποιήσουν την ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων όπως το νερό στις καλλιέργειές τους και να ελαχιστοποιήσουν τις μη βιώσιμες πρακτικές.

Επιλέξαμε να φτιάξουμε έναν εξάγωνο χαρταετό, καθώς είναι ένα από τα πιο αναγνωρισμένα σχήματα χαρταετού και το πιο συνηθισμένο σχήμα που συναντάται σε πολλές παραδόσεις. Για παράδειγμα, η κινεζική παράδοση της κατασκευής και του πετάγματος χαρταετών έχει καταγραφεί στον Αντιπροσωπευτικό Κατάλογο της Άυλης Πολιτιστικής Κληρονομιάς της Ανθρωπότητας της UNESCO το 2005 και το ίδιο ισχύει και για τους χαρταετούς στο καρναβάλι της Barranquilla στην Κολομβία το 2008.

Για να διασφαλίσουμε ότι ο χαρταετός μας θα πετάξει ακόμη και σε συνθήκες έλλειψης ανέμου, τον εξοπλίσαμε με δύο ισχυρούς κινητήρες που μπορούν να τον σηκώσουν ψηλά. Η καρδιά του χαρταετού μας είναι δύο ελεγχόμενες κάμερες Raspberry Pi, στη μία από τις οποίες έχει αφαιρεθεί το φίλτρο IR. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να λαμβάνουμε κανονικές και υπέρυθρες εικόνες των καλλιεργειών μας, τις οποίες θα αναλύσουμε για να διαπιστώσουμε αν οι καλλιέργειές μας είναι υγιείς ή αν χρειάζονται άμεση αντιμετώπιση.

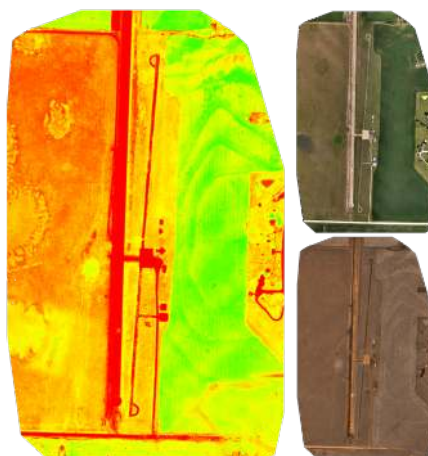


Εικόνες 3, 4 και 5: Η «καρδιά» του χαρταετού (δύο μικροελεγκτές, κάμερες, αισθητήρες και κινητήρες)

Η χρήση ενός κόκκινου φίλτρου κατά την ανάλυση της εικόνας που λαμβάνεται με ορατό φως μπορεί να βοηθήσει στην ενίσχυση της αντίθεσης ορισμένων χρωμάτων, διευκολύνοντας τη διάκριση διαφορετικών τύπων βλάστησης. Για παράδειγμα, η υγιής βλάστηση εμφανίζεται ως αποχρώσεις του κόκκινου, ενώ η καταπονημένη ή νεκρή βλάστηση εμφανίζεται ως αποχρώσεις του καφέ ή του γκρι. Ωστόσο, ένα κόκκινο φίλτρο από μόνο του μπορεί να μην παρέχει αρκετές πληροφορίες για την πλήρη κατανόηση των προκλήσεων της βλάστησης.

Η αφαίρεση του φίλτρου υπέρυθρης ακτινοβολίας από μια κάμερα μπορεί ενδεχομένως να παρέχει περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τις προκλήσεις της βλάστησης, καθώς επιτρέπει σε περισσότερο υπέρυθρο φως να περάσει από το φακό και να φτάσει στον αισθητήρα της κάμερας. Το υπέρυθρο φως είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για την ανάλυση της βλάστησης, καθώς απορροφάται έντονα από τη χλωροφύλλη, τη χρωστική ουσία που είναι υπεύθυνη για τη φωτοσύνθεση στα φυτά. Ανιχνεύοντας την ποσότητα του υπέρυθρου φωτός που ανακλάται από τη βλάστηση, είναι δυνατόν να προσδιοριστούν τα επίπεδα υγείας και στρες των φυτών.

Για να προσδιορίσουμε αν τα φυτά είναι καταπονημένα, συγκρίνουμε τις δύο εικόνες που έχουμε λάβει. Η εικόνα με το κόκκινο φίλτρο θα καταγράψει το εγγύς υπέρυθρο φως (NIR) που ανακλάται από τη βλάστηση, ενώ η εικόνα που ελήφθη χωρίς το φίλτρο IR δεν θα καταγράψει. Τα στρεσαρισμένα φυτά θα έχουν διαφορετικά μοτίβα ανάκλασης στο φάσμα του κόκκινου και του υπέρυθρου σε σύγκριση με τα υγιή φυτά, οπότε μπορούμε να αναζητήσουμε διαφορές στην ποσότητα του υπέρυθρου που ανακλάται από τη βλάστηση μεταξύ των δύο εικόνων.



Εικόνα 6 : Ένας ορθομωσαϊκός χάρτης NDVI ενός διαδρόμου προσγείωσης κι ενός κοντινού χωραφιού (αριστερά) κατασκευάζεται από συνδυασμό εικόνων RGB (πάνω δεξιά) και NIR (κάτω δεξιά). Οι χάρτες NDVI απεικονίζουν την κλίμακα -1 έως 1 ως χρώματα αντιληπτά από το ανθρώπινο μάτι, καθιστώντας τις διακυμάνσεις στην υγεία των καλλιεργειών πιο εμφανείς από ό,τι οι τυπικές φωτογραφίες.

(<https://botlink.com/blog/discover-ndvi-and-its-valuable-uses-in-agriculture>)

Μια κοινή μέθοδος που χρησιμοποιείται για αυτό το είδος ανάλυσης είναι ο δείκτης κανονικοποιημένης διαφοράς βλάστησης (NDVI), ο οποίος υπολογίζεται ως $(\text{NIR} - \text{κόκκινο}) / (\text{NIR} + \text{κόκκινο})$. Ο δείκτης που προκύπτει κυμαίνεται από -1 έως 1, με υψηλότερες τιμές να υποδηλώνουν υγιέστερη βλάστηση.

Ακολουθούν τα βήματα για τον υπολογισμό των τιμών NIR και Red στο ImageJ:

1. Ανοίξτε τη φωτογραφία που θέλετε να αναλύσετε στο ImageJ.
2. Μεταβείτε στο μενού "Image" (Εικόνα) και επιλέξτε "Color" (Χρώμα) και στη συνέχεια "Split Channels" (Διαχωρισμός καναλιών). Αυτό θα διαχωρίσει τη φωτογραφία στα κόκκινα, πράσινα και μπλε χρωματικά κανάλια της.
3. Επιλέξτε το κόκκινο κανάλι κάνοντας κλικ πάνω του στο παράθυρο "Channels". Η εικόνα θα εμφανίζει πλέον μόνο το κόκκινο κανάλι.
4. Μεταβείτε στο μενού "Επεξεργασία" και επιλέξτε "Βελτίωση αντίθεσης". Αυτό θα ρυθμίσει τη φωτεινότητα και την αντίθεση της εικόνας για να γίνει ευκολότερη η ανάλυσή της.
5. Επαναλάβετε τα βήματα 3 και 4 για την εικόνα NIR.
6. Μεταβείτε στο μενού "Process" (Επεξεργασία) στο επάνω μέρος του παραθύρου του ImageJ
7. Επιλέξτε "Image Calculator" (Υπολογιστής εικόνας) από το μενού "Process" (Επεξεργασία). Θα εμφανιστεί το παράθυρο διαλόγου "Image Calculator".
8. Στο πλαίσιο "Image Calculator", θα δείτε δύο πεδία εισαγωγής με την ένδειξη "Image 1" και "Image 2"
9. Στο πεδίο "Image 1", επιλέξτε τη φωτογραφία NIR (που έχετε λάβει μετά τα βήματα 3 και 4)
10. Στο πεδίο "Image 2" (Εικόνα 2), επιλέξτε τη φωτογραφία με το κόκκινο φίλτρο (που έχετε λάβει μετά τα βήματα 3 και 4).
11. Κάτω από τα πεδία εισαγωγής, θα βρείτε μια σειρά από κουμπιά επιλογής για την επιλογή της λειτουργίας. Επιλέξτε "Divide" (Διαίρεση) από τις επιλογές
12. Βεβαιωθείτε ότι έχουν επιλεγεί οι επιλογές "Create new window" (Δημιουργία νέου παραθύρου) και "32-bit float result" (Αποτέλεσμα 32-bit float)
13. Κάντε κλικ στο κουμπί "OK" για να εκτελέσετε τον υπολογισμό
14. Αφού κάνετε κλικ στο κουμπί "OK", θα εμφανιστεί ένα νέο παράθυρο εικόνας, το οποίο θα εμφανίζει την προκύπτουσα εικόνα NDVI. Αυτή η εικόνα αντιπροσωπεύει τις υπολογισμένες τιμές NDVI που κυμαίνονται από -1 έως 1.

Το υδατικό στρες είναι ένας από τους παράγοντες που μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη και την υγεία των καλλιεργειών μας. Όταν τα φυτά αντιμετωπίζουν υδατικό στρες, τα φύλλα τους τείνουν να γίνονται λιγότερο πυκνά και λιγότερο πράσινα, τα στόματα κλείνουν προκειμένου να μειώσουν την ταχύτητα της διαπνοής, προσπαθώντας να διατηρήσουν όσο το δυνατόν περισσότερο νερό μπορούν, με αποτέλεσμα χαμηλότερες τιμές NDVI. Τα στόματα των φύλλων επιτρέπουν στο φυτό να προσαρμόζεται γρήγορα στα μεταβαλλόμενα βιοτικά και αβιοτικά ερεθίσματα. Η ξηρασία περιορίζει επίσης τη φωτοσύνθεση, η οποία μειώνει την ποσότητα της χλωροφύλλης στα φύλλα, οδηγώντας σε μείωση της απορρόφησης του ορατού φωτός και αύξηση της ανάκλασης του εγγύς υπέρυθρου φωτός. Η υγιής βλάστηση απορροφά την ενέργεια του μπλε και του κόκκινου φωτός για να τροφοδοτήσει τη φωτοσύνθεση και να δημιουργήσει χλωροφύλλη. Υπάρχει ένας συνεχής συμβιβασμός μεταξύ της μεγιστοποίησης των κερδών από τη φωτοσύνθεση και της ελαχιστοποίησης της απώλειας νερού, επομένως, η ανάλυση του φάσματος ενός φυτού τόσο της απορρόφησης όσο και της ανάκλασης στο ορατό και στο υπέρυθρο μήκος κύματος μπορεί να παρέχει πληροφορίες σχετικά με την υγεία και την παραγωγικότητα του φυτού.

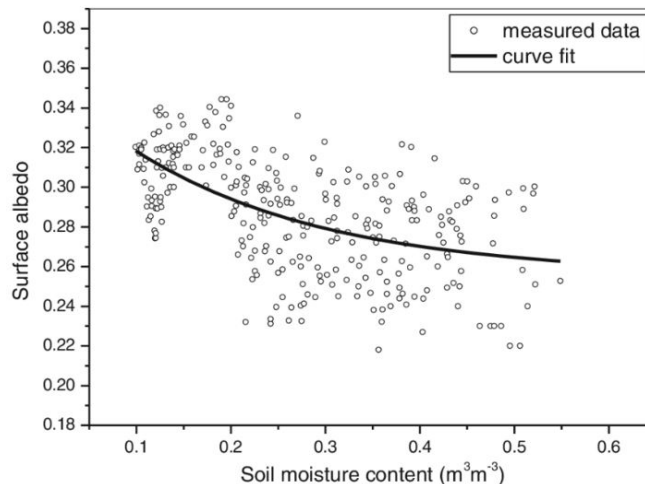


Εικόνα 7: Ένα φυτό με περισσότερη χλωροφύλλη θα αντανακλά περισσότερη ενέργεια στο εγγύς υπέρυθρο από ένα μη υγιές φυτό.
(<https://botlink.com/blog/discover-ndvi-and-its-valuable-uses-in-agriculture>)

Η λευκαύγεια (albedo) είναι επίσης μια σημαντική παράμετρος για την παρακολούθηση σχετικά με την υδατική καταπόνηση των φυτών. Η λευκαύγεια είναι το κλάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλάται πίσω από μια επιφάνεια. Μια επιφάνεια με υψηλό albedo αντανακλά περισσότερη ακτινοβολία και απορροφά λιγότερη, ενώ μια επιφάνεια με χαμηλό albedo αντανακλά λιγότερη ακτινοβολία και απορροφά περισσότερη. Η λευκαύγεια επηρεάζεται βασικά από τη θέση του ήλιου (όσο χαμηλότερη είναι η γωνία του ήλιου, τόσο υψηλότερη είναι η λευκαύγεια). Επηρεάζεται επίσης από διάφορους παράγοντες, όπως το είδος της βλάστησης που καλύπτει το έδαφος και η περιεκτικότητα του εδάφους σε υγρασία και οργανική ουσία. Το πιο σημαντικό είναι ότι αν η περιεκτικότητα του εδάφους σε υγρασία αυξάνεται, αυξάνεται και το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται. Η λευκαύγεια υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τον τύπο:

$\text{Albedo} = \text{Ανάκλαση (ορατή)} + \text{Ανάκλαση (UV)} + \text{Ανάκλαση (IR)}$

Οι τιμές της λευκαύγειας κυμαίνονται από 0 έως 1 ή από 0% έως 100% (πρέπει να κανονικοποιηθούν). Μια τιμή 0 αντιπροσωπεύει μια τέλεια απορροφητική επιφάνεια που δεν αντανακλά καθόλου φως, ενώ μια τιμή 1 αντιπροσωπεύει μια τέλεια ανακλαστική επιφάνεια που αντανακλά όλο το προσπίπτον φως. Για παράδειγμα, μια επιφάνεια με albedo 0,3 αντανακλά το 30% του εισερχόμενου φωτός και απορροφά το υπόλοιπο 70%. Σύμφωνα με αυτό, αναμένουμε τιμές albedo κοντά στο 1 όταν το έδαφος είναι ξηρό.



Daily average surface albedo versus soil moisture content at 5 cm depth.

Εικόνα 8 : Μέτρηση λευκαύγειας σε σχέση με την υγρασία του εδάφους

(<https://www.researchgate.net/publication/273756352> Influence of soil moisture content on surface albedo and soil thermal parameters at a tropical station)

Ο χαρταετός μας πέταξε πάνω από ένα χωράφι με ελαιόδεντρα, όπου δοκιμάσαμε τις κάμερες και τους άλλους αισθητήρες. Οι φωτογραφίες που ελήφθησαν στη συνέχεια αναλύθηκαν με το ImageJ ακολουθώντας τις οδηγίες που έχουν αναφερθεί προηγουμένως. Η υπολογιζόμενη τιμή NDVI σε αυτή την περιοχή ήταν 0,7, υποδεικνύοντας ότι τα ελαιόδεντρα είναι υγιή και δεν παρουσιάζουν σημάδια στρες.



Εικόνα 9: Red filter



Εικόνα 10: NIR Εικόνα 11: The result image for calculating NDVI

Αντίστοιχα τα αποτελέσματα που πήραμε για την λευκαύγεια (albedo), όπως φαίνεται παρακάτω, έχουν μια μικρή διακύμανση σε διάφορες περιοχές του χωραφιού, αλλά είναι όλα κοντά στο 0 υποδεικνύοντας υγρό έδαφος.

Πίνακας Α: Στοιχεία δειγματοληψίας

UV	Visible	Infrared	Normalized UV	Normalized Visible	Normalized Infrared	Albedo
1,11	458	2904	0	0	0	0
1,14	472	2978	0,00187383	0,00467758	0,00352969	0,010081
1,13	461	3004	0,00124922	0,00100234	0,00476985	0,007021
1,17	487	3140	0,00374766	0,00968927	0,01125686	0,024694
1,43	511	3483	0,01998751	0,01770799	0,02761746	0,065313

Ένας αισθητήρας βαρομετρικής πίεσης προστέθηκε στον χαρταετό και τον μετέτρεψε κατά κάποιο τρόπο σε έναν μίνι μετεωρολογικό σταθμό. Εάν οι αγρότες γνωρίζουν ότι η βαρομετρική πίεση είναι χαμηλή, μπορούν να προβλέψουν ότι έρχεται βροχή, οπότε γνωρίζουν ότι δεν χρειάζεται να ποτίσουν τα φυτά, ακόμη και αν έχουν εντοπίσει υδατικό στρες κατά την ανάλυση των τιμών NDVI και albedo. Η αποφυγή της περιττής άρδευσης είναι μια βιώσιμη και οικονομική πρακτική.

Βιβλιογραφία

Thermal, NIR cameras and imaging:

- Danielse J, AMG8833 Thermal Camera, April 2022, (<https://projecthub.arduino.cc/jdanielse/amg8833-thermal-camera-1dfb5a>)
- Gustavo Pereyra Irujo, IRimage: open source software for processing images from infrared thermal cameras, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) Balcarce, Buenos Aires, Argentina, May 2022
- Midopt, <https://midopt.com/healthy-crop/> (access May 2023)
- Pineda M., Thermal Imaging for Plant Stress Detection and Phenotyping , Special Issue Plant Phenotyping for Disease Detection, December 2020, (<https://www.mdpi.com/2072-4292/13/1/68>)
- Ritter M., Build your own thermal camera with an open source ecosystem <https://www.diy-thermocam.net/> (access May 2023)
- Roselyne Ishimwe, Khaled Abubakr Ali Abutaleb, Applications of Thermal Imaging in Agriculture - A Review, Advances in Remote Sensing, September 2014, 3(3):128-140
- Steddom K., A Picture Is Worth A Thousand Words – Aerial Photography and Plant Disease, https://www.apsnet.org/edcenter/resources/archive/NewsViews/Pages/2006_05.aspx (access May 2023)

Image processing software:

Gunjan Shah, Sagar Shirke, Palm vein pattern-based biometric recognition system, International Journal of Computer Applications in Technology January 2015, 51(2):105 (https://www.researchgate.net/figure/Steps-for-removing-IR-filter-from-the-web-cam-see-online-version-for-colours_fig2_276169628)

Agriculture and plant stress:

- Bonny Stutsel, Kasper Johansen, Detecting Plant Stress Using Thermal and Optical Imagery From an Unoccupied Aerial Vehicle, Front. Plant Sci., October 2021, Sec. Technical Advances in Plant Science, Volume 12 - 2021, <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.734944>
- Cropin team, NDVI and its Practical Applications in Agriculture, December 2021, [https://www.cropin.com/blogs/ndvi-normalized-difference-vegetation-index\(access](https://www.cropin.com/blogs/ndvi-normalized-difference-vegetation-index(access) May 2023)
- Fadji Z. Maina, Sujay V. Kumar & Chandana Gangodagamage , Irrigation and warming drive the decreases in surface albedo over High Mountain Asia, Scientific Reports volume 12, Article number: 16163 (2022)

- Li Tian *et al* 2014 *Environ. Res. Lett.* 9 104001 DOI 10.1088/1748-9326/9/10/104001, October 2014 (<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/9/10/104001>)
- National Aeronautics and Space Administration, Science Mission Directorate. (2010). Reflected Near-Infrared Waves. Retrieved [*insert date - e.g. August 10, 2016*], from NASA Science website: http://science.nasa.gov/ems/08_nearinfraredwaves
- Renuka G, Influence of soil moisture content on surface albedo and soil thermal parameters at a tropical station, July 2014, *Journal of Earth System Science* 123(5):1115-1128

Kite making techniques:

- Dang, T.P.A. (2021). Kite Flying as Intangible Cultural Heritage in Vietnam: Embodied in the Community or Appropriating Culture?. In: Gillen, J., Kelley, L.C., Le Ha, P. (eds) *Vietnam at the Vanguard. Asia in Transition*, vol 15. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-5055-0_9
- UNESCO, Representative List of the Intangible Cultural Heritage of Humanity <https://ich.unesco.org/doc/src/06859-EN.pdf> (access May 2023)
- Ψυλλάκη Δέσποινα, Οδηγίες πώς να φτιάξετε (σιγοτραγουδώντας) χειροποίητο χαρταετό! <https://www.ogdoo.gr/diskografia/stigmes/odigies-pos-na-ftiaksete-sigotragoudontas-xeiropoiito-xartaeto> (access May 2023)

*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στους συγγραφείς.



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Greece
Science on Stage Festival 2024, Turku, Finland

Seewache – Ο φρουρός της θάλασσας

*Μαθητές: Δάφνη Σιδεράκη, Ανθή Κοσμά, Πρότυπο Λύκειο Ηρακλείου Κρήτης,
Κωνσταντίνος Κανακούδης, Κολλέγιο Ανατόλια Θεσσαλονίκη
Νεφέλη Άρχου, Φαίδρα Άρχου και Αλέξανδρος Πετράκης Μουσικό Σχολείο Ηρακλείου
Κρήτης*

Υπεύθυνοι καθηγητές:

*Αστρινός Τσουτσουδάκης, Φυσικός, Υπεύθυνος 1^{ου} Ε.Κ.Φ.Ε. Ηρακλείου Κρήτης
[astrinos\[a\]live.com](mailto:astrinos[a]live.com)*

*Αναστασία Παπακωνσταντινίου, Βιολόγος, Συνεργάτης 1^{ου} 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)

(Έπαινος 12^{ου} Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών)

Περίληψη

Η καλλιέργεια φυκιών είναι γνωστή εδώ και χιλιετίες για την παραγωγή τροφής, καλλυντικών και φαρμάκων κυρίως σε ασιατικές χώρες. Υπό το πρίσμα όμως της νεοαναδυόμενης "μπλε οικονομίας" η καλλιέργεια φυκιών αποκτά μεγαλύτερη αξία ως πρώτη ύλη για βιοκαύσιμα, αλλά παράλληλα και ως ένας ενδεδειγμένος τρόπος για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και την βελτίωση των υδάτινων οικοσυστημάτων. Ο "φρουρός της θάλασσας" (ένα κατάλληλα εξοπλισμένο μίνι υποβρύχιο) είναι το μέσο που προτείνει η ομάδα μας για την εισαγωγή της καλλιέργειας φυκιών στην Ευρώπη και την εξέλιξή της ανά τον κόσμο. Το υποβρύχιο θα προσφέρει την τεχνολογία για τον έλεγχο της περιοχής πριν τη φύτευση, θα φυτεύει και θα παρακολουθεί συνεχώς την καλλιέργεια μέσω των δειγμάτων νερού που μπορεί να συλλέξει και της κάμερας που διαθέτει, ώστε να εξασφαλιστεί η βέλτιστη ανάπτυξη και η ευημερία του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Abstract

The cultivation of seaweed has been known for millennia for the production of food, cosmetics and medicines mainly in Asian countries. However, in the light of the newly emerging 'blue economy', seaweed cultivation is becoming more valuable as a raw material for biofuels, but also as an effective way to combat climate change and improve aquatic ecosystems. The "sea guard" (a suitably equipped mini-submarine) is our team's proposal in order to introduce seaweed cultivation in Europe and to further develop it around the world. The submarine will provide the technology to inspect the area before seeding, plant and continuously monitor the cultivation through water samples it can collect and its camera to ensure optimal growth and well-being of the marine environment.



Εικόνα 1: Το ουδέτερης πλευστότητας υποβρύχιο «Seewache»

Εισαγωγή

Η καλλιέργεια φυκιών είναι μια πρακτική που δεν έχει εφαρμοστεί ευρέως στην Ευρώπη. Τα φύκια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αποθήκη CO₂, μειώνοντας τις καταστροφικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και την οξίνιση των ωκεανών, ενώ παράλληλα αποτελούν ενδιαίτημα των θαλάσσιων οργανισμών και αυξάνουν την βιοποικιλότητα των υδάτινων οικοσυστημάτων. Η καλλιέργεια φυκιών γίνεται πιο εύκολη και αποδοτική με την πρότασή μας ώστε να αντιμετωπιστούν προβλήματα πείνας και φτώχειας, κοινωνικών ανισοτήτων σε παράκτιες περιοχές του αναπτυσσόμενου κόσμου.

Περιγραφή εργασίας

Η καλλιέργεια φυκιών χρονολογείται από την αρχαιότητα στην Ασία. Στην Κίνα, τα ιστορικά αρχεία δείχνουν ότι είχε ξεκινήσει ήδη από το 200 π.Χ. Τα φύκια, ιδίως τα Kelp, ήταν μια σημαντική πηγή τροφής και χρησιμοποιούνταν επίσης για φαρμακευτικούς σκοπούς. Η καλλιέργεια φυκιών έχει μακρά ιστορία επίσης στην Ιαπωνία, με την πρακτική που είναι γνωστή ως καλλιέργεια "Nori". Οι πρώτες αναφορές για την καλλιέργεια Nori στην Ιαπωνία ανάγονται στον 8ο μ.Χ. αιώνα. Οι Ιάπωνες ανέπτυξαν καινοτόμες τεχνικές που χρησιμοποιούσαν δίχτυα και πλαίσια από μπαμπού για την καλλιέργεια Nori σε ρηχές παράκτιες περιοχές. Το Nori έγινε απαραίτητο μέρος της ιαπωνικής κουζίνας, ιδίως για την παρασκευή σουσί.

Η ανάπτυξη των σύγχρονων τεχνικών καλλιέργειας φυκιών ξεκίνησε τον 20ο αιώνα. Η Νορβηγία διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη των τεχνικών καλλιέργειας φυκιών. Τη δεκαετία του 1950, οι Νορβηγοί ερευνητές ανέπτυξαν νέες μεθόδους για την καλλιέργεια φυκιών πάνω σε σχοινιά που αιωρούνταν στο νερό. Αυτή η καινοτομία οδήγησε σε εμπορικής κλίμακας καλλιέργεια φυκιών για την εξαγωγή αλγινικών αλάτων, τα οποία χρησιμοποιούνται σε διάφορες βιομηχανίες.

Χώρες όπως η Κίνα, η Νότια Κορέα, η Ινδονησία και οι Φιλιππίνες κυριαρχούν στην καλλιέργεια φυκιών. Έχουν αναπτυχθεί νέες μέθοδοι καλλιέργειας, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης μακρών σχοινιών, σχεδίων και βυθισμένων δομών. Η πρόοδος στην γενετική επέτρεψε επίσης την καλλιέργεια ποικιλιών φυκιών με επιθυμητά χαρακτηριστικά, όπως ταχύτερους ρυθμούς ανάπτυξης και υψηλότερη θρεπτική αξία.

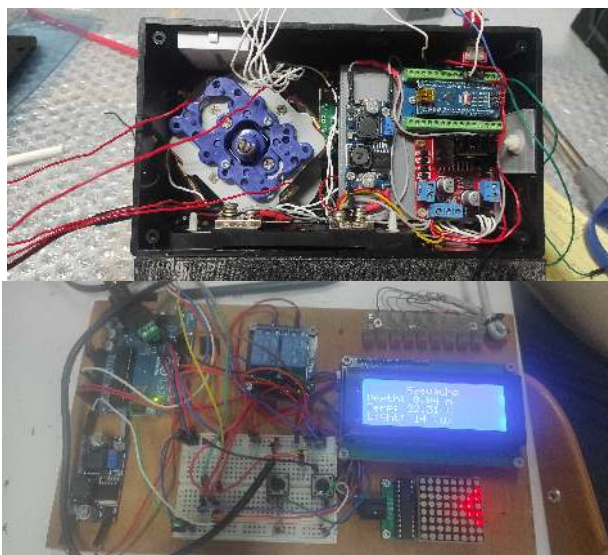


Εικόνα 2: Παραγωγή φυκιών ανά ήπειρο κατά το 2019
(εισαγωγή εικόνας από <https://fppn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s43014-022-00103-2>)

Η ιδέα μας ήταν να σχεδιάσουμε και να συναρμολογήσουμε ένα υποβρύχιο που θα βοηθούσε τη "γαλάζια γεωργία" (ένα οικονομικό σύστημα-τομέας που επιδιώκει τη διατήρηση του θαλάσσιου και γλυκού νερού, ενώ παράλληλα τα χρησιμοποιεί με βιώσιμο τρόπο για την ανάπτυξη της οικονομίας και την παραγωγή πόρων όπως η ενέργεια και τα τρόφιμα) με τη χρήση αυτών των τεχνικών. Ο «φρουρός της θάλασσας» (το πλήρως εξοπλισμένο μίνι υποβρύχιο που προτείνουμε) θα δένει τα μακριά σχοινιά σε ασφαλή σημεία, θα τοποθετεί βυθισμένες κατασκευές για την ανάπτυξη φυκιών, θα αποφεύγει τα θαλάσσια ρεύματα και άλλες επικίνδυνες καταστάσεις χωρίς να θέτει σε κίνδυνο τους «αγρότες της θάλασσας», καθώς θα ελέγχεται εξ αποστάσεως.

Η κατασκευή του υποβρυχίου έγινε με αρθρωτά εξαρτήματα εκτυπωμένα σε 3D εκτυπωτή, καθιστώντας το εύκολο στη χρήση και τη μεταφορά και μειώνοντας σημαντικά το κόστος ώστε να είναι προσιτό σε ομάδες ανθρώπων σε αναπτυσσόμενες παράκτιες περιοχές που πλήττονται από φτώχεια. Οι μαθητές συνεργάστηκαν για τον σχεδιασμό του υποβρυχίου χρησιμοποιώντας λογισμικό CAD για τη δημιουργία των αρχικών σχεδίων, τα οποία διανέμουν δωρεάν μέσω της ιστοσελίδας του project <https://seewache.eu/seewache>. Το υποβρύχιο είναι εξοπλισμένο με δύο αντλίες για τη συλλογή δειγμάτων νερού και τη φύτευση

των φυκιών, καθώς και με μια κάμερα για την παρακολούθηση της περιοχής φύτευσης και την ανίχνευση ειδών που αποτελούν δείκτες περιβαλλοντικής ρύπανσης. Επίσης, διαθέτει αισθητήρες για τον έλεγχο της θερμοκρασίας, της έντασης του φωτός και της υδροστατικής πίεσης, επιτρέποντας τον ακριβή έλεγχο του βάθους και των συνθηκών καλλιέργειας. Το χειριστήριο με joystick, καθιστά την πλοήγηση του υποβρυχίου απλή και αποτελεσματική. Αυτή η εμπειρία ενίσχυσε την κατανόηση της τεχνολογίας και της μηχανικής στους μαθητές, ενώ ταυτόχρονα προώθησε την ιδέα της βιώσιμης ανάπτυξης μέσω της φιλικής προς το περιβάλλον καλλιέργειας φυκιών.



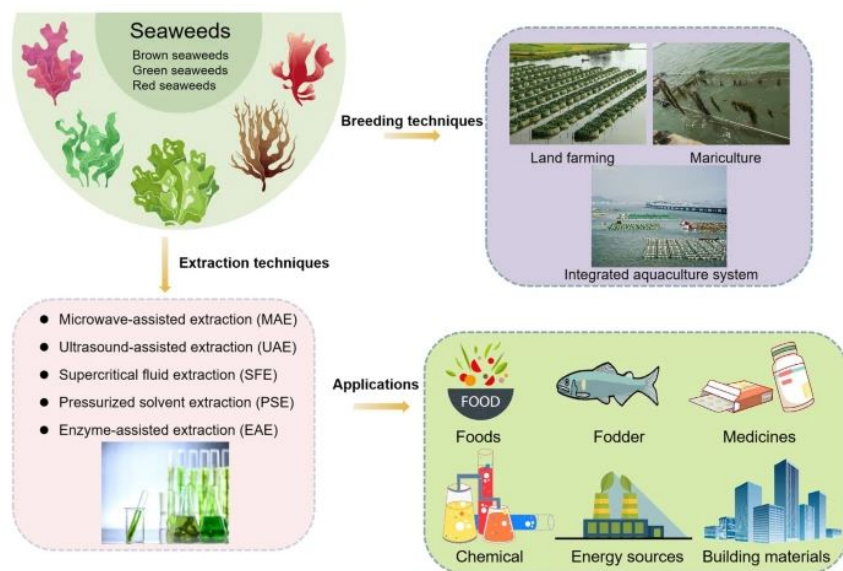
Εικόνες 3 και 4 : Το χειριστήριο και το κέντρο ελέγχου των ενδείξεων του υποβρυχίου

Τα άγρια φύκια (είδη μεγάλων φυκιών: για παράδειγμα, Nori, Ulva και Kelp) παρέχουν βιότοπο για μια ποικιλία ψαριών και ασπόνδυλων. Τα φύκια έχουν επίσης την ικανότητα να αντλούν διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα και να το δεσμεύουν στον ωκεανό, οπότε συμβάλουν στη μείωση των επιπτώσεων της υπερθέρμανσης του πλανήτη και την καταπολέμηση των τοπικών επιπτώσεων της οξίνισης των ωκεανών. Η οξίνιση των ωκεανών είναι μια διαδικασία που συμβαίνει όταν το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) απορροφάται από το θαλασσίνο νερό, οδηγώντας σε μείωση του pH του ωκεανού, όμως τα φύκια μπορούν να ανεχθούν και να επωφεληθούν ακόμη και από ελαφρώς όξινες συνθήκες. Στην πραγματικότητα, ορισμένα είδη έχει αποδειχθεί ότι αναπτύσσονται ταχύτερα και παράγουν περισσότερη βιομάζα σε νερό με υψηλότερα επίπεδα CO_2 .

Μπορούν επίσης να βοηθήσουν στη μείωση των επιπέδων θρεπτικών συστατικών στα κοντινά ύδατα μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται βιοεξυγίανση –bioremedation (η χρήση ζωντανών οργανισμών για την απομάκρυνση ή την εξουδετέρωση ρύπων από μια μολυσμένη περιοχή). Τα φύκια δεν απαιτούν λίπασμα ή φυτοφάρμακα και αναπτύσσονται γρήγορα (ορισμένα θαλάσσια φύκια μπορούν να είναι έτοιμα για συγκομιδή σε μόλις έξι εβδομάδες), οπότε ο κίνδυνος ευτροφισμού είναι μικρός, αν όχι ανύπαρκτος.

Το υποβρύχιο μας δεν είναι μόνο για την καλλιέργεια και τη συγκομιδή φυκιών. Θα χρησιμοποιηθεί επίσης για την προστασία του παράκτιου περιβάλλοντος. Χρησιμοποιεί αντλίες για τη λήψη δειγμάτων νερού σε διαφορετικά βάθη, ώστε να μπορούμε να παρακολουθούμε το pH του νερού και τα επίπεδα θρεπτικών συστατικών και μια κάμερα για

να παρακολουθούμε τον πληθυσμό των ψαριών με τη λήψη εικόνων και βίντεο που θα αναλυθούν αργότερα.



Εικόνα 5: Τρόποι καλλιέργειας, επεξεργασίας και χρήσεις φυκιών
(εισαγωγή εικόνας από <https://fppn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s43014-022-00103-2>)

Μετά τη συγκομιδή τους, τα περισσότερα φύκια μπορούν να καταναλωθούν (συνήθως τα βλέπουμε στο σούσι) και χρησιμοποιούνται συνήθως στη διαδικασία παρασκευής τροφίμων (πηκτωματοποίηση, συγκράτηση νερού, γαλακτωματοποίηση) ή ακόμη και στην κατασκευή βιοπλαστικών. Έχουν πολύ υψηλό διατροφικό προφίλ παρέχοντάς μας βιταμίνες και μέταλλα (βιταμίνες A, B1, B2, B12, ασβέστιο, κάλιο, χαλκός, σίδηρος, μαγγάνιο, χολίνη, φυλλικό οξύ). Τα φύκια αποτελούν εξαιρετική πηγή ιωδίου, ενός ζωτικού ιχνοστοιχείου που παίζει κρίσιμο ρόλο στην υγεία του θυρεοειδούς αδένος. Διαθέτει καραγενάνες, άγαρ, φουκοϊδάνες, οι οποίες δρουν ως προβιοτικά, μη πεπτικές ίνες που τροφοδοτούν τα υγιή βακτήρια στο πεπτικό σύστημα. Τα καφέ φύκια περιέχουν φουκοξανθίνη, ένα αντιοξειδωτικό που δίνει στο λαχανικό το χρώμα του. Αυτό το αντιοξειδωτικό μπορεί να παίζει ρόλο στη βελτίωση των επιπέδων του σακχάρου στο αίμα και τη μείωση του κινδύνου εμφάνισης διαβήτη τύπου 2. Τα φύκια μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως βιοδιασπώμενα καύσιμα (καύσιμα από φύκια) ή βιοδραστικά συστατικά σε φαρμακευτικά προϊόντα και καλλυντικά. (ενυδατικά και αντιγηραντικά συστατικά στην περιποίηση του δέρματος).

Σε ορισμένες χώρες με χαμηλό εισόδημα και αναπτυσσόμενες χώρες, η καλλιέργεια φυκιών έχει θεωρηθεί ως στρατηγική για την ενδυνάμωση των γυναικών στις παράκτιες περιοχές. Οι γυναίκες το έχουν αξιοποιήσει με διάφορους τρόπους για την παροχή οικονομικής ασφάλειας για τις οικογένειές τους, χρησιμοποιώντας τα φύκια για την παρασκευή διαφόρων προϊόντων που βοήθησαν να βελτιώσουν τον τρόπο ζωής τους (σαμπουάν, σαπούνι, μαρμελάδα, χυμός και άλλα). Ωστόσο, παρέχει θέσεις εργασίας για τους πολλούς ανθρώπους, ανεξαρτήτως φύλου, λειτουργώντας ως αντίμετρο κατά της ανεργίας και της φτώχειας.



Εικόνα 6: Οικονομική ενδυνάμωση των γυναικών στην Ινδία
(εισαγωγή εικόνας από <https://www.globalseafood.org/advocate/is-seaweed-farming-indias-untapped-treasure/>)

Η χερσαία γεωργία βασίζεται σε σημαντικές ποσότητες νερού και θρεπτικών συστατικών, οδηγώντας συχνά σε καταστροφή των δασών προκειμένου να μετατραπούν σε χωράφια, εγείροντας ανησυχίες σχετικά με τη βιωσιμότητα. Ωστόσο, η χρήση καλλιεργειών με βάση τους ωκεανούς παρουσιάζει μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση που ελαχιστοποιεί τα προβλήματα, αυξάνοντας παράλληλα τη βιωσιμότητα. Ο ωκεανός είναι ένας πόρος που δεν χρησιμοποιείται επαρκώς. Η «γαλάζια οικονομία» μπορεί να δώσει ώθηση στην οικονομία μιας χώρας, να στηρίξει ανθρώπους σε δυσμενή οικονομική κατάσταση, προσφέροντας ταυτόχρονα με τις θέσεις εργασίας, τροφή αλλά και αναβάθμιση του θαλάσσιου οικοσυστήματος. Απαιτεί όμως υπεύθυνους και καλά οργανωμένους χειρισμούς.



Εικόνα 7: Μία πρόβλεψη για το μέγεθος της «μπλε οικονομίας» το 2030 και τα περιβαλλοντικά οφέλη της
(εισαγωγή εικόνας από <https://www.weforum.org/agenda/2021/05/startups-seaweed-farming-ocean-planet-climate/>)

Η πρότασή μας είναι η παροχή των τεχνολογικών γνώσεων που απαιτούνται για να αναπτυχθεί η καλλιέργεια φυκιών με βιώσιμο τρόπο. Ευελπιστούμε με την κατασκευή ενός υποβρυχίου με 3D εκτύπωση ώστε να μειώνεται το κόστος και να είναι οικονομικά προσιτό

από «αγρότες της θάλασσας» σε αναπτυσσόμενες χώρες να εμπνεύσουμε ανθρώπους να ασχοληθούν με τον τομέα αυτόν και να μοιραστούν ιδέες για το πώς να αναπτυχθεί περαιτέρω.

Φιλοδοξούμε να ανταλλάξουμε ιδέες και να μάθουμε από ο ένας από τον άλλον, ελπίζοντας να δούμε το έργο μας να "ζωντανεύει" και να κάνει τον κόσμο καλύτερο για εμάς και τις μελλοντικές γενιές.

Μπορείτε να επισκεφτείτε την ιστοσελίδα του προγράμματος <https://seewache.eu/seewache>



Βιβλιογραφία

Seaweed and its usage

- Brijesh K. Tiwari, Declan J. Troy, Seaweed Sustainability, Food and non-food applications, Academic Press, 2015 (<https://www.sciencedirect.com/topics/food-science/edible-seaweed>)
- Davis S, Health benefits of Seaweed, (<https://www.webmd.com/diet/health-benefits-seaweed>), (access May 2023)
- Kanhaiya Kumar Recent developments on biofuels production from microalgae and macroalgae, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 65, November 2016, Pages 235-249 (<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/biofuels-from-algae>)
- Steinhagen S. Off-shore aquaculture of Sea Lettuce beyond pilot scale
- Sustainable large-scale aquaculture of the northern hemisphere Sea Lettuce, Ulva fenestrata, in an off-shore seafarm, 2021, (<https://seaweed-research-steinhagen.com/2021/06/03/new-paper-off-shore-aquaculture-of-sealettuce-beyond-pilot-scale/>) (access May 2023)
- Zhang, L., Liao, W., Huang, Y. et al. Global seaweed farming and processing in the past 20 years. Food Prod Process and Nutr 4, 2022, <https://doi.org/10.1186/s43014-022-00103-2> (<https://fppn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s43014-022-00103-2>)

Seaweed farming and its benefits:

- Ashok Jagtap, Natural Resources Conservation and Advances for Sustainability, Elsevier, 2022, Chapter 23- Seaweed farming: A perspective of sustainable agriculture and socio-economic development, Pages 493-501 (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128229767000223>)

- Lucy Towers, How to farm Nori Nei, August 2010 <https://thefishsite.com/articles/cultured-aquatic-species-nori-nei>, (access May 2023)
- Wale Azeez, These 4 start-ups are using seaweed to help save the planet, World Economic Forum , May 2021 , <https://www.weforum.org/agenda/2021/05/startups-seaweed-farming-ocean-planet-climate/> (access May 2023)
- Robert Maxwell Tullberg, Traditional Seaweed Farming Methods, October 2022, <https://encyclopedia.pub/entry/31374> (access May 2023)

Women's significant involvement in seaweed farming:

- Fahmida Sultana ^a, Md Abdul Wahab ^b, «Seaweed farming for food and nutritional security, climate change mitigation and adaptation, and women empowerment: A review», Aquaculture and Fisheries Volume 8, Issue 5, September 2023, Pages 463-480 (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468550X22001460#bbib109>)
- Lizhu Zhang, Wei Liao, Global seaweed farming and processing in the past 20 years, Food Production, Processing and Nutrition volume 4, October 2022, Article number: 23 (<https://fppn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s43014-022-00103-2>)

*To copyright των φωτογραφιών ανήκει στους συγγραφείς.

Φωτοβιοαντιδραστήρας για την καλλιέργεια φωτοαυτοτροφικών μικροφυκών σπιρουλίνας

Βίλλιας Γεώργιος, Βιολόγος, Αναξαγόρειο Γενικό Λύκειο Νέας Ερυθραίας
[gvillias\[a\]hotmail.com](mailto:gvillias[a]hotmail.com)

Περίληψη

Η ανάπτυξη κλειστών καλλιεργειών φωτοαυτοτροφικών μικροφυκών τα τελευταία χρόνια έχει κερδίσει έδαφος στη βιομηχανία ως ένας τρόπος παραγωγής ποικίλων βιοχημικών προϊόντων, συμπεριλαμβανομένων τροφής, φαρμακευτικών ουσιών, χρωστικών, λιπασμάτων, βιοκαυσίμων, κ.α. Εφαρμόζοντας αρχές αειφόρου ανάπτυξης και κυκλικής οικονομίας είναι δυνατό τα καλλιεργούμενα μικροφύκη να επαναχρησιμοποιούν το εκλυόμενο CO₂ από άλλες βιομηχανίες και να το μετατρέπουν μέσω της φωτοσυνθετικής τους λειτουργίας σε βιομάζα και οξυγόνο. Επιπρόσθετα, η χρήση τεχνικών κάθετης γεωργίας μειώνει δραστικά τον απαιτούμενο χώρο για την ανάπτυξη τέτοιων καλλιεργειών, επιτρέποντας την εφαρμογή τους ακόμα και σε πολύ περιορισμένα περιβάλλοντα, όπως εκείνο ενός διαστημικού σταθμού. Για όλους τους παραπάνω λόγους, η δημιουργία οικονομικά προσιτών και αποτελεσματικών φωτοβιοαντιδραστήρων είναι μια ιδιαίτερος ελκυστική και προσοδοφόρος ιδέα.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται η κατασκευή και λειτουργία ενός απλού φωτοβιοαντιδραστήρα στον οποίο και αναπτύσσεται καλλιέργεια σπιρουλίνας, του είδους *Arthrospira platensis*. Στην κατασκευή υπάρχει μηχανισμός εισαγωγής CO₂, σύστημα φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της έντασης και του μήκος κύματος της ακτινοβολίας του, σύστημα ανάδευσης που θα διευκολύνει τη συνεχή ροή της καλλιέργειας εντός της κατασκευής, καθώς και σωλήνες εισόδου για την προσθήκη νέων θρεπτικών και εξόδου για τη συλλογή της βιομάζας της σπιρουλίνας (δεν ολοκληρώθηκε η κατασκευή και τοποθέτηση των σωλήνων αυτών).

Abstract

The development of closed cultures of photoautotrophic microalgae in recent years has gained ground in industry as a way to produce a variety of biochemical products, including food, pharmaceuticals, dyes, fertilizers, biofuels, etc. By applying principles of sustainable development and circular economy, it is possible for cultivated microalgae to re-use CO₂ emitted by other industries and convert it through their photosynthetic function into biomass and oxygen. In addition, the use of vertical farming techniques drastically reduces the space required to grow such crops, allowing their application even in very limited environments, such as that of a space station. For all the above reasons, the creation of affordable and efficient photobioreactors is a particularly attractive and profitable idea.

This project presents the construction and operation of a simple photobioreactor in which a culture of spirulina, of the species *Arthrospira platensis*, is developed. The structure has a CO₂ introduction mechanism, a lighting system with the ability to adjust the intensity and wavelength of its radiation, a stirring system that facilitates the continuous flow of the culture inside the structure, as well as inlet pipes for the addition of new nutrients and output for the collection of spirulina biomass (the pipes construction and installation was not completed).

Εισαγωγή

Η σπιρουλίνα είναι ένα απλό, μονοκύτταρο κυανοβακτήριο, πράσινου-γαλαζωπού χρώματος με την επιστημονική ονομασία *Arthrospira platensis*. Με μέγεθος μικρότερο από το ένα δέκατο του χιλιοστού, κάτω από το μικροσκόπιο, η σπιρουλίνα φαίνεται σαν μια σπείρα με μακριά και λεπτά νήματα. Είναι από τα πρώτα έμβια όντα που εμφανίστηκαν στη γη πριν από περισσότερα από 3,5 δισεκατομμύρια χρόνια. Η ικανότητά της να φωτοσυνθέτει απορροφώντας διπλάσια της βιομάζας του ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα και να δεσμεύει ατμοσφαιρικό άζωτο, έχει συντελέσει στην διαμόρφωση της σύγχρονης γήινης ατμόσφαιρας, εμπλουτίζοντάς την με άφθονο οξυγόνο. Βιολογικά χαρακτηρίζεται ως οργανισμός θερμόφιλος (βέλτιστη τιμή στους 35°C) και αλκαλόφιλος (pH 9-11). Η σπιρουλίνα αναπτύσσεται φυσικά, ιδιαίτερα σε ζεστά, υφάλμυρα και ρηχά νερά, όπως στις όχθες της λίμνης Τσαντ στην Αφρική.

Εκτός από τη συμβολή της στην απομάκρυνση και επαναχρησιμοποίηση του εκλυόμενου CO₂ με σημαντικές εφαρμογές σε τομείς της κυκλικής οικονομίας, εμφανίζει υψηλή διατροφική αξία. Τα κυανοβακτήρια σε αντίθεση με τα φυτά, δεν διαθέτουν κυτταρίνη στο κυτταρικό τους τοίχωμα, οπότε και τα γαστρικά μας υγρά διασπούν τα κύτταρά τους και αφομοιώνουν τα περιεχόμενα θρεπτικά τους συστατικά πιο εύκολα. Πάνω από το μισό του ξηρού βάρους της σπιρουλίνας αποτελείται από πρωτεΐνη, και διαθέτει πολύ υψηλή συγκέντρωση β-καροτίνης, καθώς και σημαντικές ποσότητες βιταμίνης B12, σιδήρου, μαγνησίου και άλλων ιχνοστοιχείων.

Η καλλιέργεια της σπιρουλίνας είναι μια σχετικά εύκολη διαδικασία, χωρίς δύσκολες απαιτήσεις από πλευράς ενέργειας και θρεπτικών. Παραδοσιακά, η καλλιέργειά της γίνεται συνήθως σε μεγάλες δεξαμενές, γεγονός που καθιστά απαραίτητη την ύπαρξη αρκετού χώρου για την παραγωγή ποσοτήτων που να είναι εμπορικά αξιοποιήσιμες και οικονομικά συμφέρουσες. Τα τελευταία χρόνια έχει διαδοθεί η εφαρμογή τεχνικών κάθετης καλλιέργειας της σπιρουλίνας σε κλειστά κυκλώματα σωλήνων που μειώνουν τις πιθανότητες επιμολύνσεων και απαιτούν πολύ μικρότερους χώρους. Η χρήση τεχνητού φωτός επιτρέπει την καλλιέργειά τους με συνεχή τρόπο και ανεξάρτητα των διαθέσιμων περιβαλλοντικών συνθηκών. Οι φωτοβιοαντιδραστήρες παρέχουν ένα τέτοιο ασφαλές και ελεγχόμενο περιβάλλον για τη καλλιέργεια μικροφυκών, όμως το κόστος τους, ακόμα και για μικρής κλίμακας παραγωγή αγγίζει τα μερικές χιλιάδες ευρώ. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία στους τύπους φωτοβιοαντιδραστήρων με πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα για τον καθένα από αυτούς.

Εκπαιδευτικοί στόχοι

Η χρήση των παραπάνω κατασκευών θα επιτρέψουν στους μαθητές:

- να κατανοήσουν έμπρακτα την έννοια της χρήσης τεχνικών κάθετης γεωργίας.
- να μελετήσουν τους παράγοντες (φως, CO₂, αερισμός/ανάδευση, θρεπτικά) που επηρεάζουν την ανάπτυξη του μικροφύκου της σπιρουλίνας.
- να παράγουν βρώσιμη σπιρουλίνα.
- να σχεδιάσουν πειράματα καλλιέργειας μικροφυκών σπιρουλίνας προκειμένου να βελτιστοποιήσουν τις συνθήκες ανάπτυξής τους.

Περιγραφή κατασκευής

Η κατασκευή αποτελείται από δύο όμοιους φωτοβιοαντιδραστήρες οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν παράλληλα, είτε για λόγους επίδειξης του μηχανισμού λειτουργίας τους (ο ένας με καλλιέργεια μικροφύκους και ο άλλος με νερό), είτε για την πραγματοποίηση πειραμάτων με διαφορετικές συνθήκες ανάπτυξης στην κάθε καλλιέργεια (Εικ.1).



Φωτοβιοαντιδραστήρας 1

Φωτοβιοαντιδραστήρας 2

Σύστημα φωτισμού:
RGB LED σε εύκαμπτο
προφίλ αλουμινίου

Υλικά παρασκευής
CO₂:
Ξύδι + Μαγειρική σόδα

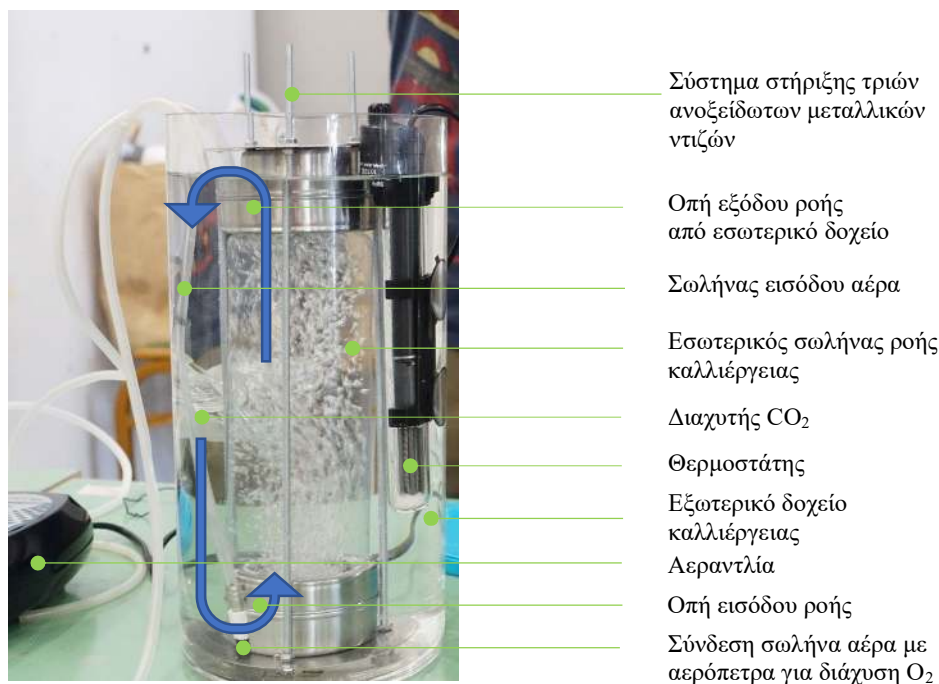
Αεραντλία

Εικόνα 1: Σύστημα διπλού φωτοβιοαντιδραστήρα

Ο κάθε φωτοβιοαντιδραστήρας αποτελείται εσωτερικά από δύο διακριτά δοχεία (Εικ. 2): (α) ένα εξωτερικό γυάλινο κυλινδρικό δοχείο ύψους 30 εκατοστών και διαμέτρου 15 εκατοστών, συνολικής χωρητικότητας άνω των 4,5 λίτρων, και (β) ένα εσωτερικό πλαστικό κυλινδρικό δοχείο ύψους 20 εκατοστών και διαμέτρου 8 εκατοστών. Το εσωτερικό δοχείο έχει προσαρμοσμένα στα άκρα του ανοξείδωτες μεταλλικές υποδοχές που εξυπηρετούν στην στήριξη και τη ρύθμιση της ροής μέσω οπών που διαθέτουν. Ένα σύστημα από τρεις ανοξείδωτες μεταλλικές ντίτζες βοηθά στην ακινητοποίηση του εσωτερικού δοχείου σε σταθερή θέση. Στο εσωτερικό της κάτω μεταλλικής υποδοχής υπάρχει αερόπετρα ενυδρείου που εξασφαλίζει την καλύτερη διάχυση του εισερχόμενου στον φωτοβιοαντιδραστήρα αέρα μέσω της διάσπασής του σε μικρότερου μεγέθους φυσαλίδες. Ο αέρας μεταφέρεται με τη βοήθεια αεραντλίας. Η κυκλική εσωτερική ροή του αέρα συμβάλλει και στην ανάδευση της υγρής καλλιέργειας.

Η ρύθμιση της θερμοκρασίας γίνεται με θερμοστάτη ενυδρείου, τοποθετημένου με μικρές βεντούζες στην εσωτερική πλευρά του τοιχώματος του εξωτερικού δοχείου του

βιοαντιδραστήρα. Το εύρος τιμών που μπορεί να πάρει η καλλιέργεια κυμαίνεται από 20 έως και 34°C.



Εικόνα 2: Εσωτερική δομή φωτοβιοαντιδραστήρα

Η παραγωγή του CO₂ γίνεται σε αυτοσχέδιο πλαστικό δοχείο στο οποίο αναμειγνύονται ξύδι και μαγειρική σόδα. Το παραγόμενο CO₂ μεταφέρεται με σωλήνα σε ένα διαχυτή (τοποθετημένου και πάλι με μικρές βεντούζες στην εσωτερική πλευρά του τοιχώματος του εξωτερικού δοχείου του βιοαντιδραστήρα), ο οποίος διαθέτει και μετρητή φυσαλίδων για τον έλεγχο της εισερχόμενης ροής του αερίου.

Η ρύθμιση της έντασης και του μήκους κύματος της ακτινοβολίας που εισέρχεται στον φωτοβιοαντιδραστήρα μπορεί να γίνει με τη χρήση LED. Εάν θέλουμε λοιπόν να πειραματιστούμε σε διαφορετικές συνθήκες πέραν της χρήσης του φυσικού φωτός, τοποθετούμε ολόκληρο τον φωτοβιοαντιδραστήρα εντός κυλινδρικής κατασκευής αποτελούμενης από ταινία RGB LED 10 μέτρων, προσαρμοσμένης εντός εύκαμπτου προφίλ αλουμινίου που καλύπτει ολόκληρο το δοχείο της καλλιέργειας. Τα LED έχουν δυνατότητα εκπομπής φωτός 16 διαφορετικών χρωμάτων (κόκκινο, μπλε, πράσινο, κτλ) και 3 επιπέδων διαφορετικής έντασης.

Προσθήκες / Βελτιώσεις / Επεκτάσεις

Η κατασκευή μπορεί να βελτιωθεί με την τοποθέτηση περισταλτικών αντλιών για την εισαγωγή συγκεκριμένων ποσοτήτων θρεπτικών και την εξαγωγή συγκεκριμένου όγκου καλλιέργειας για συλλογή βιομάζας. Αυτοματοποιήσεις με ηλεκτρονικά κυκλώματα θα μπορούσαν να ρυθμίζουν την εισαγωγή των θρεπτικών βάσει των αποτελεσμάτων ανάλυσης

τακτικών δειγμάτων της καλλιέργειας ως προς τη συγκέντρωσή τους ή τη μεταβολή του pH της καλλιέργειας.

Η χρήση φασματοφωτομέτρου μπορεί να βοηθήσει στον έμμεσο υπολογισμό της παραγόμενης βιομάζας μέσω μετρήσεων της οπτικής πυκνότητας της καλλιέργειας σε συγκεκριμένα μήκη κύματος και αντιστοίχισής τους σε πρότυπες καμπύλες αναφοράς.

Βιβλιογραφία

- <https://www.newmoney.gr/roh/palmos-oikonomias/epixeiriseis/solmeyea-i-elliniki-patenta-pou-bori-na-sosi-ton-planiti-apo-tous-ripous-tis-viomichanias-pics/>
- <https://physicsgg.me/2019/05/10/φωτοβιοαντιδραστήρας-για-παροχή-α/>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Photobioreactor>
- <https://www.schott.com/en-gb/expertise/applications/photobioreactors?selected=c04e62ad3241452095778b8024b34ae7>
- <http://www.agroenergy.gr/categories/ανάπτυξη-μικροφυκών>
- <https://github.com/leswright1977/PySpectrometer>

*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στον συγγραφέα.

Το ρομποτάκι που διασκεδάζει και μαθαίνει Φυσική στα παιδιά. STEAM-ROBOT CAR-PHYSICS

Υπεύθυνος καθηγητής: Νεκτάριος Κουράκης, Φυσικός, Γενικό Λύκειο Βάμου
[nektarios.25ma\[a\]gmail.com](mailto:nektarios.25ma[a]gmail.com)

Περίληψη

Το παρόν αναφέρεται σε μια ιδιοκατασκευή, ένα αυτοκίνητο -ρομποτάκι που πραγματοποιεί κατά παραγγελία κινήσεις, μέσω μιας εφαρμογής που έφτιαξα για smartphone. Γίνεται “ζωντανά” αποτύπωση της ταχύτητας του κάθε τροχού σε γραφική παράσταση στο Η/Υ μου. Το χρησιμοποιώ στα εργαστηριακά μαθήματα της Φυσικής γιατί διεγείρει το ενδιαφέρον των μαθητών, ενθουσιάζει και δημιουργεί κίνητρο βαθύτερης ενασχόλησης με το μάθημα.

Abstract

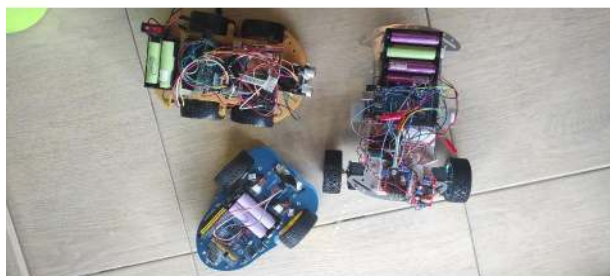
This article refers to a self-made robot car that performs on-demand movements, through an application I made for a smartphone. The speed of each wheel is recorded “live” in a graphic representation on my PC. I use it in physics laboratory classes because it stimulates the interest of the students, excites them and creates motivation for deeper engagement with the lesson.

Εισαγωγή

Το παρακάτω έργο αποτελεί πρωτότυπη δική μου δημιουργία και όχι αναπαραγωγή της εργασίας κάποιου άλλου. Επίσης αποτελεί μια βελτίωση μιας παλαιότερης δημιουργίας μου*

Περιγραφή εργασίας

Εισαγωγή για αυτοκίνητο -ρομποτάκι diy, εργαλείο φυσικής.



Εικόνα1

Αυτή η παρουσίαση αναφέρεται σε μια ιδιοκατασκευή, ένα αυτοκίνητο-ρομποτάκι που πραγματοποιεί κατά παραγγελία κινήσεις, μέσω μιας εφαρμογής που έφτιαξα για smartphone. Μέσω bluetooth μεταδίδει στο pc μου με port σε γραφικό περιβάλλον που προγραμματίσα το processing ide, δεδομένα αισθητήρων. Οι κατά παραγγελία κινήσεις είναι πχ ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη, επιβραδυνόμενη, κυκλική κίνηση κτλ. Στο γραφικό περιβάλλον του processing ide που προγραμματίζεται και διαμορφώνεται σύμφωνα με τις ανάγκες μας (αποτελεί ανοικτό λογισμικό και πρόδρομος του arduino ide) αποτυπώνουμε την γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου για τους δύο κινητήρες-τροχούς ξεχωριστά. Η κατασκευή έχει απίστευτη επεκτασιμότητα σε εργαστηριακές ασκήσεις- μελέτες των κινήσεων που μελετά η Φυσική του Λυκείου.

Το καινούργιο ρομποτάκι αποτελεί μια βελτίωση μιας παλαιότερης κατασκευής μου. Πέρα από το γεγονός ότι *καταγράφει με ακρίβεια λιγότερο από μισή μοίρα περιστροφής, την ταχύτητα, ενώ το παλιό ανά 18 μοίρες, έχει την δυνατότητα μέσω του προγράμματος που σχεδίασα και εγκατέστησα στο μικροελεγκτή του, να *προκαθορίζω ακριβώς την ταχύτητα στην κατά παραγγελία κίνηση του. Για να πετύχω δύο dc motors να έχουν την ίδια ταχύτητα χρησιμοποίησα την μαθηματική μέθοδο PID.

Στο φύλλο εργασίας υπάρχουν σύνδεσμοι που δείχνουν σε βίντεο π.χ. 1.την κίνηση του ρομπότ όπως και 2.την αντίστοιχη γραφική παράσταση .Όπως :
<https://www.youtube.com/shorts/82TYZ6gFQ9Y> και https://www.youtube.com/watch?v=q_jZFWtYcNE αντίστοιχα

Android app:



εικόνα2

Αναλυτικά:

Σκοπός-στόχοι

Οι κινήσεις αποτελούν μεγάλο κομμάτι της Φυσικής που διδάσκεται στο Λύκειο και χρειάζονται πειραματικές διαδικασίες για την κατανόησή τους. Φύλλα εργασίας, με τα οποία συμμετέχουν ενεργά οι μαθητές, επεξεργάζονται και κατανοούν τα πειραματικά δεδομένα. Πόσο μάλλον με αυτό το ρομποτάκι με το οποίο διασκεδάζουν μαθαίνοντας.

Διευκρίνιση:

Τα παρακάτω μπορούν να δοθούν και ως μια άσκηση ανεξάρτητα από την δια ζώσης διαδικασία. Όμως η εμπειρία φανερώνει ότι καλό είναι τα παιδιά να δουν και να “πιάσουν” για να κατανοήσουν καλύτερα.

Στα επόμενα χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις από εργαστηριακό μάθημα με το αυτοκινητάκι.

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Α λυκείου

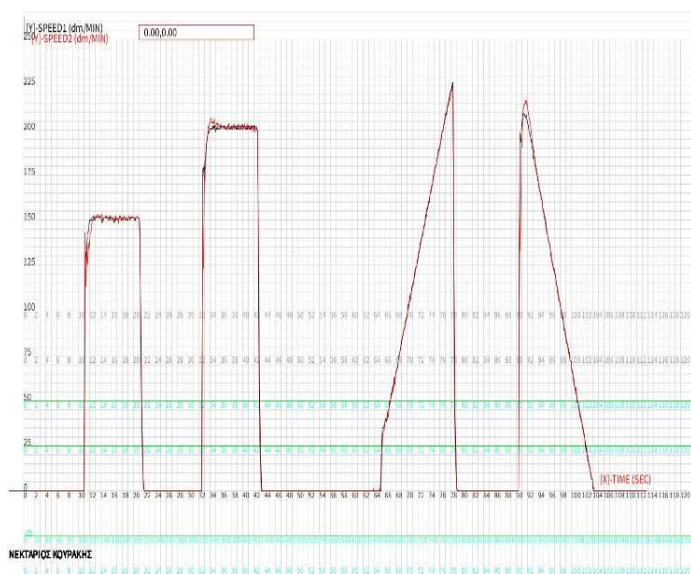
Η πρώτη παρουσίαση αποτελεί μια ευθύγραμμη κίνηση με

- 1) βίντεο
- 2) γραφική παράσταση
- 3) βίντεο εξέλιξης γραφικής παράστασης
- 4) φύλλο εργασίας

- 1) Βίντεο που δείχνει το ρομπότ σε ευθύγραμμη κίνηση

link: [ευθύγραμμη ομαλή κίνηση - YouTube](#)

- 2) απαιτείται μεγέθυνση της παρακάτω εικόνας



Εικόνα3α

3) <https://youtu.be/jo6eoj9mYrk>
(βίντεο εξέλιξης γραφικής παράστασης)

4) Οδηγίες

Εύρεση μετατόπισης:

A) Βρείτε την ταχύτητα σε m/s στο χρονικό διάστημα 12-20 s **και** την μετατόπιση του ρομπότ(συνολική) από 11 έως 22 second.

Θυμίζω:

Στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση ο τύπος της μετατόπισης είναι : $\Delta x = v \cdot \Delta t$.

Στην περίπτωση που δίνεται η γραφική παράσταση ταχύτητας-χρόνου, από το εμβαδό στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα βρίσκουμε την αντίστοιχη μετατόπιση.

Εδώ στην γραφική παράσταση **που βλέπετε** εφόσον η σταθερή ταχύτητα είναι σε dm/min την μετατρέπεται σε m/s και την απόσταση θα την υπολογίσετε είτε από το εμβαδό του τραpezίου , είτε από το εμβαδόν του ορθογωνίου που ταιριάζει πιο πολύ στο σχήμα μας π.χ.: του πράσινου ορθογωνίου .



Εικόνα 3β

Στα επόμενα* δείχνω την απόσταση που μετρήσατε στο πάτωμα μαρκάροντας την αρχή και το τέλος της μετατόπισης του ρομπότ, έτσι το δεύτερο μέρος της άσκησης είναι :

B)Βρείτε το ποσοστό λάθους κατά απόλυτη τιμή* στον υπολογισμό της μετατόπισης:

(|Τιμή μετροταινίας-Τιμή από εμβαδόν| / Τιμή μετροταινίας)*100%

Υ.Γ. Η απόσταση (μετροταινία) στο πάτωμα είναι*2,57m.

2ο μέρος

A. Να βρείτε την επιτάχυνση-επιβράδυνση του ρομπότ στο S.I. στο χρονικό διάστημα 65-79 sec και 90,5-104 sec (μέση τιμή). Επίσης την αντίστοιχη μετατόπιση.

Τιμή από μετροταινία -μετατόπισης 281 cm στην επιταχυνόμενη και 234 cm στην επιβραδυνόμενη.

B. Βρείτε το ποσοστό λάθους κατά απόλυτη τιμή* στον υπολογισμό της μετατόπισης:

(|Τιμή μετροταινίας-Τιμή από εμβαδόν| / Τιμή μετροταινίας)*100%

Υ.Γ. Η απόσταση (μετροταινία) στο πάτωμα είναι $2,81\text{m}$ επιταχυνόμενη και $2,34\text{m}$ επιβραδυνόμενη.

Άσκηση Φυσικής Β και Γ Λυκείου-Κυκλικής κίνησης (~ομαλής)

Μελετώντας και παρατηρώντας 1) το video 2) την γραφική παράσταση όπου η κόκκινη γραμμή μας δείχνει την ταχύτητα του εξωτερικού τροχού και η *μαύρη* του εσωτερικού, βρείτε:

α) την ακτίνα του κύκλου που διαγράφει ο εξωτερικός τροχός

β) την συχνότητα και περίοδο κίνησης του αυτοκινήτου

γ) την γωνιακή ταχύτητα του αυτοκινήτου

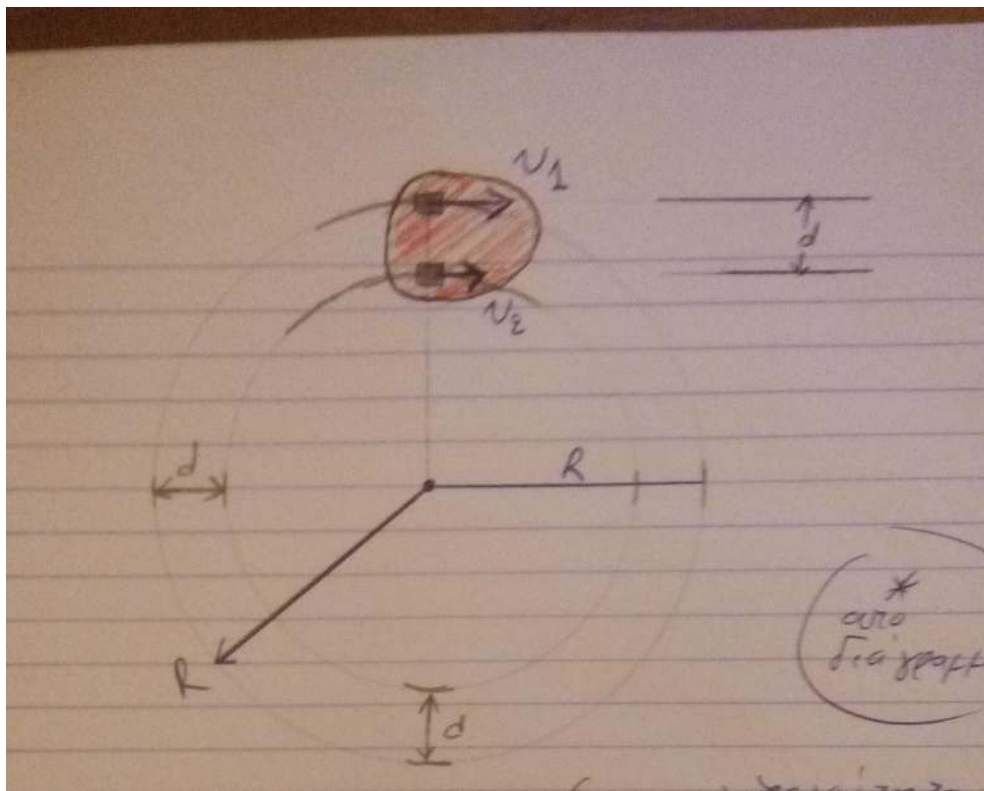
Ειδικά στην Γ λυκείου πρέπει να αναρωτηθούν τα παιδιά αν υπάρχει και 2η γωνιακή ταχύτητα ,

η **ακτίνα** του τροχού είναι $\sim 0,0334\text{m}$ ή $3,34\text{cm}$.

δ) τον αριθμό περιστροφών N του ρομπότ . Επιβεβαιώστε το αποτέλεσμα από το βίντεο.

Επίσης εφόσον μετρήσατε την διαγώνιο* σε 89cm βρείτε το ποσοστό λάθους.

Δίνεται μέση απόσταση τροχών $d=18,8\text{cm}$ (των κέντρων τους) και απόσταση που μετρήσατε στο πάτωμα* $2R=89\text{cm}$



Εικόνα 4

1) Βίντεο που δείχνει το ρομπότ στην κυκλική κίνηση:

<https://www.youtube.com/shorts/82TYZ6gFQ9Y>

Γραφική παράσταση:

Η:



(δύο φορές εκτέλεσε το ρομπότ την ίδια κίνηση)

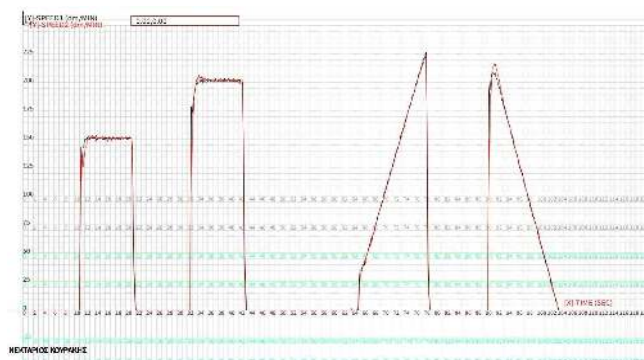
Εικόνα 5

2)Βίντεο εξέλιξης γραφικής παράστασης από άλλο τμήμα -τάξη (άλλη χρονική αλληλουχία, ίδια συμπεράσματα): https://www.youtube.com/watch?v=q_jZFWtYcNE

Γ λυκείου: Κύλιση χωρίς ολίσθηση.

Δίνονται: 1)γραφική παράσταση, 2)video και 3) το παρόν έγγραφο, επίσης η **ακτίνα** του τροχού είναι $\sim 0,0334\text{m}$ ή 3,34cm. Προσέξτε τις μονάδες μέτρησης (αναγράφονται πάνω στους άξονες). Έξτρα video με την εξέλιξη της γραφικής παράστασης δίνεται, όμως δεν είναι απαραίτητο όσον αφορά τα παρακάτω ζητούμενα.

1)



Εικόνα 3

2) <https://www.youtube.com/shorts/IsOi9dzItFs>

Έξτρα video με την εξέλιξη της γραφικής παράστασης:

i)

A) Να βρείτε την γραμμική και γωνιακή ταχύτητα του τροχού στο S.I. στο χρονικό διάστημα 12-20 sec (κάντε γραφική παράσταση $v-t$ και $\omega-t$ στο 11-22 sec χρονικό διάστημα).

Να βρείτε την γραμμική* και γωνιακή μετατόπιση του ρομπότ στο χρονικό διάστημα 11-22 sec, όπως επίσης και τον αριθμό στροφών των τροχών αντίστοιχα.

Η απόσταση (μετροταινία) στο πάτωμα είναι $2,57m$.

Βρείτε το ποσοστό λάθους κατά απόλυτη τιμή* στον υπολογισμό της μετατόπισης:

$(|Τιμή\ μετροταινίας - Τιμή\ από\ εμβαδόν| / Τιμή\ μετροταινίας) * 100\%$

B) Να βρείτε την γραμμική (κέντρου μάζας τροχού- a_{cm}) και γωνιακή επιτάχυνση-επιβράδυνση του τροχού στο S.I. στο χρονικό διάστημα 65-79 sec και 90,5-104 sec (μέση τιμή).

Επίσης την γραμμική και γωνιακή μετατόπιση του ρομπότ στο χρονικό διάστημα 65-79 sec και 90,5-104 sec, όπως επίσης και τον αριθμό στροφών των τροχών αντίστοιχα..

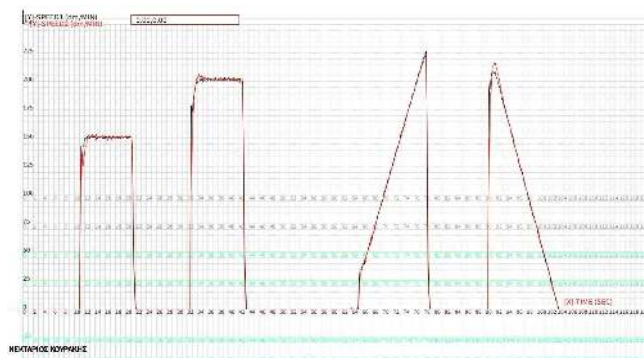
Τιμή από μετροταινία-μετατόπισης 281 cm στην επιταχυνόμενη και 234 cm στην επιβραδυνόμενη.

Βρείτε το ποσοστό λάθους κατά απόλυτη τιμή* στον υπολογισμό της μετατόπισης:

$(|Τιμή\ μετροταινίας - Τιμή\ από\ εμβαδόν| / Τιμή\ μετροταινίας) * 100\%$

Υ.Γ. Η απόσταση (μετροταινία) στο πάτωμα είναι $2,60m$ επιταχυνόμενη και $2,34m$ επιβραδυνόμενη.

ΞΑΝΑ:



Εικόνα 3

Μπορείτε να μεγεθύνετε ή να ελαχιστοποιήσετε την εικόνα της γραφικής παράστασης (για να φανεί και η υπόλοιπη)

βίντεο κίνησης ρομπότ (1η κίνηση): <https://youtube.com/shorts/IsOi9dzItFs>

Έξτρα video με την εξέλιξη της γραφικής παράστασης: <https://youtu.be/jo6eoj9mYrk>
[ευθύγραμμη-επιταχυνόμενη-επιβραδυνόμενη](#)

Βιβλιογραφία

Ως κατασκευή από το GITHUB μου -Νεκτάριος Κουράκης:

<https://github.com/nektarios25ma/>

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

Λεπτά υμένια. Ελάχιστη επιφάνεια, ελάχιστη ενέργεια, περισσή ομορφιά και λίγη 3d εκτύπωση.

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

Περίληψη

Τα λεπτά υμένια, οι μεμβράνες που δημιουργούνται από υγρά όπως το διάλυμα νερού με σαπούνι, παρουσιάζουν ορισμένες ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες ιδιότητες. Η μελέτη των λεπτών υμενίων ξεκίνησε με το έργο του Joseph Plateau, ο οποίος κατέληξε σε μία σειρά κανόνων που ακολουθούν όλα τα λεπτά υμένια σε κατάσταση ισορροπίας. Τα λεπτά υμένια διαθέτουν ενέργεια επιφάνειας, η οποία είναι ανάλογη της επιφάνειας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η μορφή των λεπτών υμενίων να είναι τέτοια ώστε να διαθέτουν την ελάχιστη επιφάνεια, άρα και την ελάχιστη ενέργεια. Ένας όμορφος τρόπος επίδειξης των ιδιοτήτων των υμενίων είναι η κατασκευή πλαισίων διαφόρων σχημάτων και η δημιουργία λεπτών υμενίων βυθίζοντάς τα σε σαπουνόνερο. Η παρούσα εργασία προτείνει τη χρήση της 3d σχεδίασης και εκτύπωσης για την κατασκευή μίας σειράς πλαισίων εμπνευσμένων από αντίστοιχη σειρά συρμάτων πλαισίων του 19ου αιώνα, και τη χρήση τους από τους μαθητές. Σε δεύτερο στάδιο, οι μαθητές μπορούν να σχεδιάσουν τα δικά τους πλαίσια και να μελετήσουν τα λεπτά υμένια που σχηματίζονται σε αυτά.

Abstract

Thin films, the membranes created by liquids such as a soap solution, exhibit some particularly interesting properties. The study of thin films began with the work of Joseph Plateau, who formulated a series of rules that all thin films in equilibrium follow. Thin films have surface energy, which is proportional to their surface area. This results in the shape of the thin films being such that they have the minimum surface area, and therefore the minimum energy. A beautiful way to demonstrate the properties of films is by constructing frames of various shapes and creating thin films by dipping them in soapy water. This paper proposes the use of 3D design and printing to create a series of frames inspired by a corresponding series of wire frames from the 19th century, and their use by students. In a second stage, students can design their own frames and study the thin films that form on them.

Εισαγωγή

Οι σαπουνόφουσες, το αγαπημένο παιχνίδι όλων των παιδιών και όχι μόνο, προσφέρουν πολλές ευκαιρίες για «βουτιές» στη φυσική (Boys, 1959). Είναι ενδιαφέρον πως οι σαπουνόφουσες αποτελούν μία ειδική περίπτωση σχήματος που λαμβάνουν σε κατάσταση ισορροπίας τα λεπτά υμένια (μεμβράνες) από διάλυμα νερού και σαπουνιού. Στη γενικότερη περίπτωση τέτοιες μεμβράνες μπορούν να σχηματιστούν ανάμεσα σε συγκεκριμένα όρια, τα οποία υλοποιούνται συνήθως από συρμάτινα πλαίσια διαφόρων σχημάτων. Η παρούσα εργασία προτείνει τη 3d-σχεδίαση, τη 3d-εκτύπωση και τη χρήση μίας ποικιλίας πλαισίων για

τη μελέτη των ασυνήθιστων σχημάτων που δημιουργούν οι μεμβράνες στην κατάσταση ισορροπίας τους.

Η αναλυτική παρουσίαση της σχετικής θεωρίας είναι εκτός των σκοπών της εργασίας. Επιπλέον, δεν σχετίζεται με το αναλυτικό πρόγραμμα της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, τουλάχιστον όχι άμεσα. Ωστόσο, θα αναφερθούν συνοπτικά κάποια βασικά σημεία ώστε να αποσαφηνιστεί η ιδέα πίσω από την πρότασή μας αλλά και η συσχέτιση που μπορεί να υπάρξει ανάμεσα στις μεμβράνες και στο υφιστάμενο αναλυτικό πρόγραμμα.

Ο Βέλγος φυσικός Joseph Plateau (1801 -1883) ξεκίνησε την πειραματική μελέτη των ιδιοτήτων των λεπτών υμενίων το 1849 καταλήγοντας στους εξής κανόνες, που καθορίζουν τις επιτρεπτές μορφές που μπορούν να λάβουν τέτοιες μεμβράνες ώστε να βρίσκονται σε κατάσταση ισορροπίας (Plateau, 1873):

- Οι μεμβράνες είναι συνεχείς και αδιάσπαστες.
- Κάθε μεμβράνη έχει παντού την ίδια καμπυλότητα.
- Οι επιφάνειες έρχονται σε επαφή σε μία ακμή πάντα ανά τρεις, σχηματίζοντας μεταξύ τους γωνία 120° .
- Οι ακμές συναντιούνται σε ένα σημείο, πάντα ανά τέσσερις, σχηματίζοντας μεταξύ τους γωνία $109,47^\circ$.

Ο Plateau δεν είχε το μαθηματικό υπόβαθρο για να μελετήσει θεωρητικά το θέμα, το οποίο είναι γνωστό ως πρόβλημα Plateau (Wautier et al, 2012). Το πρόβλημα μελετήθηκε από πολλούς μαθηματικούς (ενδεικτικά: Rado, 1930; Douglas, 1931; Nitsche, 1974; Taylor, 1976) και έχει πλέον αποδειχθεί πως οι συγκεκριμένοι κανόνες αποτελούν ικανές και αναγκαίες συνθήκες ώστε το εμβαδόν της επιφάνειας της μεμβράνης να αποτελεί τοπικό ελάχιστο, δηλαδή μετά από κάθε διαταραχή η μεμβράνη αναδιαμορφώνεται έτσι ώστε να ικανοποιεί τους κανόνες του Plateau (Almgren & Taylor, 1976).

Όμως, το εμβαδόν της επιφάνειας της μεμβράνης είναι ανάλογο με την ενέργεια επιφάνειας της μεμβράνης, οπότε η ελαχιστοποίηση του εμβαδού της μεμβράνης συνεπάγεται ελαχιστοποίηση της ενέργειας επιφάνειας. Κατά συνέπεια, κάθε κατάσταση ισορροπίας μίας μεμβράνης συνοδεύεται από ελαχιστοποίηση της ενέργειάς της. Καθώς όλα τα συστήματα στη φυσική τείνουν να ισορροπούν σε καταστάσεις ελάχιστης ενέργειας, πιστεύουμε πως η παρουσίαση και η μελέτη του σχηματισμού μεμβρανών σε πλαίσια μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο έναυσμα μίας ευρύτερης συζήτησης σε μία σχολική τάξη.

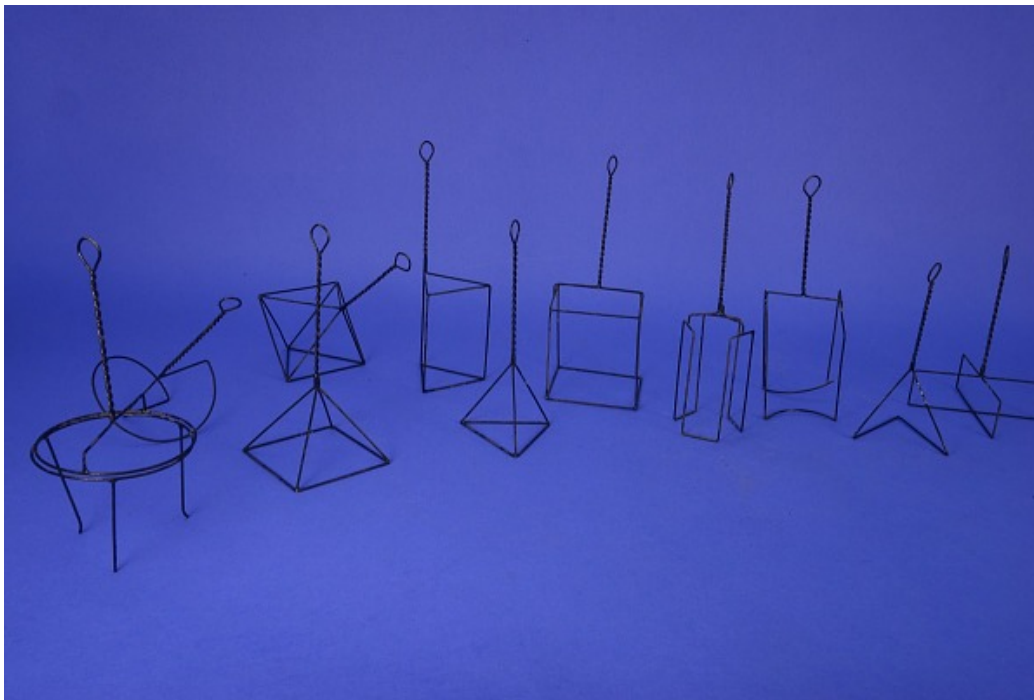
Περιγραφή εργασίας

Η μελέτη του Plateau γνώρισε αποδοχή και διαδόθηκε γρήγορα. Αρκετοί κατασκευαστές επιστημονικών οργάνων άρχισαν να διαθέτουν σειρές από συρμάτινα πλαίσια για τη μελέτη των λεπτών υμενίων (π.χ. Deleuil, 1865; Schilling, 1903). Σχολεία και πανεπιστήμια απέκτησαν τέτοια πλαίσια για την πειραματική επίδειξη του φαινομένου, ενώ αντίστοιχες σειρές παρουσιάστηκαν σε διεθνείς εκθέσεις (π.χ. στην Columbian Exposition, η οποία έλαβε χώρα στο Chicago το 1893). Σημειώνουμε πως για τη σχεδίαση των πλαισίων βασιστήκαμε σε μεγάλο βαθμό στη σειρά της εικόνας 1. Υπάρχει, βέβαια, μεγάλη ποικιλία από άλλα πιθανά σχέδια πλαισίων (Courant, 1940).

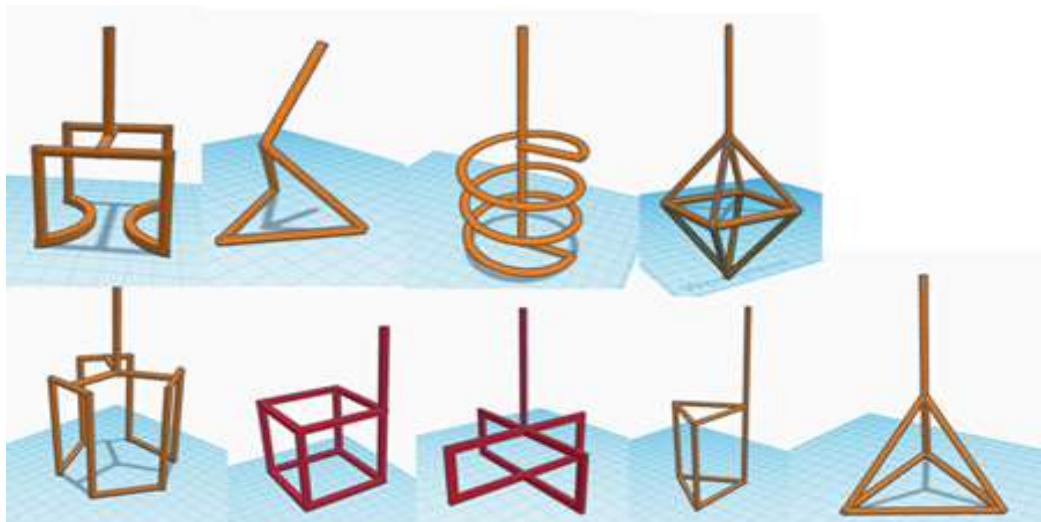
Η σχεδίαση των πλαισίων πραγματοποιήθηκε στην πλατφόρμα Tinkercad (Tinkercad, 2024) και ήταν μία αρκετά εύκολη και σύντομη διαδικασία. Σχεδιάστηκαν και εκτυπώθηκαν συνολικά δώδεκα διαφορετικά πλαίσια. Στην εικόνα 2 παρουσιάζονται εννιά από αυτά.

Κάποια από τα εκτυπωμένα πλαίσια αποδείχθηκε πως δεν είχαν την απαραίτητη αντοχή, ενώ σε κάποια άλλα η εκτύπωση ήταν μία ιδιαίτερα χρονοβόρα διαδικασία. Στην πρώτη περίπτωση

οι δοκοί των πλαισίων σχεδιάστηκαν παχύτερες, ενώ στη δεύτερη η σχεδίαση άλλαξε έτσι ώστε τα πλαίσια να εκτυπωθούν τμηματικά και στη συνέχεια να συναρμολογηθούν. Μία αλλαγή που θα υιοθετήσουμε σε επόμενα σχέδια είναι η αντικατάσταση όσων πλαισίων έχουν τετράγωνη διατομή με άλλα κυκλικής διατομής, ώστε να προσομοιάζουν περισσότερο σε σύρμα.



*Εικόνα 1: Συρμάτινα πλαίσια από το National Museum of American History
(εισαγωγή εικόνας από https://americanhistory.si.edu/collections/nmah_693985)*

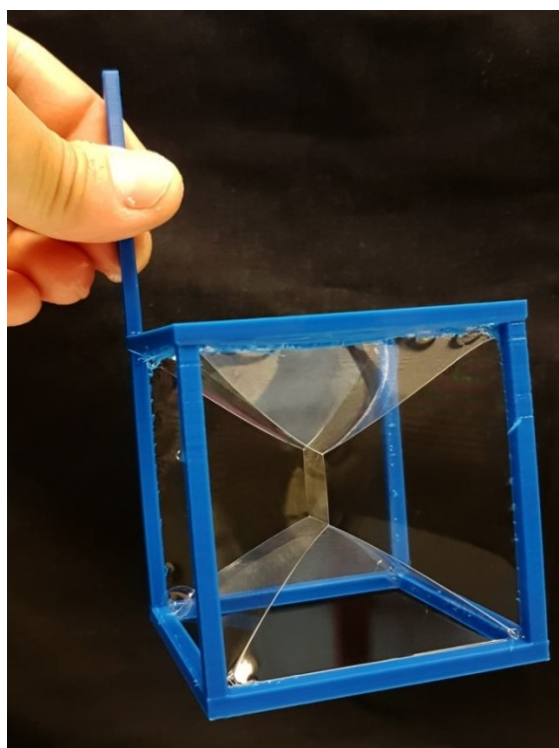


Εικόνα 2: Σχέδια πλαισίων στο Tinkercad

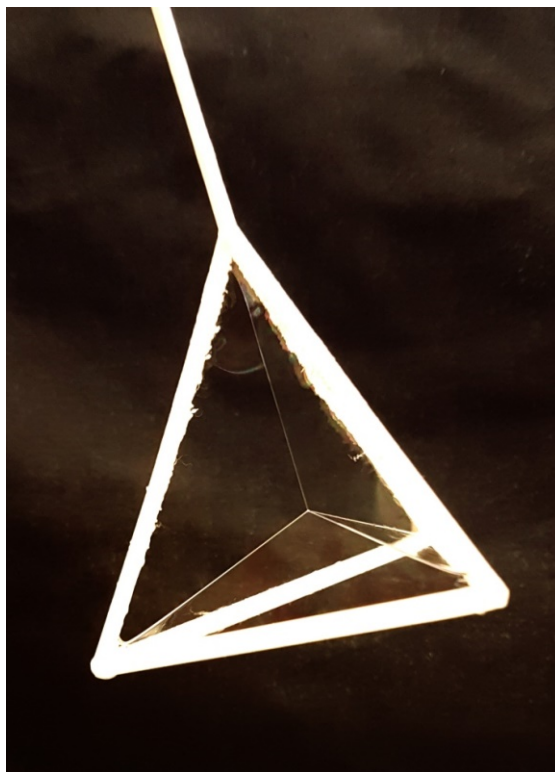
Για τη χρήση των πλαισίων παρασκευάζουμε ένα μείγμα νερού και υγρού απορρυπαντικού για πιάτα σε αναλογία όγκων περίπου 5 προς 1. Προτείνεται το μείγμα να προετοιμαστεί μία μέρα πριν την εκτέλεση των πειραμάτων, ώστε να μην υπάρχει συγκέντρωση φυσαλίδων στην επιφάνειά του. Γενικά, οι μεμβράνες διαλύονται για δύο λόγους. Ο ένας είναι η βαρύτητα, εξαιτίας της οποίας ποσότητα υγρού ρέει από τις υψηλότερες περιοχές μίας μεμβράνης προς τις χαμηλότερες με αποτέλεσμα η μεμβράνη να λεπταίνει και να διαλύεται. Ο δεύτερος λόγος είναι η εξάτμιση του νερού και η συνεπακόλουθη λέπτυνση της μεμβράνης. Για να αντιμετωπίσουμε το δεύτερο πρόβλημα, μπορούμε, προαιρετικά, να προσθέσουμε ποσότητα γλυκερίνης στο διάλυμα. Η γλυκερίνη εξατμίζεται δυσκολότερα από το νερό και η παρουσία της επιμηκύνει τη διάρκεια «ζωής» της μεμβράνης.

Για να δημιουργηθούν τα λεπτά υμένα κρατάμε τα πλαίσια από τις ειδικά σχεδιασμένες ράβδους και τα βυθίζουμε πλήρως στο μείγμα. Μόλις εξαχθούν από το μείγμα μπορούμε να παρατηρήσουμε τα σχήματα που παίρνουν οι μεμβράνες. Αν αναταράξουμε απότομα τα πλαίσια οι μεμβράνες πάλλονται και γρήγορα επανέρχονται σε κατάσταση ισορροπίας (στην αρχική ή σε μία νέα), εκτός αν διαλυθούν. Αρχικά, οι μεμβράνες είναι άχρωμες, αλλά σύντομα αρχίζουν να εμφανίζονται έγχρωμες ζώνες οι οποίες μάλιστα φαίνεται να μετατοπίζονται αργά προς τα κάτω, ενώ δημιουργούνται νέες στις θέσεις τους (Boys, 1959).

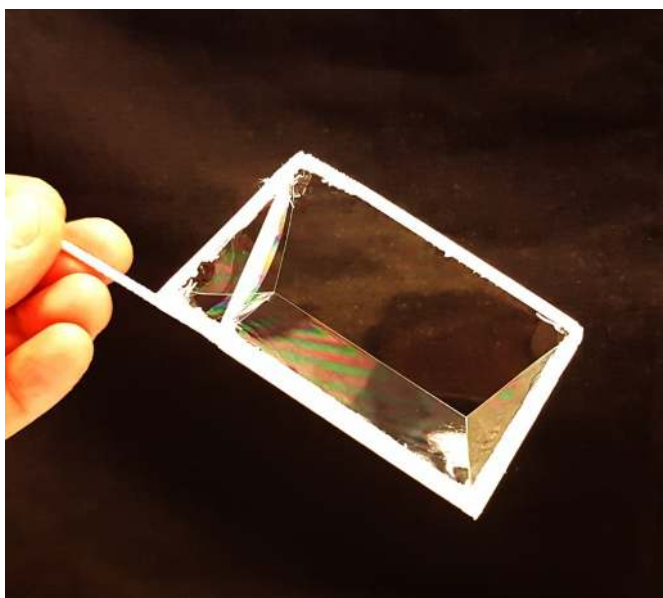
Προτείνεται να χρησιμοποιηθούν αρχικά τα πλαίσια με τα πιο οικεία σχήματα, δηλαδή το κυβικό, το τετραεδρικό και το πρισματικό (εικόνες 3, 4 και 5). Οι μαθητές συνήθως αναμένουν πως θα σχηματιστούν μεμβράνες στις έδρες των πλαισίων, αλλά προς μεγάλη τους έκπληξη οι μεμβράνες ισορροπούν αποκτώντας διαφορετικές μορφές. Η προσεκτική παρατήρηση των μεμβρανών δείχνει πως η μορφή τους ακολουθεί τους κανόνες του Plateau. Για παράδειγμα, οι επιφάνειες έρχονται σε επαφή σε μία ακμή πάντα ανά τρεις, σχηματίζοντας μεταξύ τους γωνία 120° .



Εικόνα 3: Μembrάνη σε κυβικό πλαίσιο



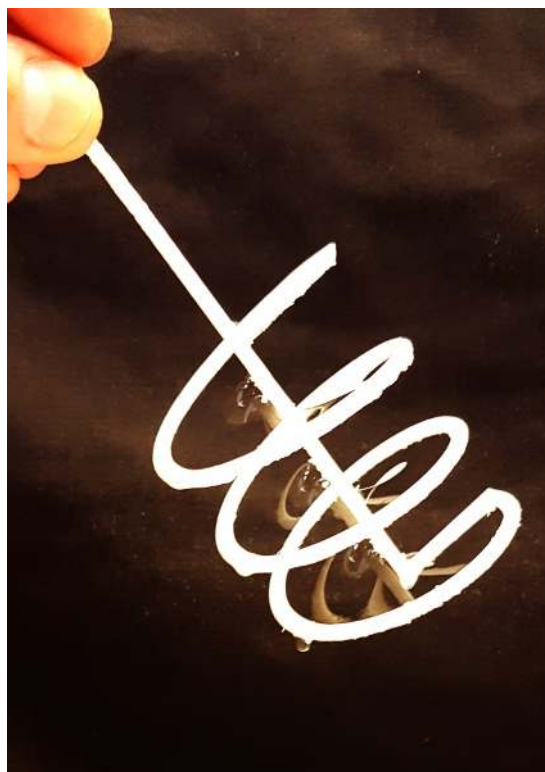
Εικόνα 4: Μembrάνη σε τετράεδρο πλαίσιο



Εικόνα 5: Μembrάνη σε πρισματικό πλαίσιο

Στη συνέχεια οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα υπόλοιπα πλαίσια, στα οποία οι μεμβράνες αποκτούν καμπύλες επιφάνειες. Υπενθυμίζεται πως σύμφωνα

με τους κανόνες του Plateau, αυτές οι επιφάνειες έχουν την ίδια καμπυλότητα παντού. Μία τέτοια κομψή επιφάνεια είναι εκείνη που δημιουργείται στο σπειροειδές πλαίσιο (εικόνα 6).



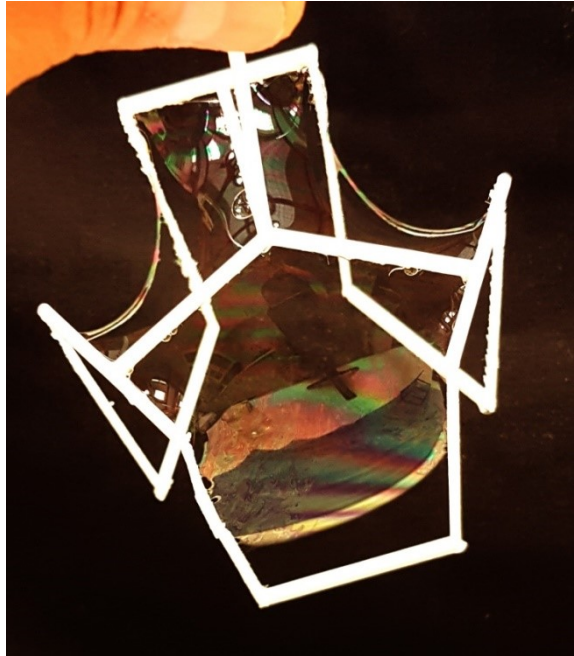
Εικόνα 6: Μεμβράνη σε σπειροειδές πλαίσιο

Ένα από τα απλούστερα πλαίσια είναι εκείνο της εικόνας 7, το οποίο θυμίζει ρόμβο διπλωμένο κατά μήκος μίας διαγωνίου του. Η σχηματιζόμενη σε αυτό μεμβράνη είναι μία σαγμοειδής καμπύλη, εξασφαλίζοντας έτσι την ελάχιστη δυνατή επιφάνεια.



Εικόνα 7: Σαγμοειδής καμπύλη σε πλαίσιο. Διακρίνονται οι έγχρωμες περιοχές που έχουν αρχίσει να σχηματίζονται

Στο μάλλον ασυνήθιστο πλαίσιο των εικόνων 8 και 9 δημιουργούνται τρεις καμπύλες μεμβράνες με ίδια καμπυλότητα.

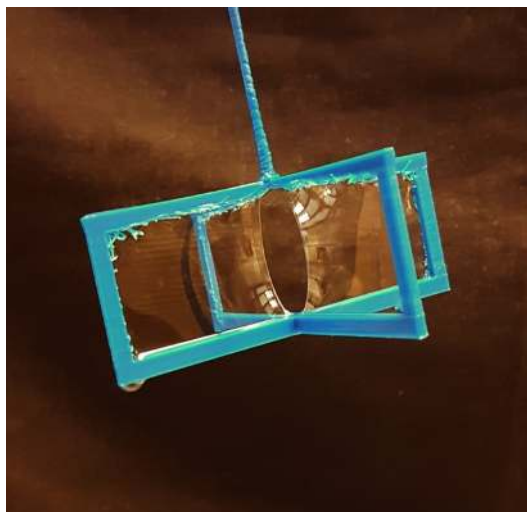


Εικόνα 8: Τρεις καμπύλες σε πλαίσιο



Εικόνα 9: Τρεις καμπύλες σε πλαίσιο

Το πλαίσιο της εικόνας 10 αποτελείται από δύο παραλληλόγραμμα πλαίσια, των οποίων οι επιφάνειες είναι κάθετες μεταξύ τους. Η μεμβράνη που σχηματίζεται αποτελείται από δύο τμήματα, καθώς στο μέσο του πλαισίου εμφανίζεται μία κενή περιοχή, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο τη συνολική επιφάνεια της μεμβράνης.



Εικόνα 10: Διακρίνεται καθαρά η κενή περιοχή στη μεμβράνη, η οποία εξασφαλίζει την ελάχιστη επιφάνεια.

Συμπεράσματα. Τα πλαίσια στο... πλαίσιο του σχολείου.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι μεμβράνες δεν σχετίζονται άμεσα με κάποιο τμήμα του υφιστάμενου αναλυτικού προγράμματος. Ωστόσο, η απλότητα, η ομορφιά και τα αναπάντεχα σχήματα που αποκτούν οι μεμβράνες, σε συνδυασμό με την ελαχιστοποίηση του εμβαδού και της ενέργειας στην κατάσταση ισορροπίας αποτελούν ισχυρά κίνητρα για την εισαγωγή του φαινομένου στη σχολική ζωή, όπως έχουμε διαπιστώσει παρουσιάζοντας τη σειρά υμενίων σε επιμορφώσεις εκπαιδευτικών, σε επισκέψεις σε σχολεία και στους 12ους Πανελλήνιους Αγώνες Πειραμάτων και Κατασκευών.

Ο εκπαιδευτικός, που θα δοκιμάσει να ενσωματώσει το θέμα στη σχολική πράξη- πιθανώς στα πλαίσια των ομίλων- μπορεί αρχικά να επιλέξει την εκτύπωση των πλαισίων από τον ίδιον και την παρουσίασή τους στους μαθητές. Σε ένα δεύτερο στάδιο, οι μαθητές μπορούν να σχεδιάσουν τα δικά τους πρωτότυπα πλαίσια, προσπαθώντας να προβλέψουν το σχήμα της μεμβράνης σε κάθε περίπτωση. Αφού τα εκτυπώσουν μπορούν παρατηρώντας τις μεμβράνες να ελέγξουν τις προβλέψεις τους. Ταυτόχρονα, θα απολαύσουν την ομορφιά και τη συμμετρία που δημιουργούνται από ελάχιστη ποσότητα σαπουνόνερου.

Βιβλιογραφία

- F. J. Almgren, & J. E. Taylor: *The Geometry of Soap Films and Soap Bubbles*, Scientific American, 235/1, (1976), σελ. 82-93
<https://doi.org/10.1038/scientificamerican0776-82>
- V. Boys: *Soap Bubbles: their colors and the Forces which mold them*, (New York: Dover, 1959)

- R. Courant: *Soap Film Experiments with Minimal Surfaces*, American Mathematical Monthly, 47/3, (1940), σελ. 167–174 <https://doi.org/10.1080/00029890.1940.11990957>
- J. A. Deleuil: *Catalogue des instruments de physique, de chimie, d'optique et de mathématiques*, (1865).
- J. Douglas: *Solution of the Problem of Plateau*, Transactions of the American Mathematical Society, 33/1, (1931), σελ. 263–321. <https://doi.org/10.2307/1989472>
- National Museum of American History, https://americanhistory.si.edu/collections/search/object/nmah_693985 (ημερομηνία προσπέλασης: 10/6/2024)
- J. C. C. Nitsche: *Plateau problems and their modern ramifications*, American Mathematics Monthly 81/9, (1974), σελ. 945–968
- J. A.. F. Plateau : *Statique Experimentale et Theorique des Liquides Soumis aux Seules Forces Moleculaires*, 2 vols, (Clemm, Belgium, 1873)
- T. Rado: *On Plateau's Problem*, Annals of Mathematics, 31/3, (1930), σελ. 457–469 <https://doi.org/10.2307/1968237>
- M. Schilling: *Catalog mathematischer Modelle für den höhen mathematischen Unterricht*, (1903)
- J. Taylor: *The Structure of Singularities in Soap-Bubble-Like and Soap-Film-Like Minimal Surfaces*, Annals of Mathematics, Second Series, 103/3, (1976), σελ. 489-539
- Tinkercad, <https://www.tinkercad.com/3d-design> (ημερομηνία προσπέλασης: 10/6/2024)
- K. Wautier, A. Jonckheere, & D. Segers: *The Life and Work of Joseph Plateau: Father of Film and Discoverer of Surface Tension*, Physics in Perspective, 14/3, (2012), σελ. 258–278 <https://doi.org/10.1007/s00016-012-0087-8>

*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στον συγγραφέα.

Μαθαίνουμε γελώντας ή γελάμε μαθαίνοντας;

Μίνδης Ιωάννης, πληροφορικής, 4ο Δημοτικό σχολείο Ελευθερίου – Κορδελιού
[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, [angelikisamanta\[a\]gmail.com](mailto:angelikisamanta[a]gmail.com)

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αποτελεί μία διαθεματική εκπαιδευτική πρόταση STEAM που πραγματοποιήθηκε με τη συνεργασία τριών εκπαιδευτικών διαφορετικών ειδικοτήτων και των σχολείων τους (δημοτικά και γυμνάσιο). Βασιζόμενοι σε γελοιογραφίες που κυκλοφορούν ελεύθερα και ευρέως στο διαδίκτυο με περιεχόμενο σχετικά με το φαινόμενο του ηλεκτρισμού, επιστρατεύτηκαν πολλαπλές τεχνικές ώστε να διαπιστωθούν οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και να επιτευχθεί η αλλαγή τους.

Abstract

This project is a STEAM, multidisciplinary, educational suggestion carried out by three different subject teachers and their schools (primary and secondary schools). Based on cartoons and sketches launched freely and widely on the internet about electricity, multiple techniques were employed to determine whether students' alternative ideas exist and whether their change could be achieved.

Εισαγωγή

Οι Savage et al (2017) ανέφεραν ότι το χιούμορ και το γέλιο στην εκπαιδευτική διαδικασία βοηθάει τους μαθητές να καταπολεμήσουν αρνητικά συναισθήματα όπως άγχος, κατάθλιψη και φόβο. Επιπλέον, η επιστράτευση του χιούμορ από εκπαιδευτικούς δίνει το σήμα στους μαθητές ότι οι εκπαιδευτικοί δεν φοβούνται να κάνουν λάθη και να μοιραστούν τις εμπειρίες με τους μαθητές τους. Στην περίπτωση του αντικειμένου των Φυσικών Επιστημών, η χρήση του χιούμορ μπορεί να φανεί εποικοδομητική και αποτελεσματική στην διαπίστωση εναλλακτικών ιδεών και με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών τελικά να επέλθει η αλλαγή τους.

Η ανάγκη για κατανόηση από τους μαθητές των κανόνων ασφαλείας χρήσης του ηλεκτρισμού φάνηκε επιτακτική, όταν κάποιοι από τους μεγαλύτερους μαθητές, ακολουθώντας την κακή συνήθεια ορισμένων να αποσπούν τα καλώδια του χαλκού από δημόσιους χώρους και να τα πουλούν προς κέρδος, σκέφτηκαν να αφαιρέσουν από το σχολείο καλώδια τα οποία βρίσκονταν σε χρήση. Το εκπαιδευτικό προσωπικό προτίμησε την καλύτερη ενημέρωσή τους σχετικά με τον κίνδυνο της πράξης τους παρά την τιμωρία τους.

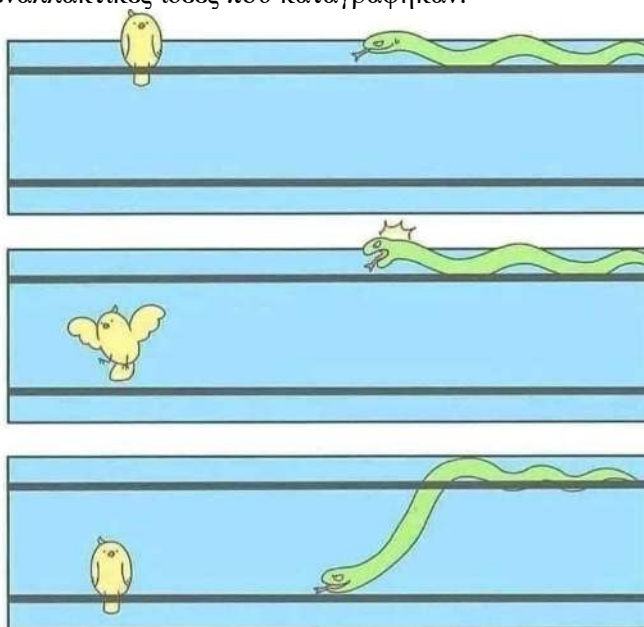
Στη συγκεκριμένη εργασία, παρουσιάζονται ενδεικτικές δραστηριότητες STEAM που πραγματοποιήθηκαν με τη συμμετοχή τριών σχολείων από τον Ν. Θεσσαλονίκης και της Αττικής, μαθητών ηλικίας 11-15, χρησιμοποιώντας γελοιογραφίες σχετικές με τις Φυσικές Επιστήμες και συγκεκριμένα σχετικές με το φαινόμενο του ηλεκτρισμού.

Περιγραφή εργασίας

Το συγκεκριμένο project στηρίχθηκε σε γελοιογραφίες που κυκλοφορούν ελεύθερα και ευρέως στο διαδίκτυο, οι οποίες βρέθηκαν από τους μαθητές. Οι δραστηριότητες πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο των Εργαστηρίων Δεξιοτήτων ώστε να είναι εφικτή η διαθεματικότητα τους. Από μία δεξαμενή πολλών γελοιογραφιών, οι μαθητές επέλεξαν να ασχοληθούν διεξοδικά με 5 από αυτές. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι μαθητές και των τριών σχολείων ασχολήθηκαν με τις ίδιες γελοιογραφίες και κατά την ενασχόλησή τους υπήρχε διαρκής επικοινωνία των τμημάτων προκειμένου να γίνεται ανταλλαγή ιδεών και εποικοδομητικός διάλογος. Παρακάτω περιγράφονται ενδεικτικές δραστηριότητες που πραγματοποιήθηκαν κατά την ενασχόληση με μία από τις πέντε γελοιογραφίες.

Αφόρμηση- παρατήρηση γελοιογραφίας

Στο πρώτο στάδιο, ζητήθηκε από τους μαθητές να παρατηρήσουν τη γελοιογραφία της Εικόνας 1 και να προσπαθήσουν να την εξηγήσουν. Αυτό είχε ως σκοπό να καταγραφούν οι πιθανές εναλλακτικές ιδέες των μαθητών σχετικά με τον ηλεκτρισμό. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι εναλλακτικές ιδέες που καταγράφηκαν.



Εικόνα 17 Γελοιογραφία σχετικά με τη διαφορά δυναμικού

Υλικά και έννοιες	Εναλλακτικές ιδέες
Για τα καλώδια	Τα καλώδια είναι από καλυμμένα από πλαστικό που είναι μονωτικό υλικό.
Για τα ζώα	Τα πόδια των πουλιών είναι μονωμένα
Διαφορά δυναμικού	Δεν υπάρχει ρεύμα ανάμεσα στα σύρματα και στα πουλιά
Ανθρωποκεντρισμός	Ηλεκτροπληξία παθαίνουν μόνο οι άνθρωποι

Μάζα	Τα πουλιά είναι ελαφριά και δεν πιέζουν πολύ το καλώδιο
Χρόνος	Τα πουλιά κάθονται για λίγη ώρα και δεν προλαβαίνει το ρεύμα να τους φτάσει.
Σύγκριση ζώων	Αφού δεν έπαθε το πουλί κάτι, δεν θα πάθει τίποτα και το φίδι

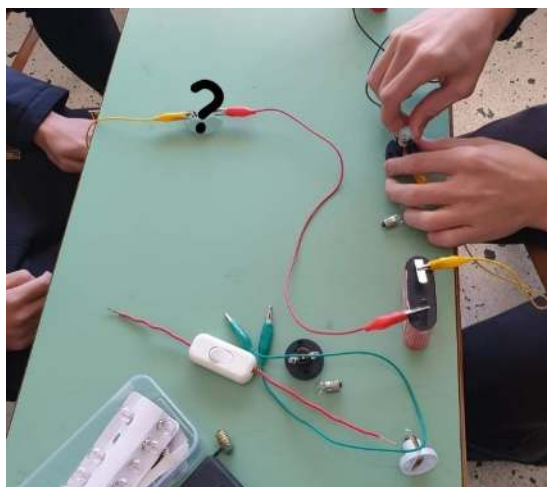
Πίνακας 1 Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών των τριών σχολείων για τον ηλεκτρισμό

Επιλογή δραστηριοτήτων

Για την αλλαγή των παραπάνω εναλλακτικών ιδεών, επιλέχθηκε να πραγματοποιηθούν σχετικά hands-on πειράματα, χρήση εικονικών πειραμάτων και προσομοιώσεων από τον ιστότοπο Phet Colorado και Tinkercad, να γίνει θεατρική αναπαράσταση και συσχετισμός με το γνωστό βιντεοπαιχνίδι Packman.

Σχετικά hands-on και εικονικά πειράματα

Από την παρατήρηση της γελοιογραφίας προέκυψε ότι οι μαθητές θα πρέπει να ασχοληθούν με τους αγωγούς και τους μονωτές, τους κανόνες ασφαλείας χρήσης του ηλεκτρικού ρεύματος και το βραχυκύκλωμα τα οποία υπάρχουν στο αναλυτικό πρόγραμμα τόσο του Δημοτικού όσο και του Γυμνασίου (Τετράδιο Εργασιών Φυσικής Ε' Δημοτικού, Φυσική Γ' Γυμνασίου). Έτσι, έκαναν δοκιμές στο πραγματικό εργαστήριο (Εικόνα 2) και στο εικονικό (Phet Colorado) (Εικόνα 3) για την αγωγιμότητα διαφόρων υλικών που χρησιμοποιούνται καθημερινά όπως δέρμα, πλαστικό, λάστιχο, υγρά, μαλλί, βαμβάκι, μέταλλο κ.ά.

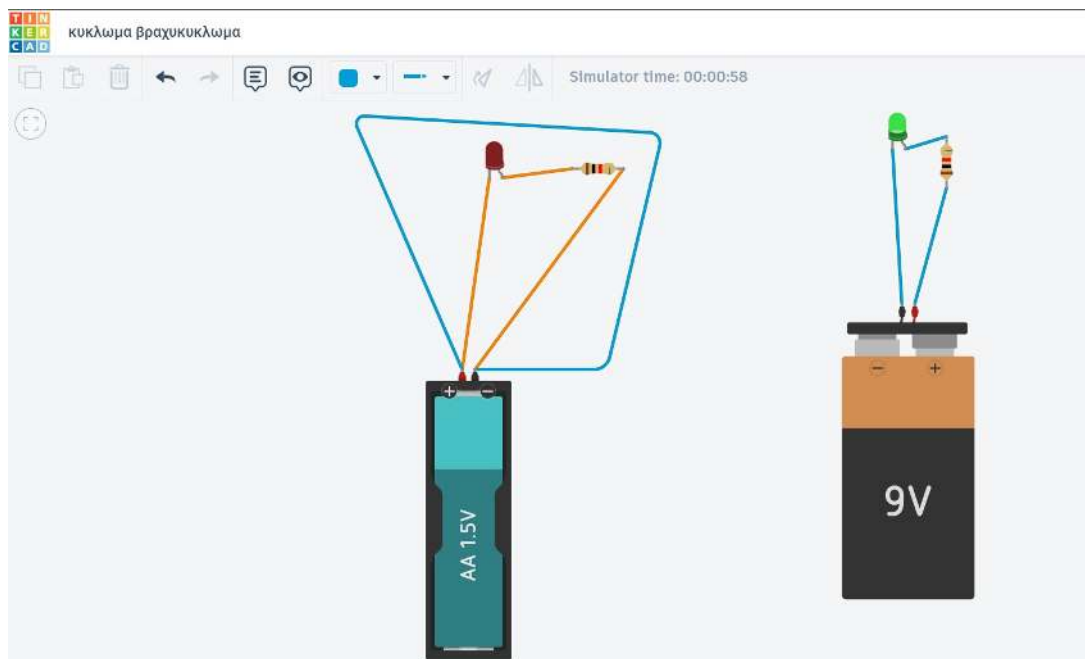


Εικόνα 18 Έλεγχος αγωγιμότητας σε πραγματικό εργαστήριο



Εικόνα 19 Έλεγχος αγωγιμότητας σε εικονικό εργαστήριο Phet Colorado

Στη συνέχεια, οι μαθητές του Γυμνασίου ασχολήθηκαν με την έννοια του βραχυκυκλώματος μελετώντας το, εκτός από το πραγματικό εργαστήριο, και στο εικονικό περιβάλλον του Tinkercad (Εικόνα 4) όπου μελέτησαν πιο σύνθετες διαδικασίες προκειμένου αργότερα να μπορούν εύκολα να εξοικειωθούν με πιο σύνθετες έννοιες και συσκευές.



Εικόνα 20 Εικονικό εργαστήριο Tinkercad

Θεατρική αναπαράσταση

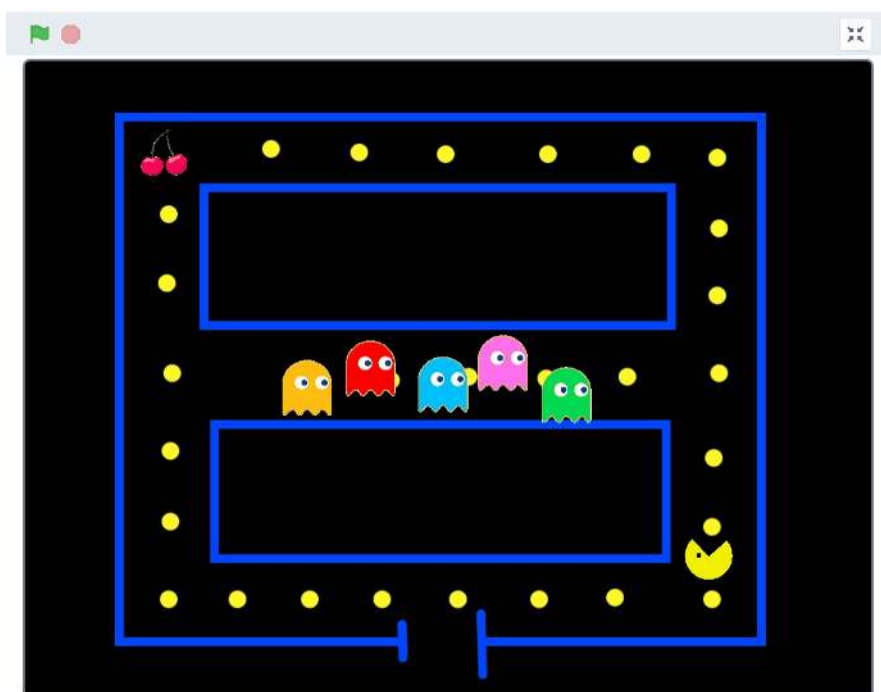
Στην πορεία, οι μαθητές του Γυμνασίου σχεδίασαν θεατρική αναπαράσταση του ηλεκτρικού ρεύματος σχετικά με τους αγωγούς και τους μονωτές και έπειτα την περίπτωση του

βραχυκυκλώματος. Οι αναπαραστάσεις γυρίστηκαν σε βιντεάκι με την ενυπόγραφη έγκριση των γονέων και πραγματοποιήθηκε μοντάζ και εισαγωγή μουσικής από τους ίδιους τους μαθητές.

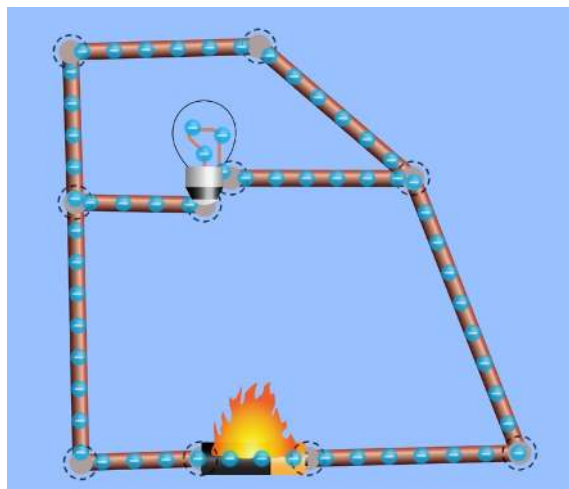
Συσχετισμός με το βιντεοπαιχνίδι Packman

Επιπλέον, οι μαθητές, οι οποίοι είναι εξοικειωμένοι με τα βιντεοπαιχνίδια και τις προδιαγραφές τους, προχώρησαν στην αντιστοίχιση στοιχείων του βιντεοπαιχνιδιού Packman με το βραχυκύκλωμα. Συγκεκριμένα, ανέφεραν ότι όπως το Packman (Εικόνα 5) αναζητεί την καλύτερη δυνατή διαδρομή στην οποία δεν υπάρχουν φαντασματάκια για να του «φάνε» τη ζωή, έτσι και το ηλεκτρικό ρεύμα (Εικόνα 6) προτιμάει τη διαδρομή στην οποία δεν υπάρχουν αντιστάσεις. Σημείωσαν, όμως, ότι ενώ στην περίπτωση του Packman, αυτή του η επιλογή έχει ως αποτέλεσμα να μπορεί να συνεχιστεί το παιχνίδι για πολλή ώρα ακόμη, στην περίπτωση του βραχυκυκλώματος, ουσιαστικά έχει το εντελώς αντίθετο αποτέλεσμα.

Στη συνέχεια, οι μαθητές εφαρμόζοντας απλές αρχές προγραμματισμού, σχεδίασαν στο πρόγραμμα Scratch μία προσομοίωση του Packman όπου φαίνεται ο συσχετισμός με κύκλωμα συνεχούς ρεύματος. Σε αυτή την προσομοίωση, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει τη διαδρομή του Packman και να δει ταυτόχρονα τι θα συνέβαινε αν αντί για βιντεοπαιχνίδι ήταν ένα κύκλωμα συνεχούς ρεύματος.



Εικόνα 21 Στιγμιότυπο από το Scratch που σχεδίασαν μαθητές συσχετίζοντάς το με το βραχυκύκλωμα



Εικόνα 22 Στιγμιότυπο από προσομοίωση Phet Colorado όπου φαίνεται η περίπτωση του βραχυκυκλώματος

Αποτελέσματα- σχόλια

Οι συνεργατικές δράσεις μεταξύ των μαθητών τριών σχολείων συνετέλεσαν στην επίτευξη των αρχικών στόχων. Μέσω της παρατήρησης και του αναστοχασμού καταγράφηκαν αρχικά οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών αλλά μετέπειτα κατέστη δυνατή η ενασχόληση με αυτές και η αλλαγή τους. Οι δραστηριότητες STEAM με τις οποίες ασχολήθηκαν οι μαθητές, βοήθησαν ώστε να προσεγγιστούν έννοιες όπως η έννοια του ηλεκτρισμού και της ασφάλειας χρήσης του με τη βοήθεια πολλαπλών αναπαραστάσεων αλλά και να αυξηθεί το ενδιαφέρον των μαθητών για τις Φυσικές Επιστήμες γενικότερα.

Βιβλιογραφία

- Ερευνώ και Ανακαλύπτω Ε' Δημοτικού- Τετράδιο Εργασιών, Υπουργείο Παιδείας, Έρευνας και Θρησκευμάτων – Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής
- Φυσική Γ' Γυμνασίου- Βιβλίο Μαθητή, Υπουργείο Παιδείας, Έρευνας και Θρησκευμάτων– Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής
- Savage, B., Lujan, H., Thipparathi, R., & DiCarlo, S. (2017). Humor, laughter, learning, and health! A brief review. Adv Physiol Educ. 41. 341-347. <https://doi.org/10.1152/advan.00030.2017>

*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στους συγγραφείς.

Αυτοματοποιημένη συσκευή περίθλασης

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

Περίληψη

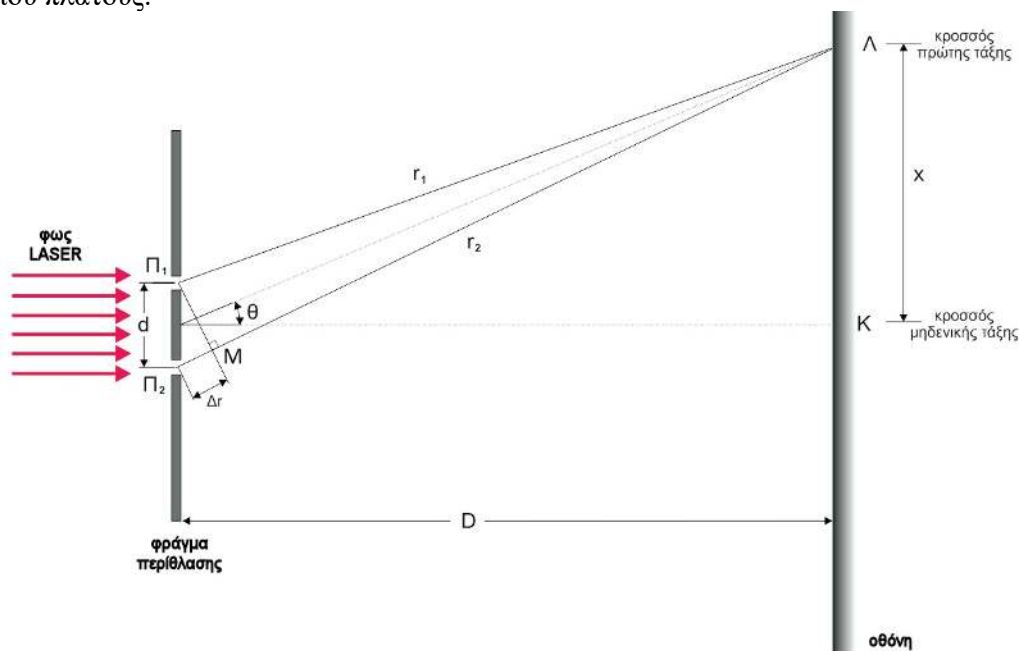
Η παρούσα εργασία αφορά την κατασκευή μιας αυτοματοποιημένης συσκευής λήψης πειραματικών δεδομένων περίθλασης του φωτός ενός δείκτη LASER.

Abstract

The present work concerns the construction of an automated device for obtaining experimental data of diffraction of the light of a LASER pointer.

Εισαγωγή

Όταν το φως διέρχεται μέσα από μία λεπτή σχισμή τότε σε μία οθόνη τοποθετημένη πίσω από τη σχισμή δεν εμφανίζεται απλώς μια φωτεινή κηλίδα, αλλά ένα μοτίβο που περιλαμβάνει διαδοχικά φωτεινές και σκοτεινές περιοχές. Πρόκειται για ένα φαινόμενο, που ονομάζεται περίθλαση και στο οποίο εκδηλώνεται η κυματική φύση του φωτός. Ανάλογο φαινόμενο εμφανίζεται και στην περίπτωση που, στην πορεία διάδοσης του φωτός ενός δείκτη LASER παρεμβληθεί ένα «φράγμα περίθλασης», δηλαδή μια γυάλινη πλάκα στην οποία έχουν χαραχθεί πολύ κοντά μεταξύ τους πολλές παράλληλες ισαπέχουσες γραμμές του ίδιου πλάτους.



Εικόνα 23: Πειραματική διάταξη

Η θεωρητική μελέτη του φαινομένου της περίθλασης καταλήγει στο συμπέρασμα πως οι φωτεινές κηλίδες στην οθόνη προσδιορίζονται με βάση την εξίσωση:

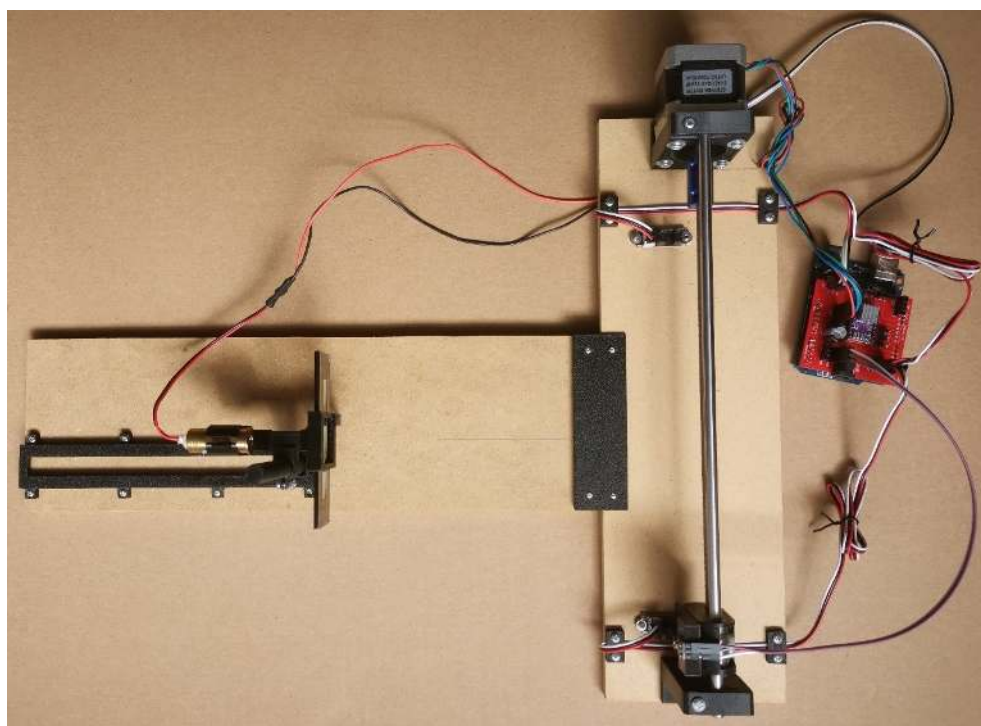
$$d \cdot \sin \theta = m \cdot \lambda \quad (1)$$

όπου λ το μήκος κύματος του χρησιμοποιούμενου μονοχρωματικού φωτός, m η τάξη της φωτεινής κηλίδας (κροσσού) και d η σταθερά του φράγματος που είναι ίση με το αντίστροφο του αριθμού των γραμμών του φράγματος ανά μονάδα μήκους. Το ημίτονο της γωνίας θ υπολογίζεται ως:

$$\sin \theta = \frac{x}{\sqrt{D^2 + x^2}} \quad (2)$$

Περιγραφή εργασίας

Η διάταξη που παρουσιάζουμε (Εικόνα 2) χρησιμοποιεί ένα δείκτη LASER, το φως του οποίου περιθλάται από ένα φράγμα των 100 γραμμών/mm (που μπορεί να αντικατασταθεί και με άλλο π.χ. 300 ή και περισσότερων γραμμών/mm). Κάθετα στην αρχική διεύθυνση διάδοσης του φωτός κινείται ένας αναλογικός αισθητήρας (TEMT6000) μέτρησης της έντασης (σε lux) του περιβάλλοντος φωτισμού και είναι συνδεδεμένος σε μια πλακέτα μικροελεγκτή Arduino.



Εικόνα 24: Η πειραματική διάταξη

Για την ευθύγραμμη κίνηση του ο αισθητήρας έχει στερεωθεί σε ένα σύστημα μετατροπής της περιστροφικής κίνησης ενός βηματικού κινητήρα σε γραμμική, που αποτελείται από μια πλαστική βάση που μπορεί να κινείται στηριζόμενη σε δύο μεταλλικές ράβδους, μία λεία και μια που φέρει σπείρωμα και συνδέεται στον άξονα του βηματικού κινητήρα. Η μετατροπή

της περιστροφικής κίνησης σε γραμμική γίνεται με τη βοήθεια τριών μεταλλικών «παξιμαδιών» που είναι στερεωμένα μέσα στην πλαστική βάση και μέσα τους «βιδώνει» ο άξονας με το σπείρωμα. Ο έλεγχος του βηματικού κινητήρα γίνεται μέσω μιας μονάδας DRV8825 συνδεδεμένης στον ίδιο Arduino.

Το εύρος της γραμμικής κίνησης του αισθητήρα είναι περί τα 20 cm. Δύο φωτοπύλες μινιατούρες χρησιμοποιούνται για την οριοθέτηση των δύο άκρων αυτής της κίνησης.

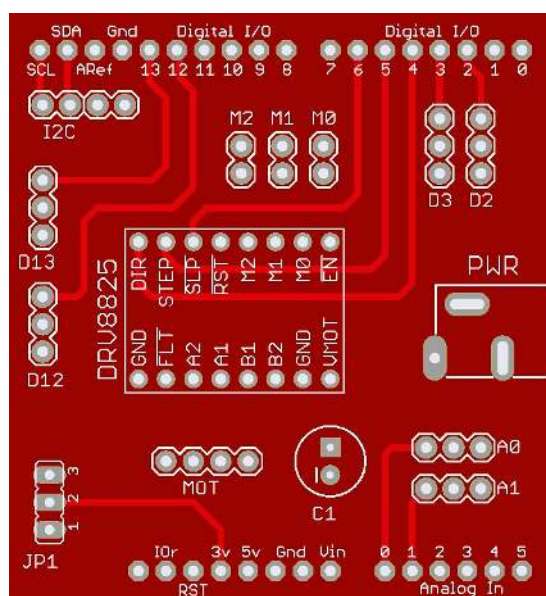
Ο βηματικός κινητήρας χρειάζεται 200 βήματα για να ολοκληρώσει ο άξονάς του μια πλήρη περιστροφή και τότε ο αισθητήρας έχει μετακινηθεί ευθύγραμμα κατά 0,8 mm. Συνεπώς η απόσταση κατά την οποία μετακινείται ο αισθητήρας όταν ο άξονας του κινητήρα έχει περιστραφεί κατά N βήματα, μπορεί να υπολογιστεί ως:

$$d = N \cdot \left(\frac{0,8}{200} \right) \quad (3)$$

Κατάλληλα σχεδιασμένες βάσεις και εκτυπωμένες σε 3D εκτυπωτή χρησιμοποιούνται τόσο για τη στερέωση του συστήματος μετατροπής της περιστροφικής κίνησης του άξονα του μοτέρ σε γραμμική, όσο και για τη στήριξη του LASER και του φράγματος περίθλασης. Η βάση για το LASER έχει σχεδιαστεί κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να διευκολύνεται η αντικατάσταση του LASER με κάποιο άλλο, π.χ. διαφορετικού χρώματος.

Το φράγμα περίθλασης μπορεί να μετακινείται αυξομειώνοντας την απόστασή του από τον αισθητήρα, η οποία μπορεί να μετρηθεί με τη βοήθεια μετρητικής χαρτοταινίας κατάλληλα στερεωμένης στην ξύλινη βάση της συσκευής.

Για την απλοποίηση των συνδέσεων έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί μικρή πλακέτα (Εικόνα 3) που περιλαμβάνει τον οδηγό βηματικού κινητήρα DRV8825 και τις απαιτούμενες επαφές για τη σύνδεση του αισθητήρα φωτός και των δύο φωτοπυλών στον Arduino, καθώς και για την τροφοδοσία του κινητήρα και του LASER. Η πλακέτα “κουμπώνει” με αντίστοιχες ακίδες πάνω στην πλακέτα του Arduino.



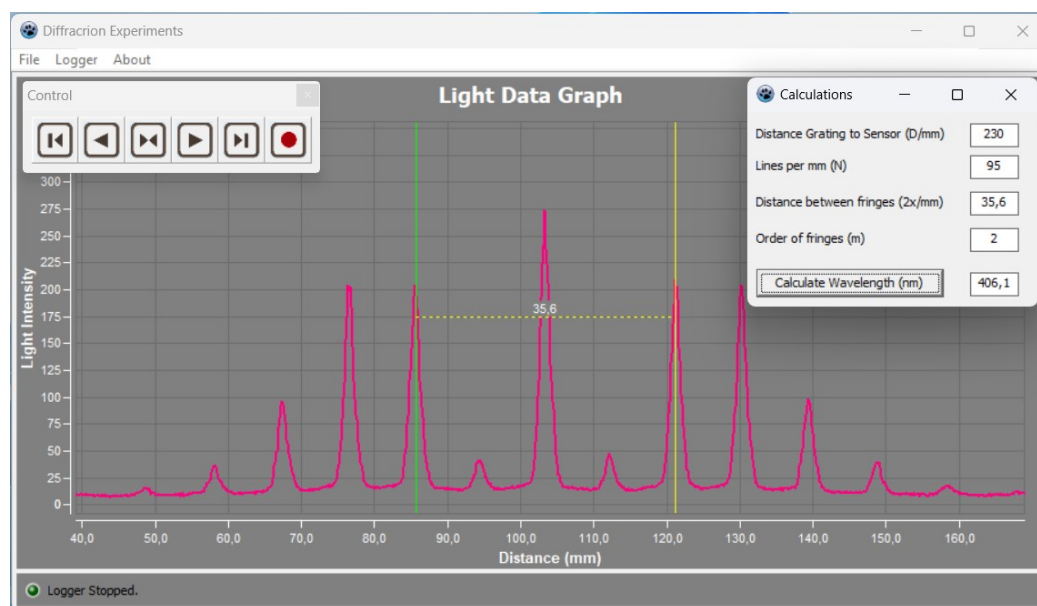
Εικόνα 25: Η επάνω όψη της πλακέτας

Μέσω καλωδίου USB ο Arduino συνδέεται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή στον οποίο “τρέχει” κατάλληλο λογισμικό για τη λήψη και απεικόνιση των πειραματικών δεδομένων έντασης φωτός – απόστασης, αλλά και για τον έλεγχο της διάταξης.

Σε γράφημα στην οθόνη του υπολογιστή απεικονίζονται τα πειραματικά δεδομένα φωτεινότητας-απόστασης (Εικόνα 3). Πάνω στο γράφημα μπορούν να μετακινούνται δύο δρομείς, μέσω των οποίων υπολογίζεται η απόσταση μεταξύ των μεγίστων περίθλασης και τελικά μέσω κατάλληλης επεξεργασίας το μήκος κύματος του χρησιμοποιούμενου LASER.

Μια κρυφή δυνατότητα (ενεργοποιούμενη με το πλήκτρο F10) του λογισμικού, χρήσιμη για τον γρήγορο έλεγχο καλής λειτουργίας, είναι η δυνατότητα επεξεργασίας των δεδομένων και υπολογισμού του μήκους κύματος του χρησιμοποιούμενου LASER.

Το λογισμικό που “τρέχει” στον Arduino έχει σχεδιαστεί, ώστε να ανταποκρίνεται στις εντολές που μέσω του καλωδίου USB του αποστέλλει ο συνδεδεμένος υπολογιστής.



Εικόνα 26: Το κύριο παράθυρο του λογισμικού λήψης και απεικόνισης

Για την ορθή λειτουργία της συσκευής απαιτείται, μέσω του σχετικού ποτενσιόμετρου του οδηγού DRV8825, ρύθμιση του μεγίστου ρεύματος για το βηματικό κινητήρα σε μια τιμή περί τα 1,2 A. Ρεύμα μικρότερο από 1 A μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια βημάτων και λανθασμένη καταγραφή της απόστασης κατά την οποία κινήθηκε ο αισθητήρας έντασης φωτός.

Η Εικόνα 4 των πειραματικών δεδομένων που ελήφθησαν με ένα LASER ιώδους χρώματος ($\lambda = 405 \text{ nm}$), φανερώνει ένα πρόβλημα: Η ένταση των κροσσών πρώτης τάξης είναι αισθητά μικρότερη της αναμενόμενης. Αυτό οφείλεται στην ποιότητα κατασκευής του συγκεκριμένου φράγματος που χρησιμοποιήσαμε και διορθώνεται με τη χρήση άλλου φράγματος καλύτερης ποιότητας. Ακόμη ένα πρόβλημα σε σχέση με την ποιότητα του φράγματος είναι η ονομαστική τιμή του αριθμού των γραμμών ανά μονάδα μήκους: Για το φράγμα των 100 γραμμών/mm, η πειραματικά υπολογισμένη τιμή προέκυψε ίση με 95 γραμμές/mm.

Βιβλιογραφία

- How2Electronics, TEMT6000 Ambient Light Sensor & Arduino, <https://how2electronics.com/temt6000-ambient-light-sensor-arduino-measure-light-intensity/> (ημερομηνία προσπέλασης: 25/09/2023)
- MakerGuides, How to control a stepper motor with DRV8825 driver and Arduino, <https://www.makerguides.com/drv8825-stepper-motor-driver-arduino-tutorial/> (ημερομηνία προσπέλασης: 25/09/2023)
- H. D. Young, *University Physics* (Pearson Education, San Fransisco 2008)

*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στον συγγραφέα.

Κβαντομηχανική με απλά υλικά και συνήθη όργανα του εργαστηρίου

*Σωτηροπούλου Άννα, Φυσικός, Υπεύθυνη Ε.Κ.Φ.Ε. Μεσσηνίας [asot61\[a\]otenet.gr](mailto:asot61[a]otenet.gr)
Μαρίνα Λαντζούνη, Βιολόγος, Πειραματικό Γυμνάσιο Καλαμάτας [mlantzouni\[a\]gmail.com](mailto:mlantzouni[a]gmail.com)*

Περίληψη

Δύο βασικές αρχές της Κβαντομηχανικής, το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο και η αρχή της αβεβαιότητας, παρουσιάζονται μέσα από πειράματα με απλά υλικά. Ο στόχος είναι οι μαθητές να εμπλακούν στη διαδικασία της απόκτησης της γνώσης, ακόμα και για ζητήματα που θεωρούνται από την πλειοψηφία εκπαιδευτικών και εκπαιδευομένων δύσκολα. Η διαπραγμάτευση του φωτοηλεκτρικού φαινομένου πραγματοποιείται με ηλεκτροσκόπιο, λάμπα UV και φύλλο ψευδαργύρου. Αντίστοιχα για την αρχή της αβεβαιότητας γίνεται χρήση δείκτη laser, ξυραφάκια, CD και μια χαλασμένη τηλεόραση.

Abstract

Two basic principles of Quantum Mechanics, the photoelectric effect and the uncertainty principle, are demonstrated through experiments with simple materials. The goal is for students to get involved in the process of acquiring knowledge, even for issues that are considered difficult by the majority of teachers and trainees. Negotiating the photoelectric effect is done with an electroscope, UV lamp and zinc foil. Accordingly, for the principle of uncertainty, a laser pointer, razors, CDs and a broken TV are used.

Εισαγωγή

Το 1921 ο Albert Einstein έλαβε το βραβείο Nobel Φυσικής για την εξήγηση του φωτοηλεκτρικού φαινομένου. Η εξήγηση αυτή στηρίχθηκε στην υπόθεση της κβάντωσης η οποία είχε εισαχθεί μερικά χρόνια νωρίτερα από τον Μαξ Πλανκ για τη ερμηνεία της ακτινοβολίας του μέλανος σώματος.

Το 1927 ο Werner Heisenberg διατύπωσε την περίφημη αρχή της αβεβαιότητας –ή αρχή της απροσδιοριστίας– σύμφωνα με την οποία: «Το γινόμενο των αβεβαιοτήτων θέσης ορμής δεν μπορεί να γίνει μικρότερο από το ήμισυ της σύγχρονης σταθεράς του Planck». Το 1932 βραβεύτηκαν οι εργασίες του στην Κβαντική Μηχανική με το Nobel Φυσικής.

Στη συνέχεια ο Einstein εναντιώθηκε στη θεωρία των κβάντων, γιατί δεν μπορούσε να πιστέψει ότι οι νόμοι της φυσικής μπορούν να εμπεριέχουν τυχαιότητα. Με τα δικά του λόγια: «Δεν μπορώ να πιστέψω ότι ο Θεός παίζει ζάρια με τον κόσμο».

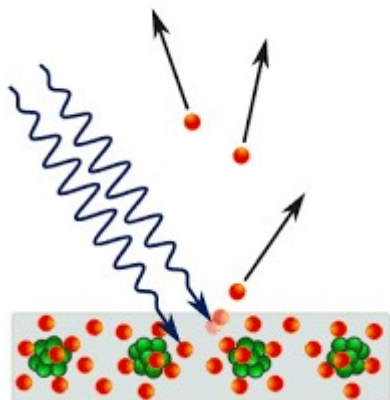
Περιγραφή εργασίας - Το πρόβλημα

Έχω να κάνω μάθημα κβαντομηχανικής. Όλα όσα διαθέτω στο εργαστήριο είναι μια λάμπα UV, ξηλωμένη από ένα μπαράκι που έκλεισε, χαλασμένες συμπαγείς λάμπες φθορισμού, μια χαλασμένη τηλεόραση trinitron, CD που αγγίζουν το ενδιαφέρον των αρχαιολόγων, κλασικά παλιά ξυραφάκια σε πολύ καλή κατάσταση και ακόμα ένα δείκτη laser και ηλεκτροσκόπια.

Στα πλαίσια της βιωσιμότητας στην εκπαίδευση θέλω να προσπαθήσω να φτιάξω ένα μάθημα με τα παραπάνω υλικά. Είναι άραγε δυνατό κάτι τέτοιο;

Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο

Μια μεταλλική επιφάνεια απελευθερώνει ηλεκτρόνια στο περιβάλλον όταν πάνω της προσπίπτει φως.



Εικόνα 1: Εκπομπή ηλεκτρονίων από μέταλλο στο οποίο προσπίπτει φως, πηγή Wikimedia commons

Πειραματικά διαπιστώνεται ότι:

1. Εκπομπή φωτοηλεκτρονίων έχουμε μόνο όταν η συχνότητα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερη ή ίση μιας ορισμένης συχνότητας, συχνότητα κατωφλίου f_0 , χαρακτηριστικής για το μέταλλο.
2. Ο αριθμός των ηλεκτρονίων που αποσπώνται από το μέταλλο ανά μονάδα χρόνου είναι ανάλογος της έντασης της φωτεινής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο μέταλλο.
3. Η ταχύτητα με την οποία εξέρχονται τα ηλεκτρόνια εξαρτάται μόνο από τη συχνότητά της ακτινοβολίας και αυξάνεται όταν η συχνότητα της μεγαλώνει.

Συνεπώς για να εξέλθει ηλεκτρόνιο από το μέταλλο πρέπει το φωτόνιο που θα δεχθεί να έχει ενέργεια hf τουλάχιστον ίση με το έργο εξαγωγής του ϕ

$$hf - \phi \geq 0 \quad \text{ή} \quad f \geq \frac{\phi}{h} \quad (1)$$

Στο όριο $f_0 = \frac{\phi}{h}$ έχουμε τη **συχνότητα κατωφλίου**

$$hf - \phi \geq 0$$

Υλικά για το πείραμα:

Ηλεκτροσκόπιο

Φελιζόλ

Ταψάκι αλουμινίου με προσαρμοσμένη μονωτική λαβή

Φύλλο ψευδαργύρου

Αλουμινόχαρτο

Βαμβακερό πανί ή χαρτί κουζίνας

Λάμπα UV

Το ηλεκτρονικό μέρος μιας παλιάς συμπαγούς λάμπας φθορισμού

Ξύλο για την τοποθέτηση της λάμπας

Κατασκευές

Κατασκευή ηλεκτροφόρου

Η ηλεκτροφόρος χρησιμοποιείται για να φορτίσουμε αρνητικά, με επαγωγή, το ηλεκτροσκόπιο. Η επιλογή της ηλεκτροφόρου έγινε γιατί μπορεί να μας δώσει φορτία ακόμα και σε αντίξοες συνθήκες (υψηλή υγρασία).

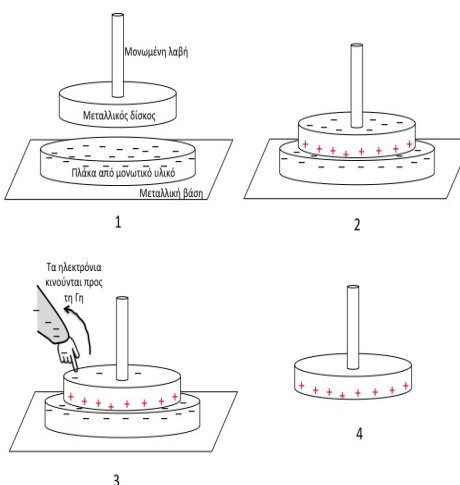
Η δική μας ηλεκτροφόρος αποτελείται από ένα κομμάτι φελιζόλ, το οποίο φορτίζεται αρνητικά όταν το τρίβουμε με βαμβακερό ύφασμα ή χαρτί κουζίνας, και από το ταψάκι με τη μονωτική λαβή (κολλημένο ποτήρι φελιζόλ). Όταν το ταψάκι ακουμπά στο φορτισμένο φελιζόλ, πραγματοποιείται διαχωρισμός φορτίων και εμφανίζονται θετικά στην κάτω πλευρά και αρνητικά στην πάνω. Αγγίζοντας το ταψάκι δίνουμε διέξοδο στα αρνητικά φορτία (ηλεκτρόνια) να διαφύγουν μέσα από το σώμα μας προς τη Γη οπότε είναι πλέον θετικά φορτισμένο, έχοντας έλλειμμα ηλεκτρονίων.

Κατασκευή βάσης και η σύνδεση σε αυτήν της λάμπας UV

Κανονικά απαιτείται η χρήση μετασχηματιστή και starter. Για πιο ελαφριά κατασκευή όμως επιλέγουμε να συνδέσουμε τη λάμπα στο ηλεκτρονικό μέρος μιας παλιάς συμπαγούς λάμπας φθορισμού, το οποίο κάνει μετασχηματισμό και ανόρθωση, ενώ είναι μικρό και ελαφρύ. Τέλος καλύπτουμε το ηλεκτρονικό με πλαστικό για την αποφυγή ατυχημάτων. Οι παρακάτω εικόνες δείχνουν την κατασκευή:



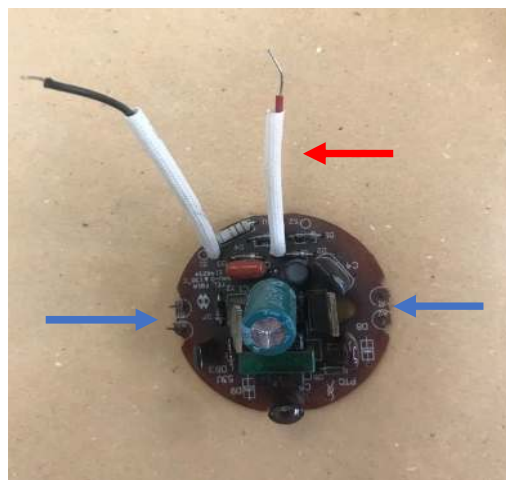
Εικόνα 4: Συμπαγής λάμπα φθορισμού.
Το τόξο δείχνει που βρίσκεται το ηλεκτρονικό μέρος



Εικόνα 2: Η αρχή λειτουργίας της ηλεκτροφόρου του Volta



Εικόνα 3: Ηλεκτροφόρος με απλά υλικά



Εικόνα 5



Εικόνα 6: Σύνδεση και τοποθέτηση σε ξύλινη βάση



Εικόνα 7: Ολοκλήρωση κατασκευής



Εικόνα 8: Το τελικό αποτέλεσμα

Το πείραμα:

Πάνω στο ηλεκτροσκόπιο τοποθετούμε ένα φύλλο ψευδαργύρου ή αλουμινόχαρτο, το οποίο πρώτα το τρίβουμε με σύρμα κουζίνας για να απομακρυνθεί το επιφανειακό οξειδίο.

Στη συνέχεια το φορτίζουμε αρνητικά με την ηλεκτροφόρο και μετράμε το χρόνο που απαιτείται για να εκφορτιστεί σε ορατό φως. Συνήθως είναι της τάξης της μιας ώρας, στις συνθήκες του χώρου μας και οφείλεται κυρίως στην κοσμική ακτινοβολία.

Επαναλαμβάνουμε τη φόρτιση του ηλεκτροσκοπίου και το φωτίζουμε τώρα με λάμπα UV. Το ηλεκτροσκόπιο εκφορτίζεται σε χρόνο της τάξης του ενός λεπτού. Ο λόγος είναι ότι τα φωτόνια της ακτινοβολίας UV έχουν την απαραίτητη ενέργεια για την εκπομπή ηλεκτρονίων από το μέταλλο, όχι όμως και τα φωτόνια του ορατού φωτός.

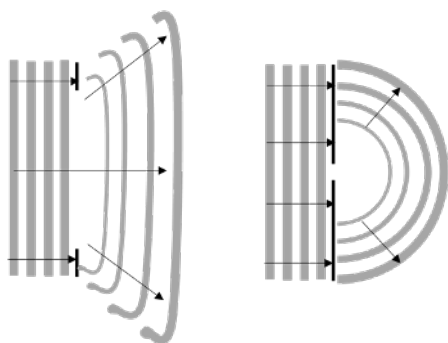
Στη συνέχεια καλύπτουμε το μισό φύλλο ψευδαργύρου με χαρτί. Φορτίζουμε το ηλεκτροσκόπιο και το φωτίζουμε με τη λάμπα UV. Ο χρόνος εκφόρτισης διπλασιάζεται, φανερώνοντας ότι καθώς τα φωτόνια της ακτινοβολίας UV που προσπίπτουν στο μέταλλο είναι τα μισά (ανά μονάδα χρόνου), το ίδιο συμβαίνει και με τα φωτοηλεκτρόνια.



*Εικόνα 9:
Ηλεκτροσκόπιο με
φύλλο ψευδαργύρου*

Παρατήρηση: Η ενέργεια 1^{ου} ιονισμού του ψευδαργύρου είναι 9,36eV, ενώ η μέγιστη ενέργεια φωτονίου της λάμπας UV που χρησιμοποιούμε είναι 3,4 eV. Έχοντας όμως φορτίσει το φύλλο ψευδαργύρου, αποκτά ηλεκτρόνια σε υψηλότερη ενεργειακή κατάσταση και αυτά είναι που αποσπώνται, καθώς φωτόνια πέφτουν στο μέταλλο.

Η αρχή της αβεβαιότητας θέσης – ορμής



$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{\hbar}{2} \quad (2)$$

Λόγω της κυματικής φύσης του σωματίου, π.χ. ηλεκτρονίου, φωτονίου κ.τ.λ., κάθε απόπειρα να μετρήσουμε τη θέση του περνώντας το από μια σχισμή, προκαλεί άνοιγμα της δέσμης.

Εικόνα 10: Περίθλαση φωτός

Υλικά για το πείραμα:

Ένα κομμάτι ξύλο
Δείκτης laser
2 ξυραφάκια
4 Βίδες και παξιμάδια
Μανταλάκι
3 βάσεις, 3 ράβδοι, 2 σύνδεσμοι, 2 λαβίδες
Το πλέγμα από τηλεόραση trinitron
Ξεφλουδισμένο CD

Κατασκευή

Κάνουμε μια τομή στο ξύλο, παράλληλα στις δύο μεγάλες έδρες. Τοποθετούμε μέσα στην τομή τα ξυραφάκια έτσι ώστε να σχηματίζουν γωνία και τα στερεώνουμε με βίδες και παξιμάδια. Οι παρακάτω εικόνες δείχνουν την κατασκευή:



Εικόνα 11: (α) Τα ξυραφάκια που σχηματίζουν γωνία, (β) η τομή, η πίσω όψη και η στήριξη

Το πείραμα:

Στηρίζουμε με τη χρήση βάσεων, ράβδων, συνδέσμων και λαβίδων τη σχισμή από τα ξυραφάκια και το laser. Το μανταλάκι χρησιμεύει για να μένει το laser ενεργοποιημένο χωρίς να χρειάζεται να πατάμε το κουμπί με το χέρι.

Στοχεύουμε αρχικά το φαρδύ άνοιγμα των ξυραφιών με το laser και σιγά σιγά κινούμε τη δέσμη του φωτός προς το στενό. Στον πίνακα, που βρίσκεται 7m απέναντι από το laser, παίρνουμε τις παρακάτω εικόνες:



Εικόνα 12: Διάταξη πειράματος



Φαρδύ άνοιγμα

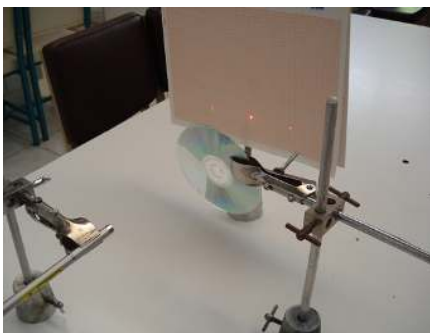


Στενό άνοιγμα

Εικόνα 13: Τι βλέπουμε στον πίνακα της τάξης, απέναντι από τη διάταξη

Επιβεβαιώνουμε με αυτόν τον τρόπο ότι όσο καλύτερα προσδιορίζουμε τη θέση από την οποία περνά το φωτόνιο, τόσο περισσότερο χάνουμε πληροφορίες για την ταχύτητά του.

Στη συνέχεια στέλνουμε τη δέσμη laser να περάσει μέσα από έναν ξεφλουδισμένο δίσκο CD και ένα πλέγμα τηλεόρασης trinitron



Εικόνα 14: Καθώς το φως περνά μέσα από το υλικό του CD, βλέπουμε μια σειρά από κουκίδες στην οθόνη πίσω του

Η χάραξη στο CD είναι τέτοια ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν φράγμα περίθλασης με 625 χαραγές/mm ή $d=1600 \text{ nm}$

Το πλέγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν φράγμα περίθλασης με 14 χαραγές/cm



Εικόνα 15: Το πλέγμα της οθόνης αποτελείται από κατακόρυφες, λεπτές μεταλλικές λωρίδες



Εικόνα16: Τι βλέπουμε στον πίνακα της τάξης, απέναντι από τη διάταξη

Παρατήρηση: Όταν τα αντίστοιχα πειράματα πραγματοποιήθηκαν με δέσμες ηλεκτρονίων, αντί για δέσμες φωτός, τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν τα ίδια. Αυτό οδήγησε στο συμπέρασμα ότι οποιοδήποτε σωματίο με ορμή p , συμπεριφέρεται ως κύμα με μήκος κύματος

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad (3)$$

Σχόλια

Η κβαντομηχανική θεωρείται από πολλούς δυσνόητη και υποσυνείδητα οι μαθητές την αντιμετωπίζουν με φοβία και επιφύλαξη (Johnston et al, 1998, Krijtenburg-Lewerissa et al, 2017).

Οι πειραματικές διατάξεις που προτείνουμε είναι απλές κατασκευές που μπορούν να γίνουν σε οποιαδήποτε σχολική τάξη, με υλικά που μπορούν εύκολα να βρεθούν χωρίς κόστος. Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί ο κάθε μαθητής να προσεγγίσει έννοιες της κβαντομηχανικής μέσα στην καθημερινή εκπαιδευτική διαδικασία.

Βιβλιογραφία

- Ιωάννου, Γ. Ντάνος, Α. Πήττας, Σ. Ράπτης, “Φυσική, Τεύχος Γ, Ομάδας Προσανατολισμού Θετικών Σπουδών & Σπουδών Υγείας”, ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ», 2022
- Ι. Μπουρούτης, “ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ, Βιβλίο δεύτερο – Οπτική – Ηλεκτρισμός”, ΟΕΔΒ, Αθήνα, 1993
- Hugh D. Young, “ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ Φυσική, ΤΟΜΟΣ Β’”, ΠΑΠΑΖΗΣΗΣ 1994
- R. A. Serway, “PHYSICS FOR SCIENTISTS & ENGINEERS”

- P. G. Hewitt, “Οι έννοιες της Φυσικής”, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ, Ηράκλειο, 2018
- Johnston, I. D., Crawford, K., & Fletcher, “Student difficulties in learning quantum mechanics”, International Journal of Science Education, 20(4), P. R. (1998), 427-446.
- Krijtenburg-Lewerissa, K., Pol, H. J., Brinkman, A., & Van Joolingen, “Insights into teaching quantum mechanics in secondary and lower undergraduate education”, Physical review physics education research, 13(1), W. R. (2017), 010109

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε τη σύμβουλο εκπαίδευσης κλάδου ΠΕ04, κα Ευθυμία Καραγιάννη για την συμβολή με τις εποικοδομητικές παρατηρήσεις της στην τελική διαμόρφωση της εργασίας.

*Το copyright των φωτογραφιών και των σχημάτων ανήκει στις συγγραφείς.

Συσκευή Ηλεκτροφόρησης για Χρήση στο Σχολικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών

Φιλιόγλου Μιχάλης, Βιολόγος, Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε Αιγάλεω
[micfiloglou\[a\]hotmail.com](mailto:micfiloglou[a]hotmail.com)

Δημητρίου Λουΐζα, Φυσικός, Συνεργάτης Ε.Κ.Φ.Ε Αιγάλεω
[loybaee\[a\]yahoo.gr](mailto:loybaee[a]yahoo.gr)

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία γίνεται προσπάθεια να δημιουργηθεί μια συσκευή που θα μπορεί να κατασκευαστεί εύκολα από εκπαιδευτικούς και να χρησιμοποιηθεί από μαθητές για την κατανόηση της τεχνικής της ηλεκτροφόρησης. Απώτερος σκοπός είναι η ένταξή της στις εργαστηριακές ασκήσεις του προγράμματος σπουδών.

Σε αυτή την εργασία, έγινε προσπάθεια να απλουστευθεί η κατασκευή της συσκευής, να λυθούν κάποιες τεχνικές αδυναμίες που παρουσίαζε και να γίνει ρεαλιστικότερη η διαδικασία, χρησιμοποιώντας βιολογικά υλικά αντί για χρωματιστές ουσίες. Δοκιμάστηκαν διαφορετικά υλικά για ηλεκτρόδια και έγχρωμα εκχυλίσματα φυτών, έτσι ώστε η πρόταση να γίνει ολοκληρωμένη και εφαρμόσιμη.

Abstract

This work is an attempt to create a device that can be easily built by teachers and used by students to understand the technique of electrophoresis. The ultimate goal is to include it in the laboratory exercises of the study program.

In this work, an attempt was made to simplify the construction of the device, to solve some technical weaknesses it presented and to make the process more realistic, using biological materials instead of colored substances. Different materials for electrodes and colored plant extracts were tested so that the proposal became comprehensive and applicable.

Εισαγωγή

Ο όρος ηλεκτροφόρηση (electrophoresis) αναφέρθηκε για πρώτη φορά το 1909 από τον Michaelis για να χαρακτηρίσει τη μεταφορά φορτισμένων σωματιδίων μέσα σε ένα διάλυμα, κάτω από την επίδραση ενός ηλεκτρικού πεδίου. Ένα σωματίδιο με φορτίο q που βρίσκεται σε ένα μέσο με συντελεστή ιξώδους f , θα κινηθεί με σταθερή ταχύτητα v όταν εφαρμοστεί ηλεκτρικό πεδίο ένταση $E=V/l$. Στο φορτίο q θα ασκηθεί δύναμη $F = Eq = fv \Leftrightarrow Vq/l = fv \Leftrightarrow v = Vq / fl \Leftrightarrow v = \alpha V$ Γίνεται έτσι φανερό ότι η ταχύτητα v του σωματιδίου είναι ανάλογη της διαφοράς δυναμικού V που εφαρμόζουμε για να δημιουργηθεί το πεδίο.

Η **ταχύτητα μεταφοράς** σε ένα μέσο με συντελεστή τριβής, ενός φορτισμένου μορίου, κάτω από την επίδραση ηλεκτρικού πεδίου έντασης εξαρτάται από :

1. Την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου (V/cm)
2. Το καθαρό φορτίο του μορίου
3. Το μέγεθος και το σχήμα του μορίου
4. Το ιξώδες, την ιοντική ισχύ και τη θερμοκρασία του μέσου ηλεκτροφόρησης.

Είδη ηλεκτροφόρησης.

Οι πιο διαδεδομένες κατηγορίες ηλεκτροφορητικής ανάλυσης ανάλογα με τον τρόπο διαχωρισμού των πρωτεϊνών, είναι:

1. Η ουδέτερη (neutral) ηλεκτροφόρηση, όπου ο διαχωρισμός γίνεται ανάλογα με το φορτίο των μορίων.
2. Η αποδιατακτική (denaturing) ηλεκτροφόρηση κατά την οποία ο διαχωρισμός γίνεται ανάλογα με το μοριακό βάρος. Στην περίπτωση αυτή γίνεται πρώτα μια κατεργασία αποδιάταξης των πρωτεϊνών, ώστε να χάσουν τις ανώτερες δομές τους και το φορτίο τους, με αποτέλεσμα η διαφορετική κινητικότητα των μορίων να οφείλεται μόνο στο διαφορετικό μοριακό τους βάρος. Μια τρίτη κατηγορία ηλεκτροφορητικής ανάλυσης είναι:
3. Η ισοεστίαση (isoelectric focusing), όπου ο διαχωρισμός γίνεται ανάλογα με το ισοηλεκτρικό σημείο των πρωτεϊνών. Όταν μια πρωτεΐνη φτάσει σε εκείνο το pH όπου είναι το ισοηλεκτρικό της σημείο (συνολικό φορτίο $q=0$), ακινητοποιείται. Η ουδέτερη και η αποδιατακτική ηλεκτροφόρηση χρησιμοποιούνται τόσο ερευνητικά όσο και διαγνωστικά. Η ισοεστίαση χρησιμοποιείται μόνο σε ερευνητικά εργαστήρια και κυρίως σε αυτά που ασχολούνται με πρωτεϊνική ανάλυση (proteomics).

Σε κάποιες περιπτώσεις, χρησιμοποιείται ηλεκτροφορητική ανάλυση δύο διαστάσεων (2D electrophoresis) όπου η πρώτη ανάλυση (διάσταση) γίνεται με ισοεστίαση και η δεύτερη με αποδιατακτική ηλεκτροφόρηση.

Είδη πηκτωμάτων

Τα συνήθη υλικά που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία πηκτωμάτων ηλεκτροφόρησης είναι κυρίως η αгарόζη και το ακρυλαμίδιο. 1. Τα πηκτώματα αгарόζης (agarose gels) χρησιμοποιούνται τόσο ερευνητικά όσο και για διαγνωστικούς σκοπούς για τη μελέτη πρωτεϊνών, ενζύμων και νουκλεϊκών οξέων. 2. Τα πηκτώματα πολυακρυλαμιδίου (πολυμερισμένο ακρυλαμίδιο) χρησιμοποιούνται ερευνητικά για τη μελέτη κυρίως πρωτεϊνών και δευτερευόντως νουκλεϊκών οξέων. (πηγή: Πανεπιστήμιο Πατρών, πρακτική εργαστηριακή άσκηση : [ΗΛΕΚΤΡΟΦΟΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ ΤΟΥ ΟΡΟΥ ΤΟΥ ΑΙΜΑΤΟΣ](#))

Περιγραφή εργασίας

1. Κατασκευή συσκευής ηλεκτροφόρησης.

Βασιστήκαμε στην κατασκευή που πρότειναν οι Στασινάκης & Κάτανα (2019) την οποία και βελτιώσαμε, ως προς την κατασκευή και τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για να διαχωριστούν.

Κατασκευάστηκαν 2 διαφορετικές συσκευές: Μια από πλαστικό και μια από διογκωμένη πολυστερίνη (φελιζόλ), κάθε μια με διαφορετικά ηλεκτρόδια.

Α) Πλαστική συσκευή

***Διάλυμα ηλεκτροφόρησης:** Χρησιμοποιήθηκε NaHCO_3 (μαγειρική σόδα) γιατί και παρέχει τα κατάλληλα ιόντα για την ηλεκτροφόρηση αλλά λειτουργεί ταυτόχρονα ως ρυθμιστικό διάλυμα διατηρώντας το pH στην αλκαλική περιοχή (9.2-10.8). Επιπλέον, είναι υλικό φτηνό και εύκολα προσβάσιμο. Το διάλυμα είχε συγκέντρωση 1% w/v.

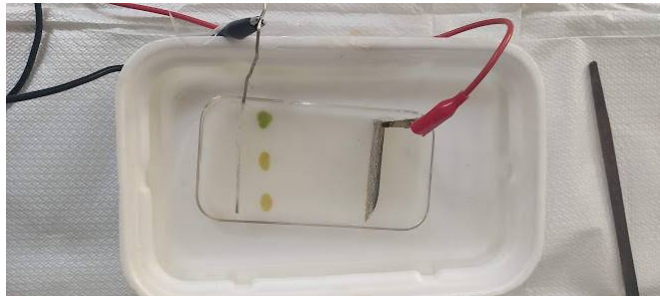
***Πηκτή (gel):** Χρησιμοποιήθηκε άγαρ αντί αгарόζης ή πολυακρυλαμίδης, είτε αμύλου γιατί είναι οικονομικό και δοκιμασμένο σε παρόμοιες διαδικασίες.

Η πηκτή δημιουργήθηκε με θέρμανση του διαλύματος ηλεκτροφόρησης σε βραστήρα και διάλυση εμπορικού κατασκευάσματος Άγαρ σε αναλογία 1% w/v. Το θερμό και υγρό διάλυμα τοποθετήθηκε στο μικρό πλαστικό κουτί.

*Σαν καλούπι για την παραγωγή της **πηκτής (gel)**, χρησιμοποιήθηκε μικρό πλαστικό κουτί διαστάσεων 60mm(π) x 80mm(μ) x 25mm(υ).

Το κουτί αυτό τοποθετήθηκε σε μεγαλύτερο πλαστικό κουτί διαστάσεων 105mm(π) x 150mm(μ) x 70 mm(υ) που περιείχε τι διάλυμα ηλεκτροφόρησης (Εικόνα 1).

Δεν χρησιμοποιήθηκε κάποιο καπάκι, καθώς το ηλεκτρικό ρεύμα που θα χρησιμοποιείται είναι μικρής έντασης και άρα ασφαλές, ακόμα και αν κάποιος έρθει σε επαφή με αυτό.



Εικόνα 1: Πλαστική συσκευή ηλεκτροφόρησης

*Τα **πηγαδάκια** της πηκτής δημιουργήθηκαν με την βοήθεια ενός κτενιού το οποίο τοποθετήθηκε κάθετα στο δοχείο-καλούπι, ενώ η πηκτή είναι ακόμη ρευστή, πλησιέστερα στην μια πλευρά, χωρίς όμως να ακουμπάει στον πυθμένα (Εικόνα 2).

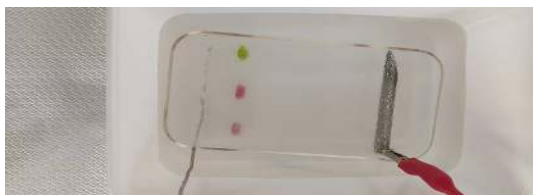


Όταν σταθεροποιηθεί η πηκτή, αφαιρείται το κτένι.

Εικόνα 2: Κατασκευή των θέσεων υποδοχής των δειγμάτων στην πηκτή

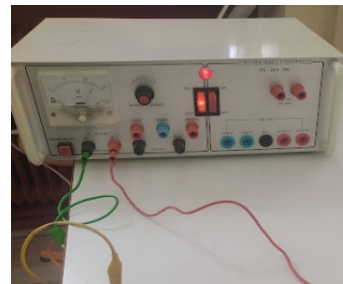
*Το προς ηλεκτροφόρηση δείγμα αρχικά ανακατεύτηκε αρχικά με ίση ποσότητα σιροπιού γλυκόζης, έτσι ώστε να αυξηθεί η πυκνότητά του. Με αυτό τον τρόπο, όταν προστεθεί στις θέσεις υποδοχής των δειγμάτων (πηγαδάκια), δεν κινδυνεύει να διαχυθεί στο διάλυμα ηλεκτροφόρησης. Τα δείγματα τοποθετούνται στα πηγαδάκια με την βοήθεια μικροπιπέτας σταθερού όγκου, πριν βάλουμε στην συσκευή το διάλυμα ηλεκτροφόρησης. Αυτό μπαίνει μετά με αργούς ρυθμούς για να εμποδιστεί η διάχυση των δειγμάτων σε αυτό.

*Ως **ηλεκτρόδια** χρησιμοποιήθηκαν αρχικά συνδετήρες, που βυθίστηκαν στην πηκτή, όταν αυτή στερεοποιήθηκε. Μετά από τις πρώτες δοκιμές, το ηλεκτρόδιο του θετικού πόλου αντικαταστάθηκε από ανοξείδωτη λάμα μαχαιριού (Εικόνα 3). Σε όλες τις περιπτώσεις, τα ηλεκτρόδια δεν έφταναν στον πυθμένα του δοχείου



Εικόνα 3: Πλαστική συσκευή ηλεκτροφόρησης

Για την τροφοδοσία της συσκευής χρησιμοποιήθηκε τροφοδοτικό τύπου PS.354.HV, που υπάρχει σε πολλά σχολικά εργαστήρια (Εικόνα 4).



Β) Συσκευή από διογκωμένη πολυστερίνη (φελιζόλ),

*Για την κατασκευή της, χρησιμοποιήθηκαν δοχεία για την μεταφορά παγωτού, διαστάσεων $\mu\text{X} \pi \text{X} \nu$. Όλα τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν παρόμοια με την πλαστική συσκευή, εκτός από τα ηλεκτρόδια.

Εικόνα 4: Τροφοδοτικό

*Ως ηλεκτρόδια χρησιμοποιήθηκαν μύτες από μηχανικά μολύβια, μήκους 120 mm, πάχους 2.0 mm και σκληρότητας HB.



Εικόνα 5: Συσκευή ηλεκτροφόρησης από φελιζόλ

Τα ηλεκτρόδια αυτά από γραφίτη τρυπήσαν το δοχείο με την πηκτή (Εικόνα 5). Για να μην υπάρχει διαρροή ηλεκτρολύτη, οι οπές σφραγίστηκαν με “high vacuum grease” .

Η διαδικασία της ηλεκτροφόρησης.

2.1. Προετοιμασία του προς ηλεκτροφόρηση δείγματος:

Θα χρησιμοποιήσουμε 2 είδη φυτών, φύλλα από τηλέγραφο (*Tradescantia pallida*, εικόνα 6) και αιματόφυλλο (*Iresine herbstii*, εικόνα 7).



Εικόνα 6: Τηλέγραφος (*Tradescantia pallida*)



Εικόνα 7: αιματόφυλλο (*Iresine herbstii*)

Πολτοποιούμε ~5 φύλλα από κάθε φυτό σε γουδί και ο χυμός που προκύπτει, αποτελεί το δείγμα που θα ηλεκτροφορήσουμε.

Σε κάθε δείγμα προσθέτουμε ίση ποσότητα σιροπιού γλυκόζης.

2.2 Στην πλαστική συσκευή ηλεκτροφόρησης, χύνουμε στο μικρό δοχείο την υγρή πηκτή και δημιουργούμε τα πηγαδάκια. Μετά, περιμένουμε να στερεοποιηθεί.

- Όταν στερεοποιηθεί, βυθίζουμε τα ηλεκτρόδια, χωρίς αυτά να ακουμπήσουν τον πυθμένα του δοχείου. Φροντίζουμε έτσι ώστε το αρνητικό ηλεκτρόδιο να βρίσκεται

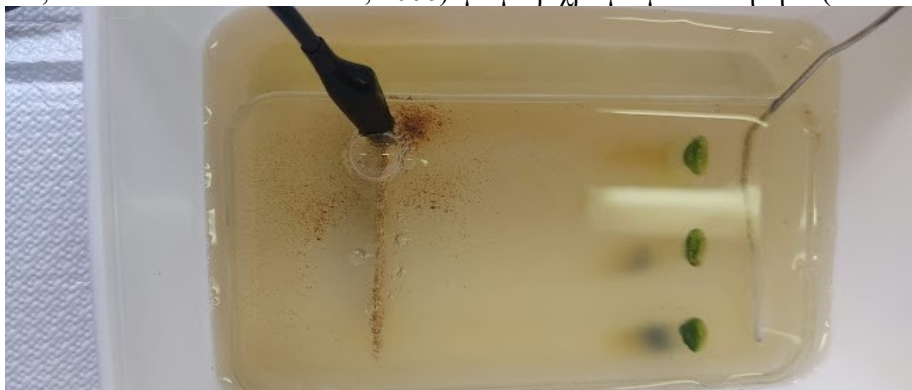
- πίσω από τα δείγματα και το θετικό εμπρός. Σαν αρνητικό ηλεκτρόδιο χρησιμοποιήθηκε συνδετήρας ενώ σαν θετικό, ανοξείδωτη λεπίδα από μαχαίρι.
- Προσθέτουμε με μικροπιπέτα σταθερού όγκου τα πυκνά δείγματα στα πηγαδάκια της πηκτής, χωρίς να ξεπεράσουμε την επιφάνειά της.
 - Προσθέτουμε το διάλυμα ηλεκτροφόρησης απαλά, έτσι ώστε να μην ξεπερνά τα 2 cm την επιφάνεια της πηκτής.
 - Συνδέουμε με «κροκοδειλάκια» τα ηλεκτρόδια με το τροφοδοτικό. Χρησιμοποιούμε σταθερή τάση ~25V.
 - Περιμένουμε για ~ 1 ώρα για να ολοκληρωθεί ο διαχωρισμός των χρωστικών.
- 2.3** Στην συσκευή από φελιζολ, τρυπάμε αρχικά το δοχείο με τις 2 μύτες από μηχανικό μολύβι, που θα παίζουν τον ρόλο ηλεκτροδίων γραφίτη (εικόνα 5).
- Μονώνουμε με “high vacuum grease” τα σημεία που τρυπά ο γραφίτης το δοχείο.
 - Χύνουμε στο δοχείο την υγρή πηκτή και δημιουργούμε τα πηγαδάκια. Μετά, περιμένουμε να στερεοποιηθεί.
 - Προσθέτουμε με μικροπιπέτα σταθερού όγκου τα πυκνά δείγματα στα πηγαδάκια της πηκτής, χωρίς να ξεπεράσουμε την επιφάνειά της.
 - Προσθέτουμε το διάλυμα ηλεκτροφόρησης απαλά, έτσι ώστε να μην ξεπερνά τα 2 cm την επιφάνεια της πηκτής.
 - Συνδέουμε με «κροκοδειλάκια» τα ηλεκτρόδια με το τροφοδοτικό. Χρησιμοποιούμε σταθερή τάση ~25V.
 - Περιμένουμε για ~ 1 ώρα για να ολοκληρωθεί ο διαχωρισμός των χρωστικών.

Αποτελέσματα-συζήτηση.

Τα δείγματα που ηλεκτροφορήσαμε, προέρχονται από τα φύλλα 3 φυτών. Το σπανάκι (*Spinacia oleracea*), τον τηλέγραφο (*Tradescantia pallida*, εικόνα 6) και το αιματόφυλλο (*Iresine herbstii*, εικόνα 7).

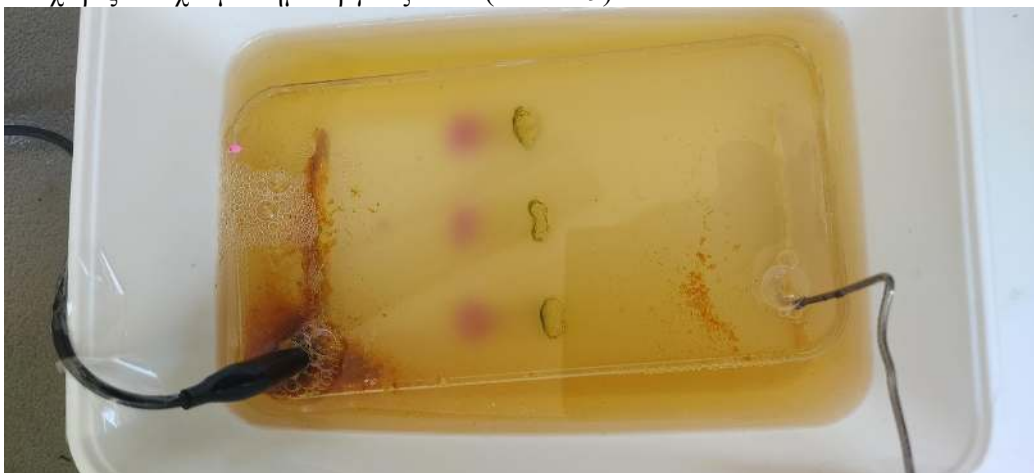
Με το πρώτο, δεν πετύχαμε διαχωρισμό γιατί Χλωροφύλλη (πράσινη χρωστική ουσία που είναι υπεύθυνη για την απορρόφηση του ηλιακού φωτός και τη μετατροπή του σε ενέργεια) δεν μετακινήθηκε ενώ τα καροτενοειδή (κίτρινες, πορτοκαλί και κόκκινες χρωστικές ουσίες και παίζουν επίσης ρόλο στη φωτοσύνθεση) δεν εμφανίστηκαν πουθενά.

Με τον τηλέγραφο είχαμε ένα πράσινο εκχύλισμα. Μετά την ηλεκτροφόρηση, η χλωροφύλλη παρέμεινε στο πηγαδάκι, ενώ η ανθοκυανίνη (cyanidin-3,7,3 O -triglucoside.) (Ulin Shi Z., IN Lin M. & Francis F.J., 2006) με μωβ χρώμα μετακινήθηκε (Εικόνα 8)



Εικόνα 8: Χρωματογραφία τηλέγραφου

Με το αιματόφυλλο είχαμε πάλι την χλωροφύλλη να παραμένει στο πηγαδάκι ενώ οι υπόλοιπες χρωστικές που χαρακτηρίζονται ως Βιτακυανίνες (amaranthine, isoamaranthine, iresinin I, isoiresinin I, iresinin III, and iresinin IV. (Dipankar C et al., 2011) απλώθηκαν αρκετά χωρίς να έχουμε δημιουργία ζωνών (Εικόνα 9)



Εικόνα 9: Χρωματογραφία αιματόφυλλου.

Στην εργασία αυτή, προσπαθήσαμε να δημιουργήσουμε μια συσκευή, την οποία να μπορέσει ένας εκπαιδευτικός και να την κατασκευάσει αλλά και να βάλει τους μαθητές του να την λειτουργήσουν, διδάσκοντας την ηλεκτροφόρηση. Η ηλεκτροφόρηση αφορά το μάθημα της Βιολογίας, της Χημείας και της Φυσικής, μιας και όλες οι προηγούμενες επιστήμες εμπλέκονται στην μέθοδο αυτή.

Οι συσκευές που παρουσιάζουμε δεν έχουν ερευνητικό σκοπό γιατί δεν διακρίνονται για την ακρίβειά τους, ούτε μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ηλεκτροφόρηση πρωτεϊνών ή νουκλεϊκών οξέων. Δείχνουν όμως ξεκάθαρα τις αρχές λειτουργίας της ηλεκτροφόρησης, ότι δηλαδή κάποιες ουσίες μετακινούνται πιο γρήγορα ή πιο αργά σε ηλεκτρικό πεδίο, ανάλογα με το ηλεκτρικό τους φορτίο.

Οι προτεινόμενες συσκευές έχουν τα παρακάτω **πλεονεκτήματα**:

- γίνονται με καθημερινά υλικά όπως δοχεία από φελιζόλ και πλαστικό, συνδετήρες και λάμες μαχαιριών.
- είναι ακίνδυνες γιατί έχουν ηλεκτρολύτες την μαγειρική σόδα και πηκτή από βρώσιμο agar, η δε τάση είναι πολύ χαμηλή (25-30V).
- Δεν απαιτείται να εμφανίσουμε τις ουσίες που διαχωρίζονται διότι έχουν από μόνες τους χρώμα.
- Είναι αρκετά ρεαλιστικές γιατί χρησιμοποιούμε βιολογικά υλικά και όχι χρώματα από στυλό ή μαρκαδόρους.
- Ιδιαίτερα με την συσκευή από φελιζόλ και μύτες μολυβιών, δημιουργούνται ελάχιστα προϊόντα ηλεκτρόλυσης.

Μειονεκτήματα των συσκευών:

- Δεν χρησιμοποιούνται γνωστές ουσίες ως μάρτυρες, έτσι ώστε να γνωρίζουμε οι ζώνες που δημιουργούνται, σε ποια ουσία αντιστοιχούν.
- Δεν μπορούμε να κάνουμε ηλεκτροφόρηση πρωτεϊνών ή DNA, ουσίες στις οποίες η ηλεκτροφόρηση βρίσκει κύρια εφαρμογή.

Βιβλιογραφία

- Dipankar C , Murugan S and Uma Devi P, Afr J Tradit Complement Altern Med. (2011) 8(S):124-129.
- Ulin Shi Z., IN Lin M. & Francis F.J. , Anthocyanins of Tradescantia pallida. Potential Food Colorants, August 2006, Journal of Food Science 57(3):761 – 765.
- Στασινάκης Π. & Κάτανα Ε., Ηλεκτροφορητικός διαχωρισμός μορίων: κατασκευή - χρήση συσκευής ηλεκτροφόρησης από απλά υλικά καθημερινής χρήσης και ένταξή της σε πειραματικές δραστηριότητες Βιολογίας. ΠΡΑΚΤΙΚΑ 5ου ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ «Η Βιολογία στην Εκπαίδευση», 29/11/2019 – 1/12/2019, Αθήνα.

*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στους συγγραφείς.

Προστατεύουμε τη φύση μέσα από την κατανόησή της: Το νερό στη ζωή μας

Υπεύθυνοι καθηγητές:

Ηρώ Κολιάκου, Φυσικός, *Anatolia American College*, [koliakou\[a\]anatolia.edu.gr](mailto:koliakou[a]anatolia.edu.gr)
Jane Shimizu, Δασκάλα, Ιρλανδία [jane.shimizu\[a\]gmail.com](mailto:jane.shimizu[a]gmail.com)

(Συμμετείχε στο Science on Stage Festival 2024 ως Joint project)

Περίληψη Ελληνικά

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται δραστηριότητες που αποτελούν μέρος της πρωτοβουλίας του Science on Stage Europe, "Save Our Nature by Understanding It", που συγκέντρωσε 20 εκπαιδευτικούς από όλη την Ευρώπη για τη δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Το πρόγραμμα εστιάζει στη σημασία του νερού, της ρύπανσης και της προστασίας του περιβάλλοντος, μέσω βιωματικής μάθησης και πειραμάτων και παρουσιάστηκε στο Science on Stage Festival 2024 στο Τούρκου της Φινλανδίας.

Μέσα από τις δραστηριότητες της ενότητας "Το νερό στη ζωή μας" οι μαθητές/τριες μαθαίνουν για τον κύκλο του νερού, την εξάντληση των υδάτινων πόρων και την ρύπανση. Με τη χρήση απλών υλικών συμμετέχουν σε πειράματα που αναδεικνύουν τις επιπτώσεις της ρύπανσης στο νερό, όπως η προσομοίωση μιας πετρελαιοκηλίδας.

Τα πειράματα συνοδεύονται από οδηγούς και φύλλα εργασίας, βοηθώντας τους εκπαιδευτικούς να καθοδηγήσουν τους μαθητές στη διεξαγωγή των δραστηριοτήτων. Στόχος είναι η καλλιέργεια δεξιοτήτων όπως η κριτική σκέψη, η επίλυση προβλημάτων και η δημιουργικότητα, ενώ προάγεται η διαθεματική μάθηση μέσω των επιστημών, της τεχνολογίας και των μαθηματικών.

Η ενσωμάτωση ψηφιακής τεχνολογίας αποτελεί επίσης σημαντικό μέρος του προγράμματος, με εκπαιδευτικά βίντεο που κάνουν τη μάθηση πιο διαδραστική. Τα παιδιά μαθαίνουν τη σημασία της βιωσιμότητας και της προστασίας του περιβάλλοντος, κατανοώντας ότι μικρές πράξεις μπορούν να έχουν θετικό αντίκτυπο. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει στοιχεία επαγγελματικού προσανατολισμού, παρουσιάζοντας καριέρες εμπνέοντας τους μαθητές να ενδιαφερθούν για τις θετικές επιστήμες.

Το υλικό θα διατεθεί δωρεάν σε ψηφιακή μορφή στα Αγγλικά και Γερμανικά το 2025.

Abstract

This paper presents activities that are part of the Science on Stage Europe initiative, "Save Our Nature by Understanding It," which brought together 20 educators from across Europe to create educational material for primary education. The program focuses on the importance of water, pollution, and environmental protection through experiential learning and experiments, and it was presented at the Science on Stage Festival 2024 in Turku, Finland.

Through the activities in the unit "Water Works" students learn about the water cycle, water depletion, and pollution. Using simple materials, they participate in experiments that highlight the impact of pollution on water, such as simulating an oil spill.

The experiments are accompanied by guides and worksheets, helping teachers guide students through the activities. The aim is to cultivate skills such as critical thinking, problem-solving, and creativity, while promoting interdisciplinary learning through science, technology, and mathematics. The integration of digital technology is also a key part of the program, with educational videos that make learning more interactive. Children learn about the importance of sustainability and environmental protection, understanding that small actions can have a positive impact. The program also includes elements of career orientation, introducing careers that inspire students to become interested in the STEM fields.

The material will be made available for free in digital form in both English and German in 2025.

Εισαγωγή

Το νερό αποτελεί έναν από τους πιο πολύτιμους πόρους στη Γη, καθώς είναι απαραίτητο για κάθε μορφή ζωής. Παρά την αφθονία του, η πρόσβαση σε καθαρό νερό αποτελεί παγκόσμια πρόκληση λόγω της ρύπανσης και της υπερεκμετάλλευσης των υδάτινων πόρων. Η κλιματική αλλαγή, η αύξηση της κατανάλωσης και η κακή διαχείριση των αποβλήτων οδηγούν σε περαιτέρω υποβάθμιση των υδάτινων συστημάτων, καθιστώντας την προστασία του νερού ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα της εποχής μας.

Η παρούσα ενότητα "Το νερό στη ζωή μας" ενσωματώνει τη βιωματική μάθηση και τη διαθεματική προσέγγιση για να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν τις βασικές αρχές του κύκλου του νερού, τη σημασία της διατήρησης των υδάτινων πόρων και τις συνέπειες της ρύπανσης. Μέσα από απλά πειράματα, οι μαθητές αντιλαμβάνονται την επίδραση των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων στην ποιότητα του νερού και τη σημασία της προστασίας των οικοσυστημάτων.

Η διαθεματική προσέγγιση της συγκεκριμένης ενότητας ενσωματώνει την επιστήμη, την τεχνολογία, τη μηχανική και τα μαθηματικά (STEM), προσφέροντας μια ολοκληρωμένη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο αλληλοσυνδέονται οι φυσικές επιστήμες. Μέσω πρακτικών εφαρμογών, όπως η προσομοίωση πετρελαιοκηλίδας και η φιλτράρισμα νερού, οι μαθητές αναπτύσσουν δεξιότητες κριτικής σκέψης και επίλυσης προβλημάτων, κατανοώντας ταυτόχρονα τις επιστημονικές αρχές που διέπουν το φυσικό περιβάλλον.

Η συγκεκριμένη προσέγγιση υποστηρίζει τους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης του ΟΗΕ, ιδιαίτερα όσον αφορά την καθαρή ύδρευση και αποχέτευση (Στόχος 6), καθώς και την προστασία της θαλάσσιας ζωής (Στόχος 14). Μέσω της ενσωμάτωσης της βιωσιμότητας στο πλαίσιο της διδασκαλίας, οι μαθητές καλλιεργούν περιβαλλοντική συνείδηση και αντιλαμβάνονται τον ρόλο τους ως μελλοντικοί πολίτες που θα συμβάλλουν στη διατήρηση των φυσικών πόρων.

Η αξιοποίηση της ψηφιακής τεχνολογίας και των εκπαιδευτικών βίντεο καθιστά τη διαδικασία της μάθησης πιο ελκυστική και διαδραστική, βοηθώντας τους μαθητές να κατανοήσουν βαθύτερα τις επιστημονικές έννοιες και την πρακτική τους εφαρμογή. Επιπλέον, το πρόγραμμα προωθεί τον επαγγελματικό προσανατολισμό των μαθητών προς καριέρες που σχετίζονται με την περιβαλλοντική επιστήμη, την υδρολογία και τη διαχείριση υδάτινων πόρων, ενθαρρύνοντας την ενασχόληση με τα STEM επαγγέλματα.

Περιγραφή εργασίας

Η ενότητα "Το νερό στη ζωή μας" αποτελείται από πέντε δραστηριότητες που έχουν σχεδιαστεί για να διδάξουν στους μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης τη σημασία του νερού, τον κύκλο του νερού, την ρύπανση και την επίδραση της καθαρής ύδρευσης στη φύση και τη ζωή. Η κάθε δραστηριότητα συνοδεύεται από εκπαιδευτικά βίντεο, φύλλα εργασίας και οδηγίες για τους εκπαιδευτικούς, που διευκολύνουν τη διεξαγωγή τους στην τάξη με απλά υλικά. Κάθε δραστηριότητα συνδέεται μέσω μιας κοινής ιστορίας με πρωταγωνιστές τους Lilu και Alina, που διερευνούν διαφορετικά ζητήματα σχετικά με το νερό.

Η ιστορία ξεκινάει με τις Lilu και Alina να κοιτούν μια λακκούβα και να αναρωτιούνται από πού προήλθε το νερό και αν είναι καθαρό (δραστηριότητα φυσικό φιλτράρισμα νερού). Στη συνέχεια, οι χαρακτήρες πηγαίνουν στην παραλία και ανησυχούν για την ύπαρξη απορριμμάτων στο νερό, ενώ αναρωτιούνται γιατί κάποια απορρίμματα επιπλέουν και άλλα βυθίζονται, και πώς αυτό επηρεάζει τη θαλάσσια ζωή (δραστηριότητα για τα απορρίμματα στο νερό). Μετά, βλέπουν μια πετρελαιοκηλίδα και αναρωτιούνται πώς μπορεί να καθαριστεί (δραστηριότητα για την πετρελαιοκηλίδα). Αργότερα, ανακαλύπτουν μια λίμνη και αναρωτιούνται αν το νερό είναι καθαρό και πώς μπορούν να το καθαρίσουν (δραστηριότητα τα φίλτρα νερού). Στο τέλος, αποφασίζουν να χρησιμοποιήσουν καθαρό νερό για να καλλιεργήσουν φυτά, κατανοώντας τη σημασία του καθαρού νερού για την υγεία της φύσης (δραστηριότητα για το νερό και τα φυτά).

Μία από τις κύριες δραστηριότητες αυτής της ενότητας είναι η Προσομοίωση Πετρελαιοκηλίδας, που παρουσιάστηκε στο Science on Stage festival 2024, και έχει σχεδιαστεί για να διδάξει στα παιδιά τις σοβαρές επιπτώσεις της ρύπανσης των υδάτων και τις προκλήσεις που αντιμετωπίζονται στην προσπάθεια καθαρισμού μιας πετρελαιοκηλίδας.

Δραστηριότητα: Προσομοίωση Πετρελαιοκηλίδας

Η δραστηριότητα της προσομοίωσης πετρελαιοκηλίδας δοκιμάστηκε σε μαθητές της Α' Δημοτικού, τόσο στην Ιρλανδία όσο και στην Ελλάδα, και είχε διάρκεια περίπου 60 λεπτών. Αυτή η χρονική διάρκεια ήταν αρκετή για να δώσει στους μαθητές την ευκαιρία να παρατηρήσουν την προσομοίωση της πετρελαιοκηλίδας, να δοκιμάσουν διαφορετικές μεθόδους καθαρισμού του νερού και να συζητήσουν τα αποτελέσματα.

Οι στόχοι της δραστηριότητας ήταν να:

- Εισάγουν τους μαθητές στην κατανόηση των βασικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων των πετρελαιοκηλίδων, χρησιμοποιώντας μια απλή και κατανοητή μέθοδο.
- Προωθήσουν την κριτική σκέψη και τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων, μέσα από την αναζήτηση διαφορετικών τεχνικών καθαρισμού του νερού.
- Ενισχύσουν την περιβαλλοντική συνείδηση των μαθητών, βοηθώντας τους να κατανοήσουν τη σημασία της προστασίας των υδάτινων πόρων και της βιωσιμότητας.
- Καλλιεργήσουν την ομαδική εργασία, καθώς οι μαθητές συνεργάζονται για να βρουν την πιο αποτελεσματική μέθοδο καθαρισμού.
- Συνδέσουν τις δραστηριότητες της τάξης με πραγματικά περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως η διαχείριση της ρύπανσης από πετρελαιοκηλίδες, ενθαρρύνοντας τη σύνδεση της γνώσης με τον πραγματικό κόσμο.

Η δραστηριότητα ήταν κατάλληλη για μαθητές αυτής της ηλικιακής ομάδας, καθώς χρησιμοποίησε απλά υλικά και προσαρμόστηκε στις γνωστικές τους ικανότητες, επιτρέποντάς τους να κατανοήσουν πολύπλοκες έννοιες με τρόπο προσιτό και διασκεδαστικό

Υλικά δραστηριότητας :

Διαφανές δοχείο,Καθαρό νερό,Φυτικό λάδι ή μαγειρικό λάδι (προσομοίωση πετρελαίου)
Μικρά αντικείμενα για προσομοίωση ρύπων (πλαστικά παιχνίδια, χάντρες, κομμάτια χαρτιού),Κουτάλι, Πιπέτα, Ξύλινες λαβίδες, Βαμβάκι, Ογκομετρικός κύλινδρος, Υγρό πιάτων, φτερό

Διαδικασία Πειράματος:

Προετοιμασία Πειράματος: Οι μαθητές γεμίζουν το διαφανές δοχείο με καθαρό νερό, που αντιπροσωπεύει ένα αμόλυντο περιβάλλον.

Δημιουργία Πετρελαιοκηλίδας: Προσθέτουν προσεκτικά μια μικρή ποσότητα λαδιού στο νερό για να προσομοιώσουν την πετρελαιοκηλίδα. Παρατηρούν πώς το λάδι απλώνεται στην επιφάνεια του νερού.

Προσθήκη Ρύπων: Προστίθενται μικρά αντικείμενα, όπως χάντρες ή πλαστικά παιχνίδια, για να αναπαραστήσουν τα απορρίμματα που μπορεί να υπάρχουν στο νερό.

Παρατήρηση και Ανάλυση:

Οι μαθητές παρατηρούν τις αλλαγές που συμβαίνουν στο νερό, καθώς και τις επιπτώσεις της πετρελαιοκηλίδας στην ποιότητα του νερού και τη διαύγεια του. Καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους και συζητούν τις συνέπειες της ρύπανσης.

Πείραμα Καθαρισμού:

Στη συνέχεια, οι μαθητές δοκιμάζουν διαφορετικά εργαλεία για να καθαρίσουν το νερό από την πετρελαιοκηλίδα:

Χρήση Κουταλιού: Προσπαθούν να αφαιρέσουν το πετρέλαιο με το κουτάλι.

Χρήση Βαμβακιού: Χρησιμοποιούν βαμβάκι για να απορροφήσουν το πετρέλαιο από την επιφάνεια.

Χρήση Πιπέτας: Προσπαθούν να απορροφήσουν το λάδι χρησιμοποιώντας πιπέτα.

Χρήση Ξύλινων Λαβίδων: Χρησιμοποιούν λαβίδες για να αφαιρέσουν μεγαλύτερα κομμάτια από ρύπους.

Προαιρετική Μέθοδος:

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί υγρό πιάτων για να βοηθήσει στη διάσπαση του πετρελαίου, και να προσομοιωθεί η επίδραση που έχει μια πετρελαιοκηλίδα στα πτηνά χρησιμοποιώντας ένα φτερό που βυθίζεται στο λάδι.

Οι μαθητές συγκρίνουν τις μεθόδους καθαρισμού και συζητούν ποια ήταν η πιο αποτελεσματική και γιατί, καταγράφοντας τις παρατηρήσεις τους σε πίνακα.

Ερωτήσεις για Σκέψη:

- Ποια μέθοδος καθαρισμού ήταν πιο αποτελεσματική και γιατί;
- Γιατί ήταν δύσκολο να καθαριστεί το νερό από το πετρέλαιο;
- Ποιες είναι οι επιπτώσεις των πετρελαιοκηλίδων στο περιβάλλον και την υδρόβια ζωή;

Η δραστηριότητα αυτή έχει ως στόχο να δώσει στους μαθητές την ευκαιρία να παρατηρήσουν τις επιπτώσεις των πετρελαιοκηλίδων στην ποιότητα του νερού και να εξερευνήσουν ποικίλες τεχνικές καθαρισμού, παρέχοντάς τους έτσι τη δυνατότητα να κατανοήσουν καλύτερα τις πραγματικές προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι επαγγελματίες στο πεδίο της περιβαλλοντικής προστασίας. Η δραστηριότητα δοκιμάστηκε με μεγάλη επιτυχία από τους μαθητές του Scoil Chaitríona Junior στο Galway της Ιρλανδίας και του

Ανατόλια Elementary School στην Ελλάδα, οι οποίοι συμμετείχαν ενεργά στο πείραμα. Οι παρατηρήσεις τους και η ανατροφοδότηση που προσέφεραν ήταν καθοριστικής σημασίας για την τελειοποίηση του πειράματος και της εκπαιδευτικής προσέγγισης.

Οι μαθητές από τα δύο σχολεία ανταποκρίθηκαν με ενθουσιασμό στην πρόκληση να καθαρίσουν το "μολυσμένο" νερό χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους και εργαλεία, όπως κουτάλια, βαμβάκι και πιπέτες. Μετά το πείραμα, οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα να συζητήσουν τα ευρήματά τους, αναδεικνύοντας την πολυπλοκότητα του καθαρισμού μιας πετρελαιοκηλίδας και τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι επαγγελματίες στην πραγματική ζωή. Αυτή η πρακτική εμπειρία βοήθησε τους μαθητές να κατανοήσουν βαθύτερα τα θέματα που συνδέονται με τη ρύπανση των υδάτων, ενώ η ανατροφοδότηση που προσέφεραν συνέβαλε στη βελτίωση της εκπαιδευτικής προσέγγισης, καθιστώντας τη δραστηριότητα ακόμη πιο αποτελεσματική και διδακτική.

Η ανατροφοδότηση των μαθητών ανέδειξε τη σημασία της βιωματικής μάθησης στην κατανόηση των περιβαλλοντικών ζητημάτων. Μέσω της ενεργής συμμετοχής τους, καλλιέργησαν δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων και κριτικής σκέψης, καθώς έπρεπε να επιλέξουν και να αξιολογήσουν την αποτελεσματικότητα των διαφορετικών μεθόδων καθαρισμού. Επιπλέον, η σύγκριση των παρατηρήσεων από μαθητές διαφορετικών χωρών προσέφερε πολύτιμες προοπτικές και εμπλούτισε τη συνολική εκπαιδευτική διαδικασία, αποδεικνύοντας τη σημασία των διαπολιτισμικών συνεργασιών στην εκπαίδευση STEM.



Εικόνα 1: Εικόνες από την εφαρμογή στην τάξη της δραστηριότητας “Προσομοίωση Πετρελαιοκηλίδας” στην Α τάξη του Δημοτικού του Κολλεγίου Ανατόλια, Ελλάδα και στο σχολείο Scoil Chaitríona Junior, Ιρλανδία

Σύνδεση με Επαγγελματικό Προσανατολισμό

Η σύνδεση με τον Επαγγελματικό Προσανατολισμό είναι βασική πτυχή της εκπαιδευτικής διαδικασίας, ειδικά όταν εφαρμόζεται στο πλαίσιο δραστηριοτήτων STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics). Δεν περιορίζεται μόνο στην παρουσίαση

συγκεκριμένων επαγγελματιών, όπως ο περιβαλλοντικός επιστήμονας ή ο υδρολόγος, αλλά αποσκοπεί στο να δώσει στους μαθητές τη δυνατότητα να αναπτύξουν γνώσεις, δεξιότητες, στάσεις και αξίες που θα τους βοηθήσουν να κατανοήσουν τις πραγματικές εφαρμογές αυτών των επιστημονικών αρχών και να αναλογιστούν τη δική τους συμβολή σε ζητήματα περιβαλλοντικής προστασίας.

Η σύνδεση της δραστηριότητας της **προσομοίωσης πετρελαιοκηλίδας** με τον **επαγγελματικό προσανατολισμό** είναι σημαντική, καθώς δείχνει στους μαθητές πώς η επιστήμη και η τεχνολογία που εφαρμόζουν στο πλαίσιο της τάξης μπορούν να οδηγήσουν σε επαγγέλματα που σχετίζονται με την προστασία του περιβάλλοντος και τη διαχείριση των υδάτινων πόρων. Η προσομοίωση αυτή δεν περιορίζεται στην απλή εκμάθηση του πώς λειτουργεί μια πετρελαιοκηλίδα, αλλά βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι επιστήμονες και οι τεχνικοί όταν καλούνται να αντιμετωπίσουν περιβαλλοντικές κρίσεις σε πραγματικά σενάρια.

Η δραστηριότητα αυτή επιτρέπει στους μαθητές να **εμπλακούν βιωματικά** με ένα πρόβλημα που αφορά την παγκόσμια ρύπανση των υδάτων, και να κατανοήσουν τον ρόλο επαγγελματιών όπως ο περιβαλλοντικός επιστήμονας και ο υδρολόγος. Οι μαθητές κατανοούν την πολυπλοκότητα των περιβαλλοντικών προβλημάτων και τη σημαντικότητα της **επιστημονικής έρευνας** και της **τεχνολογικής καινοτομίας** για την εξεύρεση λύσεων. Καθώς προσπαθούν να καθαρίσουν το νερό χρησιμοποιώντας διαφορετικές τεχνικές, συνειδητοποιούν τις πρακτικές δυσκολίες που υπάρχουν και πώς η επιστημονική σκέψη και η προσεκτική μελέτη είναι απαραίτητες για την αποτελεσματική αντιμετώπιση τέτοιων ζητημάτων.

Η σημασία της **STEM προσέγγισης** στη συγκεκριμένη δραστηριότητα αναδεικνύεται μέσα από τη **διαθεματική φύση** της. Οι μαθητές αναπτύσσουν βασικές **γνώσεις** σε τομείς όπως η φυσική επιστήμη και η περιβαλλοντική μηχανική, ενώ παράλληλα καλλιεργούν **δεξιότητες** που είναι κρίσιμες για τη μελλοντική τους εξέλιξη. Αυτές περιλαμβάνουν την **κριτική σκέψη** και την **επίλυση προβλημάτων**, καθώς πρέπει να αξιολογήσουν ποιες μέθοδοι καθαρισμού είναι πιο αποτελεσματικές και γιατί. Επιπλέον, ενισχύουν τις **επικοινωνιακές δεξιότητές** τους, καθώς καλούνται να εξηγήσουν τις παρατηρήσεις τους και να συνεργαστούν με τους συμμαθητές τους για να βρουν λύσεις.

Η συγκεκριμένη δραστηριότητα ενθαρρύνει επίσης τους μαθητές να αναπτύξουν **περιβαλλοντική συνείδηση** και να κατανοήσουν τη σημασία της προστασίας των φυσικών πόρων. Μέσα από την εμπειρία της προσομοίωσης, οι μαθητές δεν παρακολουθούν απλώς τις επιπτώσεις της ρύπανσης, αλλά συμμετέχουν ενεργά στην αναζήτηση λύσεων, κάτι που ενισχύει το αίσθημα της **υπευθυνότητας** για το περιβάλλον. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς οι μαθητές αποκτούν **στάσεις** που θα τους βοηθήσουν να γίνουν υπεύθυνοι πολίτες, ευαισθητοποιημένοι στις περιβαλλοντικές προκλήσεις που αντιμετωπίζει η κοινωνία μας.

Επιπλέον, η δραστηριότητα συνδέεται με αξίες όπως η **βιωσιμότητα** και η **κοινωνική ευθύνη**, καθώς οι μαθητές κατανοούν ότι η ρύπανση των υδάτων δεν είναι μόνο ένα τοπικό πρόβλημα, αλλά έχει παγκόσμιες επιπτώσεις. Μαθαίνουν ότι η καθαριότητα του νερού είναι απαραίτητη για την υγεία του περιβάλλοντος και της κοινωνίας, και συνειδητοποιούν ότι οι μελλοντικοί επαγγελματίες στον τομέα της επιστήμης και της μηχανικής θα παίξουν καθοριστικό ρόλο στην επίλυση αυτών των ζητημάτων.

Τέλος, η δραστηριότητα προσφέρει στους μαθητές τη δυνατότητα να δουν πώς οι γνώσεις και οι δεξιότητες που αποκτούν μέσα από τη STEM εκπαίδευση μπορούν να εφαρμοστούν σε πραγματικά προβλήματα, καθιστώντας τους ικανούς να συμβάλλουν στη λύση σημαντικών περιβαλλοντικών ζητημάτων στο μέλλον. Έτσι, η σύνδεση με τον επαγγελματικό

προσανατολισμό μέσω αυτής της δραστηριότητας δεν αφορά μόνο την παρουσίαση συγκεκριμένων επαγγελμάτων, αλλά και την κατανόηση του πώς η επιστήμη, η τεχνολογία και η μηχανική επηρεάζουν και διαμορφώνουν τον κόσμο μας.

Επίλογος

Το εκπαιδευτικό υλικό που δημιουργήθηκε στο πλαίσιο της ενότητας "Το νερό στη ζωή μας" θα είναι διαθέσιμο δωρεάν σε ψηφιακή μορφή στα Αγγλικά και Γερμανικά το 2025. Αυτό το υλικό περιλαμβάνει εκπαιδευτικά βίντεο, φύλλα εργασίας και οδηγούς για τους εκπαιδευτικούς, με στόχο την προώθηση της κατανόησης σημαντικών περιβαλλοντικών ζητημάτων και της ανάπτυξης STEM δεξιοτήτων στους μαθητές.

Η δραστηριότητα αυτή αποτελεί μέρος της ευρύτερης πρωτοβουλίας "Save Our Nature by Understanding It", η οποία συγκέντρωσε εκπαιδευτικούς από όλη την Ευρώπη με στόχο την καλλιέργεια περιβαλλοντικής συνείδησης και τη βιωματική μάθηση. Η επιτυχημένη ανάπτυξη του υλικού έγινε με τη συνεργασία εκπαιδευτικών όπως η Claudia Meirinhos από την Πορτογαλία, η Jane Shimizu από την Ιρλανδία, η Zhanna Tolkach από την Πολωνία, ο Bosiljko Derek από την Κροατία, και η Elina Sproge από τη Λετονία. Η συμβολή όλων αυτών των εκπαιδευτικών ήταν καθοριστική για την ανάπτυξη των δραστηριοτήτων και την ενίσχυση της διαθεματικής μάθησης γύρω από ζητήματα όπως ο κύκλος του νερού, η ρύπανση και η προστασία των υδάτινων πόρων.

Με αυτή την πρωτοβουλία, προωθείται η διασυνοριακή συνεργασία, δίνοντας τη δυνατότητα στους μαθητές να κατανοήσουν παγκόσμια ζητήματα με τρόπο προσβάσιμο και διαδραστικό.

Βιβλιογραφία

- Arvaniti, V., Koliakou, I., Kalambokis, E., Bratitsis, T. (2021). 'Green Education for a sustainable future'. New Perspectives in Science Education, 427, doi: 10.26352/F318_2384-9509
- Fattal, L. (2017). 'Into the Woods - environmental problem solving through STEAM lesson planning'. STEAM, 3(1), <https://doi.org/10.5642/steam.20170301.08>
- Guyotte, K. W. (2020). 'Toward a Philosophy of STEAM in the Anthropocene'. Educational Philosophy and Theory, 52(7), <https://doi.org/10.1080/00131857.2019.1690989>
- Hays, J., & Reinders, H. (2020). 'Sustainable learning and education: A curriculum for the future'. International Review of Education, 66(1), <https://doi.org/10.1007/s11159-020-09820-7>
- Hesketh, R., Gregg, M., Slater, S. (2006). 'Sustainability Science and Engineering'. Volume 1, Pages 47-87, [https://doi.org/10.1016/S1871-2711\(06\)80011-5](https://doi.org/10.1016/S1871-2711(06)80011-5)
- Holfelder, A. K. (2019). 'Towards a sustainable future with education?'. Sustainability Science, 14(4), <https://doi.org/10.1007/s11625-019-00682-z>
- Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2019). 'STEAM in practice and research: An integrative literature review'. Thinking Skills and Creativity, 31, <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002>
- Syahmani, S., Hafizah, E., Sauqina, S., Adnan, M. bin, & Ibrahim, M. H. (2021). 'STEAM Approach to Improve Environmental Education Innovation and Literacy in

*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στις συγγραφείς.



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Greece

*Science on Stage Festival 2024
Turku, Finland*

«There and Back Again: A Space Tale» - An eTwinning Project in the contemporary space exploration research, with the participation in the ESA's international contest «Moon Camp Challenge 2022 – 2023»

Μαθητές: Μιχαέλα Βογιατζή, Παύλος Καρατζίδης, Ιωάννης Κατσαντώνης, Βασίλειος Κεσίδης, Σταύρος Κωνσταντινίδης, Ιωάννα Μούτσου, Μαλβίνα Παπουτσή, Ιωάννα Πολλαετίδου, Αυγή Τεκτονίδου, Ευστρατία Φλαμούρη, Σοφία Φλαμούρη
1^ο Γυμνάσιο Πολίχνης, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα

Μαθητές: Filip Mladenović Fran Sokolić Ivan Ninić Tomislav Max Marić Roko Sokolić Iva Dujic Luka Popović
Primary School of Središće, Ζάγκρεμπ, Κροατία

Υπεύθυνοι καθηγητές
Χριστιάνα Ματεντσίδου, Μαθηματικός, 1^ο Γυμνάσιο Πολίχνης Θεσσαλονίκης
christiana_ma@hotmail.com
Bosiljko Đerek, Μαθηματικός-Φυσικός, Primary School Središće, Κροατία
bosiljko.derek@skole.hr

(Συμμετείχε στο Science on Stage Festival 2024 ως Joint project)

Περίληψη

Διανύοντας την περίοδο της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης, που χαρακτηρίζεται από την ευρεία αξιοποίηση των ψηφιακών τεχνολογιών, της τεχνητής νοημοσύνης και των αυτοματισμών, η διαστημική εξερεύνηση γνωρίζει πρωτόγνωρη άνθηση. Η ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών όχι μόνο επιταχύνει την ανάπτυξη καινοτόμων διαστημικών αποστολών και υποδομών για την υποστήριξη μακροχρόνιας ανθρώπινης παρουσίας στο διάστημα, αλλά μειώνει το κόστος και δημιουργεί νέες επαγγελματικές προοπτικές. Η συνεργασία δημόσιων και ιδιωτικών φορέων γίνεται πλέον εφικτή, οδηγώντας σε ένα νέο κύμα εξερεύνησης του διαστήματος, με κεντρικό σημείο αναφοράς την επιστροφή του ανθρώπου στη Σελήνη, μετά από την παρέλευση πέντε περίπου δεκαετιών από την τελευταία επανδρωμένη προσσελήνωση.

Οι σημερινοί μαθητές, ως μελλοντικοί επιστήμονες, θα διαδραματίσουν καίριο ρόλο σε αυτήν την προσπάθεια, αξιοποιώντας τις γνώσεις και τις δεξιότητες που αναπτύσσουν στο πλαίσιο εκπαιδευτικών προγραμμάτων, όπως το παρόν πρόγραμμα με τίτλο «There and Back Again: A Space Tale». Το πρόγραμμα αυτό αποτελεί μια εκπαιδευτική πρωτοβουλία στο πλαίσιο της συνεργασίας eTwinning μεταξύ του 1^{ου} Γυμνασίου Πολίχνης από την Ελλάδα και του Primary School Središće από την Κροατία. Ο κύριος στόχος του είναι να εξοικειωθούν οι μαθητές με τη διαστημική εξερεύνηση, το διαστημικό δίκαιο, και να συμμετάσχουν ενεργά στην έρευνα των απαραίτητων προϋποθέσεων για τη δημιουργία μιας βιώσιμης σεληνιακής βάσης. Οι μαθητές κλήθηκαν να εξετάσουν διεξοδικά τις τεχνολογικές, περιβαλλοντικές και νομικές απαιτήσεις που θα διασφαλίσουν τη μακροχρόνια διαβίωση μιας μικρής ομάδας αστροναυτών στη Σελήνη. Η έρευνα εστίασε σε ζητήματα όπως η διαχείριση ενέργειας, η παραγωγή και ανακύκλωση πόρων, καθώς και οι αρχές που διέπουν την ανθρώπινη

δραστηριότητα στο διάστημα, με στόχο τη σχεδίαση ενός τρισδιάστατου μοντέλου σεληνιακής βάσης που συνδυάζει την τεχνολογική καινοτομία με βιώσιμες πρακτικές. Η δραστηριότητα αυτή πραγματοποιείται στο πλαίσιο συμμετοχής των δυο σχολείων στο διεθνή διαγωνισμό «Moon Camp Challenge 2022-2023» του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος (ESA), της Airbus Foundation και της Autodesk, ενισχύοντας την κατανόηση για τις επιστημονικές και τεχνολογικές προκλήσεις της σύγχρονης διαστημικής έρευνας.

Το έργο «There and Back Again: A Space Tale» συνέβαλε σημαντικά στην ευαισθητοποίηση των μαθητών γύρω από θέματα βιωσιμότητας, όχι μόνο στη Γη, αλλά και σε διαστημικά περιβάλλοντα. Έγινε αντιληπτή η ανάγκη για την υπεύθυνη διαχείριση των πόρων και τη δημιουργία αυτοσυντηρούμενων συστημάτων υποστήριξης της ζωής στο σεληνιακό έδαφος. Η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η προσεκτική διαχείριση των απορριμμάτων και η εφαρμογή πρακτικών που ελαχιστοποιούν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα αποτέλεσαν κεντρικά στοιχεία των σχεδιαστικών επιλογών των μαθητών. Η ανάπτυξη αυτής της συνείδησης αποτελεί πολύτιμη παρακαταθήκη για τις μελλοντικές γενιές, οι οποίες καλούνται να συνδυάσουν την τεχνολογική πρόοδο και την περιβαλλοντική υπευθυνότητα σε κάθε πτυχή της ζωής τους.

Abstract

In the context of the 4th Industrial Revolution, characterized by the widespread use of digital technologies, artificial intelligence and automation, space exploration is experiencing an unprecedented boom. The integration of these technologies not only accelerates the development of innovative space missions and infrastructure to support a long-term human presence in space, but also reduces costs and creates new business opportunities. The cooperation of public and private agencies is now possible, leading to a new wave of space exploration, with a central point of reference the return of man to the Moon, after the passage of about five decades since the last manned lunar landing.

Today's students, as future scientists, will play a key role in this effort, leveraging the knowledge and skills they develop in educational programs such as the current program, entitled "There and Back Again: A Space Tale". This program is an educational initiative within the eTwinning cooperation between the 1st Gymnasium of Polichni from Greece and the Primary School Središće from Croatia. The main goal is to familiarize students with space exploration, space law, and to actively participate in the research of the necessary conditions for the creation of a viable moon camp. The students were asked to thoroughly examine the technological, environmental and legal requirements that would ensure the long-term survival of a small group of astronauts on the Moon. The research focused on issues such as energy management, resource production and recycling, and the principles governing human activity in space, with the aim of designing a 3D moon camp model that combines technological innovation with sustainable practices. This activity takes place within the framework of the participation of the two schools in the international competition "Moon Camp Challenge 2022-2023" of the European Space Agency (ESA), the Airbus Foundation and Autodesk, enhancing their understanding of the scientific and technological challenges of modern space research.

The project "There and Back Again: A Space Tale" significantly increased students' awareness of sustainability issues, not only on Earth, but also in space environments. During their research, students realized the need for responsible resource management and the creation of self-sustaining life support systems on lunar soil. The use of renewable energy

sources, careful waste management and the implementation of practices that minimize the environmental footprint were crucial to their design. The development of this consciousness is a valuable legacy for future generations, who are called to combine technological progress and environmental responsibility in every aspect of their lives.

Εισαγωγή

Λόγοι που συντέλεσαν στη δημιουργία του εκπαιδευτικού προγράμματος – Στόχοι του προγράμματος

Το διάστημα αποτελούσε πάντα το τελευταίο σύνορο, αιχμαλωτίζοντας τη φαντασία γενεών. Το ευρωπαϊκό, συνεργατικό έργο eTwinning «There and Back Again: A Space Tale» φέρνει αυτή τη γοητεία στην τάξη, γεφυρώνοντας δύο χώρες και δύο σχολεία: το 1^ο Γυμνάσιο Πολίχνης από την Ελλάδα και το Primary School Središće από την Κροατία. Αυτό το συναρπαστικό έργο όχι μόνο εισάγει τους μαθητές στα θαύματα της εξερεύνησης του διαστήματος, αλλά ενσταλάζει μια βαθιά κατανόηση της βιωσιμότητας και της ευθύνης που συνεπάγεται η εξερεύνηση νέων συνόρων. Το πρόγραμμα σχεδιάστηκε με γνώμονα ένα σύνολο εκπαιδευτικών, επιστημονικών και κοινωνικών παραγόντων, οι οποίοι τονίζουν τη σημασία της διαστημικής εξερεύνησης, την ενίσχυση του ενδιαφέροντος για τις επιστήμες και την τεχνολογία στις νεότερες γενιές, την προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης σύμφωνα με τους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης (SDGs) του ΟΗΕ, την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση, τη γνωριμία με τα μελλοντικά επαγγέλματα που διανοίγονται στο πεδίο του διαστήματος, καθώς και την ανάπτυξη ήπιων και σκληρών δεξιοτήτων (soft/hard skills) απαραίτητων για τον μελλοντικό πολίτη [1]. Πιο αναλυτικά, οι λόγοι που συντέλεσαν στη σύλληψη της ιδέας για τη δημιουργία αυτού του προγράμματος αναπτύσσονται ως εξής:

- **Αναζωπύρωση του ενδιαφέροντος για τη διαστημική εξερεύνηση:** Μετά από περίπου πέντε δεκαετίες από την τελευταία προσσελήνωση (1972) του διαστημικού προγράμματος Apollo, η αναζωπύρωση του ενδιαφέροντος για τη Σελήνη και το διάστημα έχει επιταχυνθεί με το νέο, «αδελφό» διαστημικό πρόγραμμα Artemis (2017). Τα προγράμματα Apollo και Artemis αντιπροσωπεύουν διαδοχικές φάσεις στη διαστημική εξερεύνηση με θεμελιώδεις διαφορές στους στόχους και τη στρατηγική τους. Το Apollo, ως αμιγώς αμερικανικό εγχείρημα, επικεντρώθηκε στην πρώτη επανδρωμένη, βραχυχρόνια προσσελήνωση και την τεχνολογική υπεροχή των ΗΠΑ κατά τον Ψυχρό Πόλεμο. Αντιθέτως, το Artemis είναι αποτέλεσμα μιας διεθνούς συνεργασίας μεταξύ διαστημικών υπηρεσιών, όπως NASA, ESA, JAXA, CSA και άλλες, καθώς και εμπορικών εταιρών όπως Space X, Blue Origin, Axiom Space και άλλοι, προωθώντας την ανάπτυξη βιώσιμων υποδομών που θα επιτρέψουν τη μακροχρόνια παραμονή των αστροναυτών στο φυσικό δορυφόρο της Γης, με στόχο τη συνεχιζόμενη εξερεύνηση του ηλιακού συστήματος και, ειδικότερα, την προετοιμασία για την εποίκιση του πλανήτη Άρη. Η κατασκευή μιας σεληνιακής βάσης θα λειτουργήσει ως κομβικό σημείο για μελλοντικά διαπλανητικά ταξίδια, με τη Σελήνη να χρησιμεύει ως ενδιάμεσος σταθμός. Αυτή η προσέγγιση θα επιτρέψει σημαντική εξοικονόμηση πόρων, τόσο σε οικονομικό όσο και σε ενεργειακό επίπεδο, συγκριτικά με τις τρέχουσες αποστολές που ξεκινούν απευθείας από τη Γη.
- **Το διάστημα ως μέσο ενίσχυσης του ενδιαφέροντος των μαθητών προς την κατεύθυνση STEM και τη διεπιστημονικότητα:** Η εξερεύνηση του διαστήματος αποτελεί ισχυρό κίνητρο για την ενεργοποίηση του ενδιαφέροντος των μαθητών απέναντι στις θετικές επιστήμες (STEM – Science, Technology, Engineering,

Mathematics), καθώς το ίδιο αποτελεί διεπιστημονικό πεδίο μελέτης. Γίνεται αντιληπτό ότι αν και ένα επιστημονικό πεδίο μπορεί να θεωρηθεί αυθύπαρκτο, είναι η συνδυασμένη γνώση που προκύπτει από την αλληλεπίδραση μεταξύ επιστημών που συχνά οδηγεί σε πιο ολοκληρωμένες και καινοτόμες λύσεις για σύνθετα προβλήματα. Διαφορετικοί επιστημονικοί κλάδοι, όπως η φυσική, τα μαθηματικά, η βιολογία, η χημεία, η μηχανική, η τεχνολογία συμμετέχουν στην επιστημονική έρευνα και την τεχνολογική εξέλιξη αποσκοπώντας στην υλοποίηση στόχων που σχετίζονται με τη διαστημική εξερεύνηση. Η προοπτική της εξερεύνησης του διαστήματος κινητοποιεί τη φαντασία και τη δημιουργικότητα των μαθητών, τους εντάσσει στα μονοπάτια της στοχευμένης αναζήτησης που απαιτείται για την προσέγγιση ενός ερευνητικού ερωτήματος, ενισχύοντας τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων, κριτικής ικανότητας, συνδυαστικής σκέψης και χειρισμού ψηφιακών πόρων-μέσων ενώ ταυτόχρονα τους προετοιμάζει για τις προκλήσεις και τις ευκαιρίες της σύγχρονης επιστημονικής και τεχνολογικής έρευνας [2], [3].

- **Σύνδεση με στόχους βιώσιμης ανάπτυξης (SDGs) - Περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση:** Το παρόν πρόγραμμα σχεδιάστηκε συνάδοντας με τους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης του ΟΗΕ, προάγοντας ιδιαίτερα τους στόχους που αφορούν στην οικονομικά προσιτή και καθαρή ενέργεια (SDG 7), στην καινοτομία (SDG 9), στις βιώσιμες πόλεις και κοινότητες (SDG 11), στην κλιματική δράση (SDG 13), στην ειρήνη, τη δικαιοσύνη, τους ισχυρούς θεσμούς (SDG 16) και στη συνεργασία για τους στόχους (SDG 17) (Εικόνα 1). Η μελέτη της κατασκευής διαστημικών βάσεων, όπως μιας σεληνιακής, συνιστά ταυτόχρονα μια έρευνα για τη βιώσιμη διαχείριση των πόρων στη Γη, ενισχύοντας την κατανόηση των μαθητών για τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ διαστημικών και γήινων οικοσυστημάτων. Εξετάζοντας τις αρχές της διαστημικής βιωσιμότητας, οι μαθητές μαθαίνουν πώς να διαχειρίζονται ζωτικούς πόρους, όπως την ενέργεια, το νερό, το οξυγόνο και τα ορυκτά υλικά, ενώ παράλληλα εστιάζουν στην προστασία του γήινου και διαστημικού περιβάλλοντος από τη ρύπανση και την εξάντληση των πόρων. Αυτή η προσέγγιση ενισχύει την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και προωθεί την επινόηση καινοτόμων τεχνολογιών για την αποδοτική διαχείριση των πόρων.
- **Καλλιέργεια δεξιοτήτων του μελλοντικού πολίτη και επαγγελματία:** Το πρόγραμμα επιδιώκει την ενίσχυση κρίσιμων δεξιοτήτων για την αγορά εργασίας του 21^{ου} αιώνα [1], όπως η συνεργασία, η δημιουργικότητα, η καινοτομία, η έρευνα και η διαχείριση έργων. Μέσα από διεπιστημονικές δραστηριότητες, οι μαθητές αναπτύσσουν δεξιότητες κριτικής σκέψης, επίλυσης προβλημάτων και χρήσης ψηφιακών εργαλείων, ενώ παράλληλα ενισχύεται η ικανότητά τους να εργάζονται ομαδικά και να διαχειρίζονται πολύπλοκα έργα.
- **Διεθνής συνεργασία και πολιτισμική κατανόηση:** Η σύμπραξη μαθητών από την Ελλάδα και την Κροατία προωθεί την πολιτισμική κατανόηση και την ανάπτυξη δεξιοτήτων συνεργασίας σε διεθνές επίπεδο. Η ανάγκη για συλλογική δράση και συνεργασία μεταξύ εθνών για την αντιμετώπιση παγκόσμιων προκλήσεων, όπως η εξερεύνηση του διαστήματος, καλλιεργεί την αντίληψη της παγκόσμιας πολιτότητας και ενισχύει την ικανότητα των μαθητών να αντιλαμβάνονται και να αξιολογούν ζητήματα υπό το πρίσμα μιας διεθνούς προοπτικής.
- **Επιστημονική Έρευνα, Τεχνολογική Πρόοδος και Καινοτομία:** Ενθαρρύνεται η εξοικείωση των μαθητών με τη διαδικασία μιας ερευνητικής μελέτης, εισάγοντάς τους στα στάδια της επιστημονικής έρευνας και στον ορθό τρόπο διεξαγωγής της.

Παράλληλα, οι μαθητές εκπαιδεύονται στη χρήση του λογισμικού τρισδιάστατης σχεδίασης «Tinkercad» για τη δημιουργία μοντέλων των σεληνιακών βάσεων. Μέσω αυτής της διαδικασίας, αναπτύσσουν τη δημιουργικότητα και τις ψηφιακές τους δεξιότητες και προετοιμάζονται για τη συμμετοχή τους στο διεθνές εκπαιδευτικό διαγωνισμό "Moon Camp Challenge 2022-2023", που συνδιοργανώνεται από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Διαστήματος (ESA), το Ίδρυμα Airbus Foundation και την Autodesk. Για τις ανάγκες του διαγωνισμού, οι μαθητές καλούνται να σχεδιάσουν μια ολοκληρωμένη σεληνιακή βάση, ικανή να υποστηρίξει τη διαβίωση αστροναυτών στο ακραίο περιβάλλον της Σελήνης. Οι συμμετέχοντες πρέπει να λάβουν υπόψη τις συνθήκες του σεληνιακού περιβάλλοντος, όπως η απουσία ατμόσφαιρας, οι ακραίες θερμοκρασίες, τα επίπεδα ακτινοβολίας και η αξιοποίηση των σεληνιακών πόρων. Στόχος του διαγωνισμού είναι η καλλιέργεια δεξιοτήτων όπως η επίλυση προβλημάτων, η κριτική σκέψη και η δημιουργικότητα, ενθαρρύνοντας τους μαθητές να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους σε ένα ρεαλιστικό πρόβλημα, ενώ παράλληλα, επιδιώκει να εμπνεύσει τη νέα γενιά επιστημόνων στον τομέα του διαστήματος.

- **Επαγγελματικός προσανατολισμός - γνωριμία με νέους κλάδους εργασίας που διανοίγονται στο πεδίο της διαστημικής:** Η εξέλιξη της διαστημικής βιομηχανίας έχει ανοίξει νέες διαστάσεις επαγγελματικών ευκαιριών, οι οποίες εκτείνονται πέρα από τα παραδοσιακά πεδία της μηχανικής και της τεχνολογίας. Το φάσμα των δραστηριοτήτων που συγκαταλέγονται στη βιομηχανία αυτή είναι ευρύ και αφορά τόσο στην αξιοποίηση του διαστήματος για την επίλυση προβλημάτων της Γης, όσο και στην περαιτέρω εξερεύνησή του [4]. Χαρακτηριστικά παραδείγματα των δραστηριοτήτων αυτών αποτελούν η ανάπτυξη δορυφορικών συστημάτων για τη βελτίωση της γεωργίας, της επικοινωνίας και της παρακολούθησης του περιβάλλοντος, η ανάπτυξη τεχνολογιών και υποδομών που επιτρέπουν τη δημιουργία αυτοσυντηρούμενων συστημάτων εκτός Γης, όπως διαστημικές αποικίες, η εξόρυξη αστεροειδών, οι κατασκευές στο διάστημα, που δεν απαιτούν υλικά από τη Γη, η διαχείριση των διαστημικών απορριμμάτων και η ανάπτυξη βιώσιμων πρακτικών για την προστασία του διαστημικού περιβάλλοντος, ώστε να εξασφαλιστεί η μακροπρόθεσμη δυνατότητα αξιοποίησης του διαστήματος. Παράλληλα, η αυξανόμενη συμμετοχή ιδιωτικών διαστημικών εταιρειών ανοίγει νέες αγορές και δημιουργεί ευκαιρίες για οικονομική ανάπτυξη, μέσω ιδιωτικών αποστολών στη Σελήνη, του διαστημικού τουρισμού και της ανάπτυξης διαστημικών υποδομών. Τα προαναφερόμενα ενδεικτικά παραδείγματα καταδεικνύουν τη διάνοξη νέων επαγγελματικών ευκαιριών στον τομέα της διαστημικής βιομηχανίας, υπογραμμίζοντας την αναγκαιότητα να ενημερωθούν οι μαθητές για τις επαγγελματικές προοπτικές και κατευθύνσεις που προσφέρει αυτός ο τομέας.

Συνοψίζοντας, το πρόγραμμα αυτό, όχι μόνο επιδιώκει την ενσωμάτωση των αρχών της βιώσιμης ανάπτυξης και της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης, αλλά προωθεί επίσης την εκπαίδευση στις επιστήμες και την τεχνολογία, την ανάπτυξη δεξιοτήτων του μέλλοντος και τη διεθνή συνεργασία. Με τον τρόπο αυτό, οι μαθητές προετοιμάζονται για τις προκλήσεις ενός τεχνολογικά προηγμένου και βιώσιμου κόσμου.



Εικόνα 1: Οι Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης του ΟΗΕ που συνάδουν με τους στόχους του προγράμματος. (εισαγωγή εικόνας από <https://bit.ly/3z0jteH>)

Περιγραφή εργασίας

Το έργο που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία είναι αποτέλεσμα της οκτάμηνης συνεργασίας εκπαιδευτικών και μαθητών των δύο συνεργαζόμενων σχολείων. Αριθμούσε συνολικά δεκαοκτώ μαθητές και δέκα εκπαιδευτικούς, εκ των οποίων οι δύο ήταν οι δημιουργοί και οι συντονιστές του έργου.

Για την ενίσχυση της επιστημονικής προσέγγισης του έργου, κρίθηκε απαραίτητη η συνεργασία με εξειδικευμένους επιστημονικούς φορείς, όπως το Ευρωπαϊκό Γραφείο Πόρων Εκπαίδευσης για το Διάστημα (ESERO), το οποίο διοργάνωσε webinar για την εκμάθηση του προγράμματος τρισδιάστατης σχεδίασης "Tinkercad" και συνέβαλε στην ανεύρεση επιστημονικού συνεργάτη από το τμήμα Αστροφυσικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ). Ο επιστημονικός συνεργάτης, σε ρόλο μέντορα, συμμετείχε στην επίβλεψη των εργασιών των μαθητών, παρείχε καθοδήγηση και συμμετείχε σε διακρατικές τηλεδιασκέψεις. Σημαντική ήταν και η συμβολή του διευθυντή Ερευνών του Κέντρου Ερευνών Αστρονομίας και Εφαρμοσμένων Μαθηματικών της Ακαδημίας Αθηνών (ΚΕΑΕΜ), στις τηλεδιασκέψεις αυτές. Κατά τις παρεμβάσεις του, μετέφερε στους μαθητές πολύτιμες εμπειρίες από τον τομέα της διαστημικής έρευνας, ενώ τους ενημέρωσε για τα βήματα και τις δεξιότητες που απαιτούνται για να εισέλθει κάποιος στο συγκεκριμένο πεδίο, καθώς και για τις νέες επαγγελματικές ευκαιρίες και ερευνητικές προκλήσεις στον τομέα αυτό.

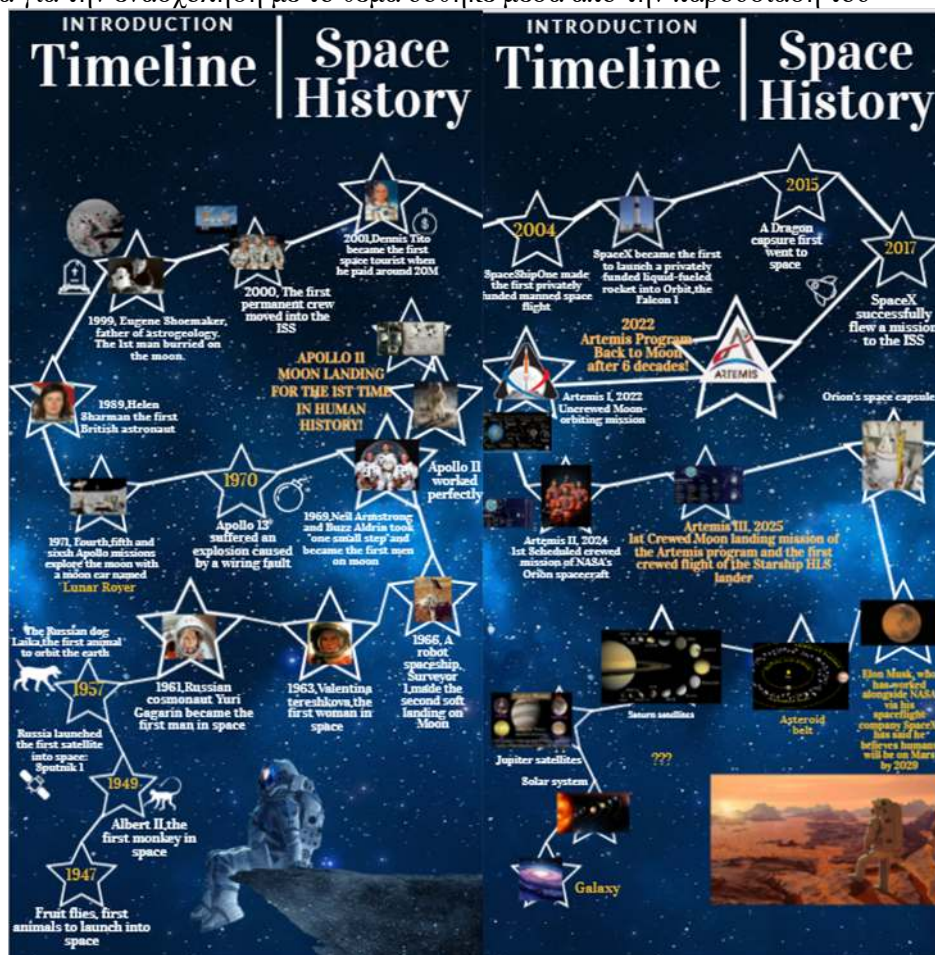
Για την υποστήριξη της διακρατικής συνεργασίας μεταξύ των δυο σχολείων δημιουργήθηκε ο ομώνυμος ιστότοπος "There and Back Again: A Space Tale" [5], που εξυπηρετούσε στην επιτυχή υλοποίηση και οργάνωση του έργου, εκπληρώνοντας πολλαπλούς εκπαιδευτικούς και διαχειριστικούς στόχους. Λειτουργήσε ως κεντρική ψηφιακή πλατφόρμα, παρέχοντας εύκολη και άμεση πρόσβαση σε όλες τις σχετικές πληροφορίες και εκπαιδευτικά υλικά, διασφαλίζοντας τη σαφή κατανόηση των στόχων και των δραστηριοτήτων του προγράμματος

από όλους τους συμμετέχοντες. Διευκόλυνε την ανάπτυξη των ερευνητικών δεξιοτήτων των μαθητών, προσφέροντας οργανωμένα εργαλεία συνεργασίας και πηγές πληροφόρησης και λειτουργούσε ως μέσο τεκμηρίωσης των εκπαιδευτικών και διακρατικών συναντήσεων, των εκπαιδευτικών επισκέψεων και της διάχυσης των αποτελεσμάτων του έργου, προσδίδοντας διαφάνεια και διευκολύνοντας την παρακολούθηση της προόδου. Αυτή η τεκμηρίωση συνέβαλε στη συστηματική καταγραφή των δράσεων και αποτέλεσε πολύτιμη πηγή για την αξιολόγηση και τη διάχυση των αποτελεσμάτων του έργου.

Το κύριο σώμα των εργασιών αναπτύχθηκε σε τρεις διακριτές φάσεις, οι οποίες οργανώθηκαν με σκοπό τη σταδιακή εμβάθυνση των μαθητών στις έννοιες και τις δεξιότητες που απαιτούσε το πρόγραμμα.

Φάση 1^η: Ιστορική επισκόπηση της διαστημικής εξερεύνησης

Η πρώτη φάση του προγράμματος επικεντρώθηκε στην εισαγωγή των μαθητών στην ιστορία της διαστημικής εξερεύνησης, με στόχο να κατανοήσουν τα σημαντικά ορόσημα και τα κίνητρα που οδήγησαν την ανθρωπότητα να αναζητήσει τη βιωσιμότητα εκτός Γης. Το έναυσμα για την ενασχόληση με το θέμα δόθηκε μέσα από την παρουσίαση του

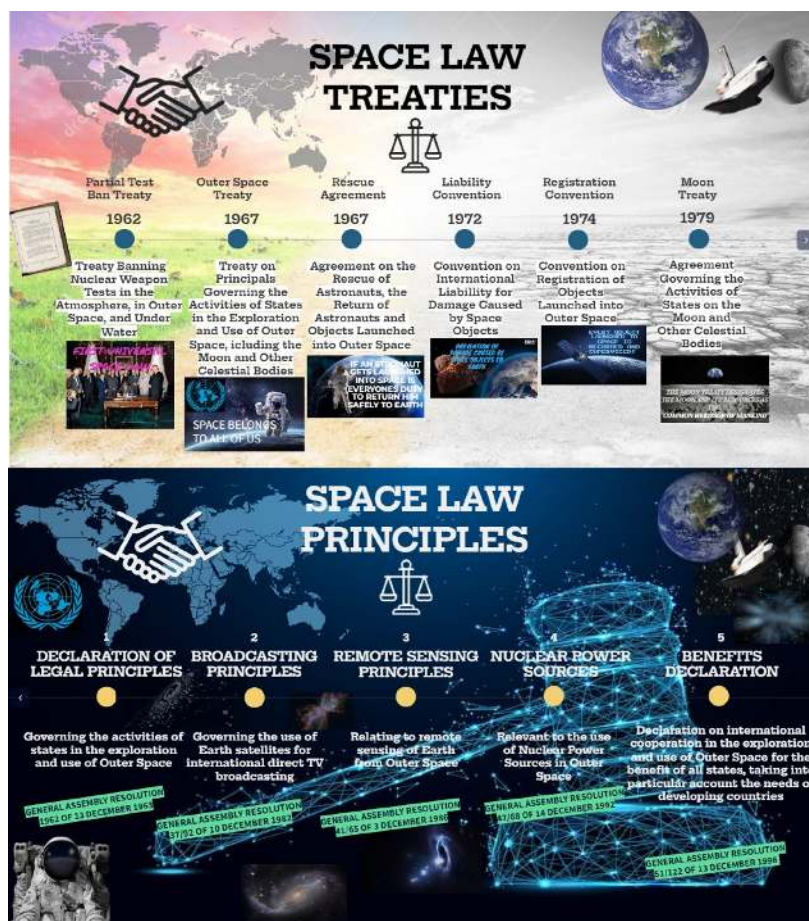


Εικόνα 2: Infographic - Ιστορική Επισκόπηση της Διαστημικής Εξερεύνησης

επιστημονικού συνεργάτη, ο οποίος ανέλυσε τα βασικά σημεία της εξέλιξης της διαστημικής έρευνας, από τις πρώτες αποστολές μέχρι τις σύγχρονες επιδιώξεις για την εξερεύνηση άλλων πλανητών. Οι μαθητές, σε συνεργασία με τους εταίρους τους από το άλλο σχολείο, διερεύνησαν σε βάθος τα επιτεύγματα της διαστημικής τεχνολογίας και τα μείζονα γεγονότα που οδήγησαν στη σημερινή γνώση και προσπάθεια για αποίκηση σε άλλους πλανήτες. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας παρουσιάστηκαν με τη δημιουργία μιας οπτικής αναπαράστασης της πληροφορίας (infographic), που σχεδιάστηκε από κοινού με τη χρήση του συνεργατικού ψηφιακού εργαλείου **Genial.ly** (Εικόνα 2).

Φάση 2^η: Διερεύνηση του διεθνούς διαστημικού δικαίου

Η δεύτερη φάση του προγράμματος επικεντρώθηκε στη μελέτη του Διεθνούς Διαστημικού Δικαίου, προσφέροντας στους μαθητές την ευκαιρία να εξερευνήσουν τις διεθνείς κανονιστικές διατάξεις και συνθήκες που διέπουν την εξερεύνηση και την εκμετάλλευση του διαστήματος. Αυτοί οι κανόνες διασφαλίζουν την υπεύθυνη, ειρηνική και βιώσιμη διαστημική δραστηριότητα, τη δίκαιη διαχείριση των πόρων και την αποτελεσματική ρύθμιση των δραστηριοτήτων σε αυτόν τον τομέα. Το περιεχόμενο βασίστηκε στις αρχές που έχουν θεσπιστεί από το Γραφείο Θεμάτων του ΟΗΕ για το Εξώτερο Διάστημα [6].



Εικόνα 3: Infographic - Διερεύνηση του Διεθνούς Διαστημικού Δικαίου

Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές ερευνήσαν τις βασικές συμφωνίες όπως η «Συνθήκη για το Εξώτερο Διάστημα», η «Συνθήκη για τη Σελήνη», η «Συνθήκη για τη Διαχείριση Διαστημικών Δραστηριοτήτων» και οι «Συμβάσεις για την Ευθύνη και τη Βλάβη», εξετάζοντας τις επιπτώσεις τους στις διεθνείς διαστημικές αποστολές και τις νομικές υποχρεώσεις των εμπλεκόμενων κρατών. Η μελέτη περιελάμβανε την αξιολόγηση της επιρροής αυτών των συμφωνιών στη διαχείριση και την προστασία των διαστημικών πόρων, καθώς και την ενίσχυση της συνεργασίας μεταξύ των διαστημικών δυνάμεων. Ως τελικό παραδοτέο, δημιουργήθηκε ένα δεύτερο ψηφιακό infographic (Εικόνα 3), το οποίο οπτικοποιεί τα ευρήματα της ερευνητικής αναζήτησης των μαθητών.

Φάση 3^η: Διεθνής διαγωνισμός «Moon Camp Challenge 2022 – 2023»

Αυτό το στάδιο αποτελεί το κύριο μέρος του προγράμματος, με στόχο την εξοικείωση με την πολυπλοκότητα και τις προκλήσεις της διαστημικής εξερεύνησης. Οι μαθητές ανέλαβαν το σχεδιασμό ενός τρισδιάστατου μοντέλου σεληνιακής βάσης, στο πλαίσιο της συμμετοχής τους στο διεθνή διαγωνισμό «Moon Camp Challenge 2022-2023». Η πρόκληση που αντιμετώπισαν ξεπερνούσε την απλή σχεδίαση πρωτοτύπων υψηλής πιστότητας της βάσης. Περιελάμβανε την εις βάθος ανάλυση και κατανόηση της πολυπλοκότητας του σεληνιακού περιβάλλοντος και των συνθηκών που καθιστούν την εγκαθίδρυση μίας μόνιμης ανθρώπινης παρουσίας σε εξωγήινο σώμα μια σύνθετη πρόκληση. Κλήθηκαν να συνδυάσουν τη θεωρητική γνώση με πρακτικές απαιτήσεις, επιδιώκοντας την ανάπτυξη καινοτόμων λύσεων που να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του σεληνιακού περιβάλλοντος.

Μαθαίνοντας από τα Λάθη της Γης: Κατευθύνσεις για Βιώσιμη Ανάπτυξη στη Σελήνη.

Καθώς οι μαθητές μελέτησαν τις προκλήσεις που σχετίζονται με τον εποικισμό της Σελήνης, διερεύνησαν επίσης τις ευρύτερες επιπτώσεις της εγκατάστασης του ανθρώπου σε ένα νέο εξωγήινο περιβάλλον. Αναδείχθηκε έτσι η σημασία της αποφυγής επανάληψης των λαθών που έχει διαπράξει ο άνθρωπος στη Γη, όπως η υπερεκμετάλλευση των φυσικών πόρων, η ρύπανση και η ανεπάρκεια της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Η Σελήνη προσφέρει μια μοναδική ευκαιρία για την ανάπτυξη μιας βάσης εναρμονισμένης με τις συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον αυτό. Οι μαθητές συζήτησαν στρατηγικές για την ελαχιστοποίηση της ανθρώπινης παρέμβασης στο σεληνιακό έδαφος, εφαρμόζοντας εξ αρχής βιώσιμες πρακτικές. Αυτές οι στρατηγικές περιελάμβαναν την προσεκτική διαχείριση των απορριμμάτων, την αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τη δημιουργία αυτοσυντηρουμένων συστημάτων υποστήριξης της ζωής. Στόχος ήταν η δημιουργία μιας σεληνιακής βάσης που όχι μόνο θα υποστήριζε την ανθρώπινη ζωή, αλλά θα λειτουργούσε και ως πρότυπο βιωσιμότητας, παρέχοντας πολύτιμα διδάγματα για την προστασία και διατήρηση του πλανήτη μας.

Σε αυτό το πλαίσιο, δρομολογήθηκε η τρίτη φάση της εργασίας τους, η οποία εξελίχθηκε σε δύο στάδια: το στάδιο της ερευνητικής ανάλυσης και το στάδιο της σχεδίασης πρωτοτύπων χαμηλής και υψηλής πιστότητας.

Στάδιο 1^ο: Ερευνητική μελέτη για την κατασκευή της Σεληνιακής βάσης.

Κατά την έρευνά τους οι μαθητές ανέλαβαν να επιλύσουν προβλήματα που περιελάμβαναν την επιλογή της κατάλληλης τοποθεσίας για την κατασκευή της βάσης στον σεληνιακό

χάρτη, την αξιοποίηση των τοπικών πόρων (in-situ κατασκευή) και την επιλογή των μεθόδων κατασκευής, την αναζήτηση αυτόνομων πηγών ενέργειας στη Σελήνη, την ανάπτυξη μεθόδων για μακροχρόνια διαβίωση στο σεληνιακό περιβάλλον και την πρόβλεψη για την υγεία και την ασφάλεια των αστροναυτών. Η έρευνά τους ήταν κατά κύριο λόγο διαδικτυακή, ενώ ζητήματα που τους απασχόλησαν ιδιαίτερα συζητήθηκαν κατά τις διακρατικές συναντήσεις με τους επιστημονικούς συνεργάτες.

Πρόβλημα 1: Επιλογή της κατάλληλης τοποθεσίας για την κατασκευή της βάσης στον σεληνιακό χάρτη

Χρειάστηκε να ληφθούν υπόψη αρκετές κρίσιμες παράμετροι. Αυτές περιελάμβαναν τις ακραίες θερμοκρασίες, τις ενεργειακές απαιτήσεις, την πρόσβαση σε νερό, υδρογόνο και οξυγόνο, καθώς και τις τηλεπικοινωνιακές δυνατότητες και την προστασία από τους μετεωρίτες και την ηλιακή ακτινοβολία. Οι δύο μαθητικές ομάδες ανέπτυξαν διακριτές προτάσεις, καθεμία τεκμηριωμένη με ισχυρά επιχειρήματα. Η πρώτη ομάδα πρότεινε την τοποθεσία «Sinus Roris», μια σεληνιακή θάλασσα που αποτελεί περιοχή του Ωκεανού των Καταιγίδων (Oceanus Procellarum), ενώ η δεύτερη ομάδα πρότεινε τον «κρατήρα Schakleton», που βρίσκεται στον νότιο πόλο της Σελήνης.

Πρόταση Κροατικής Ομάδας: Η σεληνιακή θάλασσα Sinus Roris, στην περιοχή του Ωκεανού των Καταιγίδων.

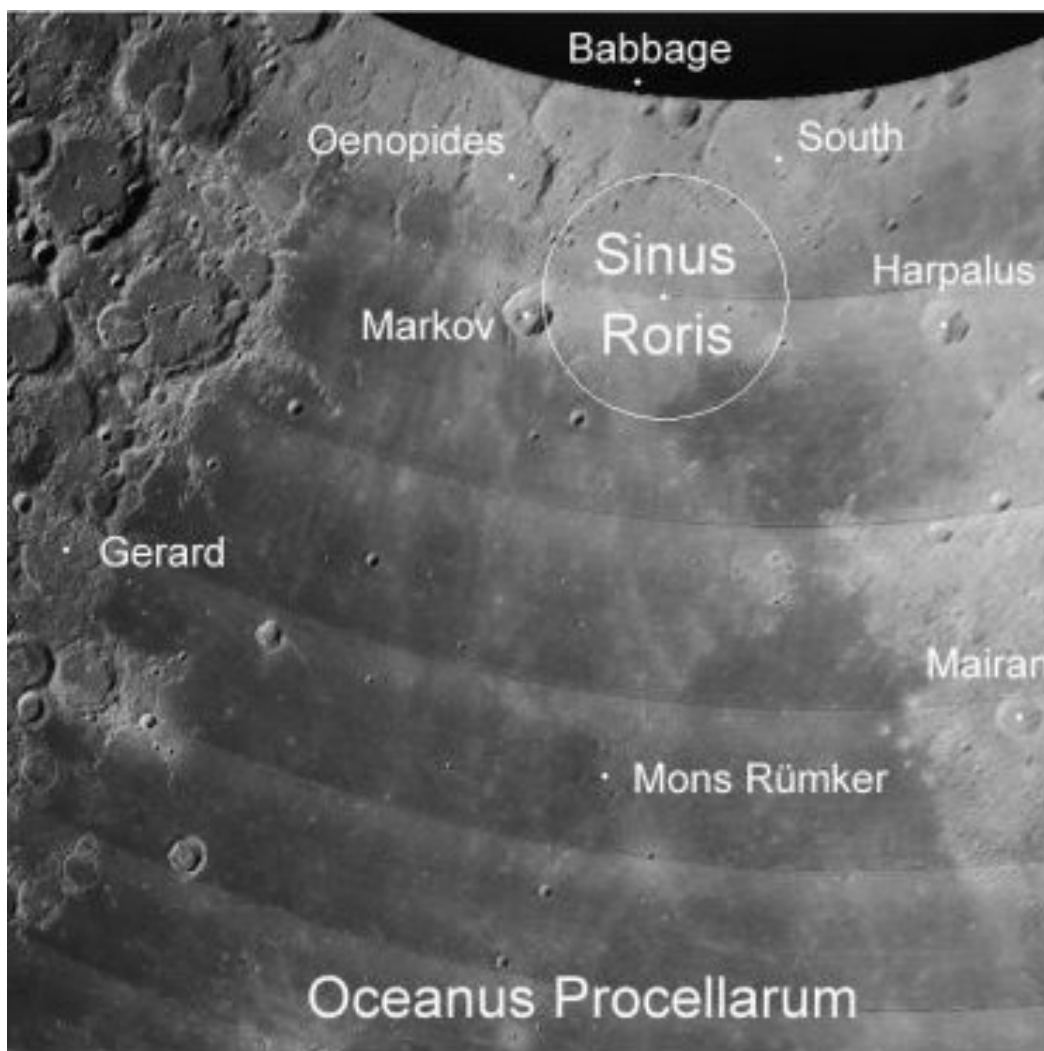
Η περιοχή Sinus Roris (Εικόνα 4) προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα για τη μελλοντική εξερεύνηση και εγκατάσταση στη Σελήνη. Βρίσκεται κοντά στον βόρειο πόλο, αυξάνοντας τις πιθανότητες ύπαρξης αποθεμάτων πάγου, που είναι κρίσιμα για την υποστήριξη ζωής και την παραγωγή καυσίμων. Το ομαλό έδαφος της περιοχής διευκολύνει τις προσγειώσεις και την κατασκευή υποδομών, ενώ η άφθονη ηλιακή ακτινοβολία καθιστά εφικτή την παραγωγή ηλιακής ενέργειας. Γεωλογικά, η Sinus Roris παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον, καθώς περιέχει ενδείξεις για την ηφαιστειακή ιστορία της Σελήνης και ίσως κρύβει πολύτιμους ορυκτούς πόρους. Ο ρεγόλιθος (σεληνιακό έδαφος) της περιοχής, πλούσιος σε οξυγόνο και μέταλλα, καθίσταται κατάλληλος για επιτόπια αξιοποίηση πόρων (in-situ resource utilization - ISRU). Επιπλέον, οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις είναι λιγότερο ακραίες από άλλες σεληνιακές περιοχές, διευκολύνοντας τη διαχείριση της θερμότητας.

Για τους παραπάνω λόγους, η Sinus Roris αποτελεί ιδανική τοποθεσία για τη δημιουργία ενός μόνιμου σεληνιακού οικισμού, συνδυάζοντας υλικοτεχνικά και επιστημονικά πλεονεκτήματα με την ευκολία πρόσβασης σε φυσικούς πόρους.

Πρόταση Ελληνικής Ομάδας: Ο κρατήρας Shackleton στον Νότιο Σεληνιακό Πόλο.

Ο κρατήρας Shackleton (Εικόνα 5), που βρίσκεται στον νότιο πόλο της Σελήνης, θεωρείται μια από τις καλύτερες τοποθεσίες για τη δημιουργία σεληνιακής βάσης λόγω σημαντικών πλεονεκτημάτων. Το χείλος του κρατήρα δέχεται σχεδόν συνεχή ηλιακή ακτινοβολία για το 90% του έτους, παρέχοντας σταθερή και αξιόπιστη πηγή ηλιακής ενέργειας. Στο εσωτερικό του κρατήρα, που παραμένει σε αιώνιο σκοτάδι, έχουν εντοπιστεί αποθέματα νερού σε μορφή πάγου, ενώ οι ανιχνεύσεις του διαστημικού σκάφους Lunar Prospector αποκάλυψαν υψηλές συγκεντρώσεις υδρογόνου, εξασφαλίζοντας τη σταθερή πρόσβαση σε νερό, οξυγόνο, υδρογόνο, επομένως και σε καύσιμα. Η τοποθεσία προσφέρει επίσης δυνατότητες αξιόπιστης

επικοινωνίας μέσω του όρους Malapert, το οποίο βρίσκεται περίπου 120 χιλιόμετρα μακριά. Το όρος, ύψους 5 χιλιομέτρων, είναι συνεχώς ορατό από τη Γη και μπορεί να λειτουργήσει ως σταθμός αναμετάδοσης ραδιοσημάτων με την κατάλληλη υποδομή. Επιπλέον, η τοποθεσία είναι ιδανική για αστρονομική έρευνα, καθώς η έλλειψη ατμόσφαιρας καθιστά την παρατήρηση των πλανητικών αντικειμένων εξαιρετικά ευκρινή. Η δημιουργία ενός παρατηρητηρίου εντός του κρατήρα θα μπορούσε να εκμεταλλευτεί το σκοτεινό και ψυχρό περιβάλλον για να επιτύχει ενισχυμένη ασφάλεια και προηγμένες δυνατότητες παρατήρησης



Εικόνα 4: Πρόταση 1- Τοποθεσία Σεληνιακή Θάλασσα Sinus Roris, Ωκεανός των Καταιγίδων
(εισαγωγή εικόνας από [https://the-moon.us/images/9/9f/Normal Sinus Roris LO-IV-188M LTVT.JPG](https://the-moon.us/images/9/9f/Normal_Sinus_Roris_LO-IV-188M_LTVT.JPG))



Εικόνα 5: Πρόταση 2- Τοποθεσία Κρατήρας Shackleton, Νότιος Σεληνιακός Πόλος (εισαγωγή εικόνας από

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/9/99/Lunar_Southern_Pole_Peaks_of_Eternal_Light.jpg

)

Πρόβλημα 2: Επιλογή υλικών και μεθόδων κατασκευής για την εξασφάλιση της οικονομικής βιωσιμότητας και την αξιοποίηση των τοπικών πόρων (ISRU).

Το επόμενο βήμα αφορούσε στην επιλογή μιας λύσης για την κατασκευή της σεληνιακής βάσης με ελάχιστη εξάρτηση από εξωγενείς πόρους, όπως υλικά και ενεργειακές εισροές από τη Γη. Αυτή η προσέγγιση όχι μόνο βελτιώνει την οικονομική αποδοτικότητα των αποστολών, αλλά παράλληλα μετριάξει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με τις ενεργειακές απαιτήσεις των διαστημικών ταξιδιών.

Οι προτάσεις των δύο ομάδων για το συγκεκριμένο πρόβλημα συνέκλιναν. Για την επένδυση του εξωτερικού στρώματος των βάσεων, προτάθηκε η αξιοποίηση του σεληνιακού εδάφους (ρεγόλιθος), σε συνδυασμό με περιορισμένες ποσότητες υλικών που θα μεταφέρονταν από τη Γη, ώστε να παραχθεί ένα υλικό με ιδιότητες ανάλογες του σκυροδέματος, κατάλληλο για την οικοδόμηση βιώσιμης δομής. Ο ρεγόλιθος, λόγω της σύστασής του και των φυσικών του ιδιοτήτων, μπορεί να απορροφά και να διαχέει την ηλιακή και κοσμική ακτινοβολία. Αυτό τον καθιστά χρήσιμο για την προστασία από τις επιβλαβείς επιδράσεις της ακτινοβολίας. Στον εσωτερικό χώρο της βάσης, προτάθηκε η χρήση πτυσσόμενων φουσκωτών κατασκευών που έχουν σχεδιαστεί για να διατηρούν ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης και οι οποίες θα μεταφέρονται από τη Γη. Αυτές οι δομές συμβάλλουν στη δημιουργία ενός βιώσιμου περιβάλλοντος για τους αστροναύτες, εξασφαλίζοντας τις απαραίτητες συνθήκες διαβίωσης και εργασίας [7] (Εικόνα 6). Όσον αφορά στην κατασκευαστική διαδικασία, αυτή προβλέπει τη χρήση αυτοματοποιημένων ρομποτικών συστημάτων και τρισδιάστατων εκτυπωτών μεγάλης κλίμακας, που θα μεταφέρονται από τη Γη σε αποσυναρμολογημένη μορφή για άμεση συναρμολόγηση και χρήση επί τόπου (Εικόνα 7).



Εικόνα 6: Κατασκευή Σεληνιακής Βάσης. Εξωτερικά: Υλικό από ρεγόλιθο. Εσωτερικά: Πτυσσόμενη φουσκωτή βάση (εισαγωγή εικόνας από https://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2013/01/3d-printed_lunar_base_design/12501079-1-eng-GB/3d-printed_lunar_base_design_pillars.png)



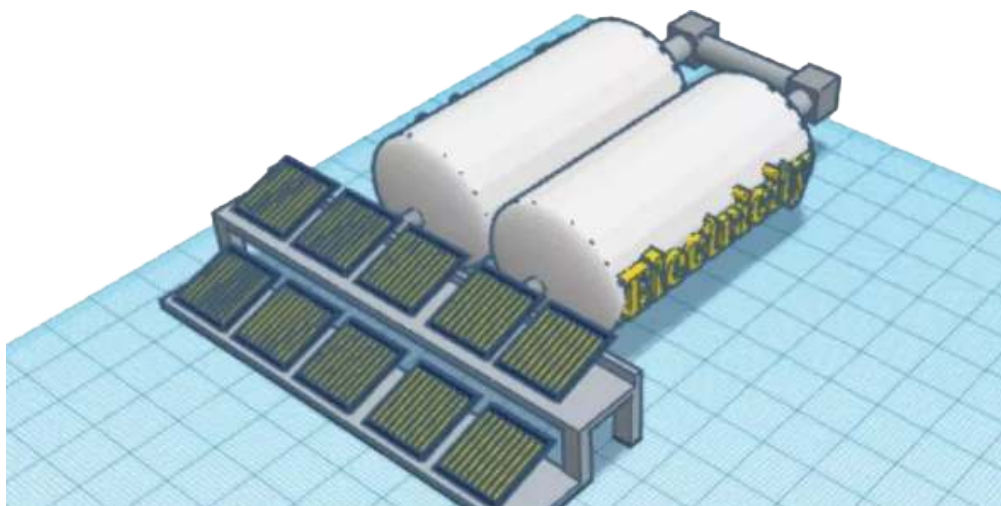
Εικόνα 7: Κατασκευή Σεληνιακής Βάσης. Χρήση ρομποτικών συστημάτων – Τρισδιάστατων εκτυπωτών (εισαγωγή εικόνας από <https://singularityhub.com/2022/12/01/nasa-gave-icon-57-million-to-build-a-3d-printer-for-structures-on-the-moon/>)

Πρόβλημα 3: Αναζήτηση αυτόνομων πηγών ενέργειας στη Σελήνη.

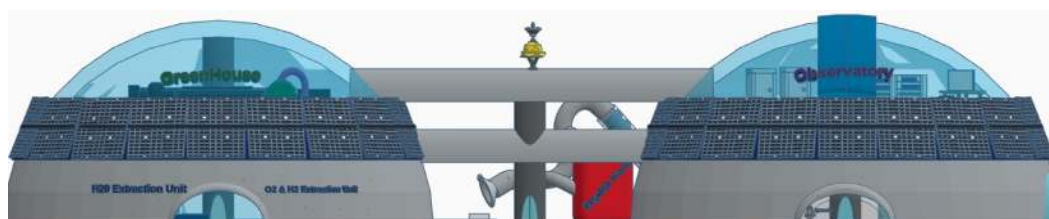
Ένα από τα κύρια ζητήματα που εξετάστηκαν ήταν η αναζήτηση βιώσιμων πηγών ενέργειας για τη διαβίωση στη Σελήνη. Λαμβάνοντας υπόψη τις ακραίες συνθήκες του σεληνιακού περιβάλλοντος, οι συμβατικές πηγές ενέργειας, όπως τα ορυκτά καύσιμα, δεν θεωρούνται πρακτικές. Αντιθέτως, οι μαθητές εστίασαν σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή και η θερμική, καθώς και στην ενέργεια που παράγεται μέσω πυρηνικής σύντηξης και πυρηνικής σχάσης.

Ηλιακή Ενέργεια:

Η Σελήνη, με την σχεδόν συνεχή ηλιοφάνεια για περίοδο περίπου 14 γήινων ημερών, αποτελεί ιδανικό υποψήφιο για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Διερευνήθηκε η δυνατότητα χρήσης εύκαμπτων ηλιακών συλλεκτών, οι οποίοι μπορούν είτε να μεταφερθούν από τη Γη είτε να κατασκευαστούν επί τόπου στη Σελήνη. Η επιτόπια κατασκευή ηλιακών συλλεκτών παρουσιάζει ελπιδοφόρες προοπτικές, καθώς μειώνει την εξάρτηση από τη Γη και ενισχύει την αυτονομία της σεληνιακής βάσης. Ειδικότερα, ερευνητές του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου του Ταλίν (TalTech) έχουν προτείνει μια καινοτόμο τεχνολογία ηλιακών κυττάρων, η οποία χρησιμοποιεί μικροκρυστάλλους με υφή παρόμοια με αυτή του γυαλόχαρτου. Ο σχεδιασμός αυτός διευκολύνει την παραγωγή ευέλικτων, χαμηλού κόστους ηλιακών πάνελ, ικανών να καλύψουν μεγάλες επιφάνειες, τα οποία μπορούν να κατασκευαστούν στη Σελήνη χρησιμοποιώντας υλικά από το σεληνιακό ρεγόλιθο, όπως σίδηρο, θείο και πυρίτιο, καθιστώντας τα εύκολα επισκευάσιμα από τους αστροναύτες [8]. Μια άλλη πρόταση, που αφορά στη χρήση ευέλικτων οργανικών ηλιακών πάνελ, τα οποία παράγονται μέσω τρισδιάστατης εκτύπωσης, προσφέρει μια εξαιρετικά οικονομική λύση, καθώς επιτρέπει την επιτόπια κατασκευή, μειώνοντας σημαντικά το κόστος που συνδέεται με τη μεταφορά υλικών από τη Γη. Από περιβαλλοντικής άποψης, η χρήση οργανικών υλικών και η αξιοποίηση των επιτόπιων πόρων συμβάλλουν στη δραστική μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής ηλιακών πάνελ, οι οποίες συχνά περιλαμβάνουν ενεργοβόρες διαδικασίες και τη χρήση επικίνδυνων ουσιών [9] (Εικόνες 8, 9).



Εικόνα 8: Ηλιακοί συλλέκτες και αποθήκες ενέργειας – Ομάδα Κροατίας



Εικόνα 9: Ηλιακοί συλλέκτες στο μεσαίο εξωτερικό τμήμα της βάσης – Ομάδα Ελλάδας

Πυρηνική Ενέργεια μέσω Σχάσης:

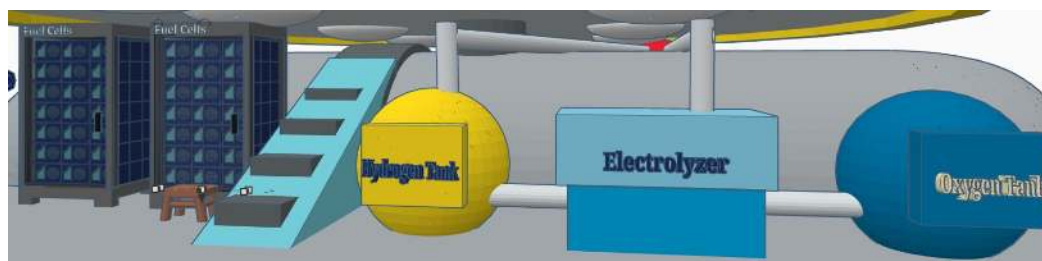
Η ενέργεια μέσω πυρηνικής σχάσης θεωρείται ιδιαίτερα βιώσιμη λύση για την τροφοδοσία μακροχρόνιων αποστολών στη Σελήνη. Η διαδικασία της σχάσης γίνεται σε πυρηνικούς αντιδραστήρες και μπορεί να πραγματοποιείται συνεχώς στο σεληνιακό περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένων των περιόδων κατά τη διάρκεια της μακράς σεληνιακής νύχτας που διαρκεί δύο εβδομάδες. Για τις ανάγκες των διαστημικών αποστολών, η NASA αναπτύσσει τεχνολογίες μικρο-πυρηνικών αντιδραστήρων, με σχετικά μικρό μέγεθος και βάρος, καθιστώντας τους ιδανικούς για αποστολές στη Σελήνη, ενώ κρίνονται κατάλληλοι και για τις μελλοντικές αποστολές στον Άρη. Σε σύγκριση με την ηλιακή ενέργεια, η ενέργεια μέσω πυρηνικής σχάσης αποτελεί μια σταθερή και βιώσιμη επιλογή για τις σεληνιακές βάσεις, εξασφαλίζοντας τη συνεχή παροχή ενέργειας ανεξάρτητα από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, κάτι που την καθιστά σημαντική παράμετρο για τις μελλοντικές εξερευνήσεις του διαστήματος [10].

Πυρηνική Ενέργεια μέσω Σύντηξης:

Η πυρηνική σύντηξη με χρήση του τριατομικού ηλίου (He-3), το οποίο βρίσκεται σε αφθονία στη σεληνιακή επιφάνεια λόγω της έκθεσης στον ηλιακό άνεμο, θεωρείται πολλά υποσχόμενη λύση για την παροχή ενέργειας στη Σελήνη. Το He-3 δεν παράγει ραδιενεργά απόβλητα, καθιστώντας τις αντιδράσεις σύντηξης ασφαλέστερες σε σύγκριση με τις παραδοσιακές πυρηνικές μεθόδους, ενώ είναι εξαιρετικά αποδοτικές, παράγοντας υψηλή ποσότητα ενέργειας ανά μονάδα καυσίμου. Αυτή η τεχνολογία θα μπορούσε να υποστηρίξει μακροπρόθεσμες αποστολές και να μειώσει την εξάρτηση από πόρους της Γης, ενισχύοντας την ενεργειακή ασφάλεια. Ωστόσο, οι προκλήσεις παραμένουν, καθώς η τεχνολογία σύντηξης βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο και η εξόρυξη του ηλίου-3 απαιτεί σημαντικές επενδύσεις. Αν και η σύντηξη αποτελεί μια βιώσιμη μελλοντική λύση, η πλήρης υλοποίησή της είναι πιθανόν αρκετές δεκαετίες μακριά [11].

Αποθήκευση Ενέργειας:

Οι κυψέλες καυσίμου (fuel cells) αποθηκεύουν και παρέχουν συνεχή ενέργεια, ιδανική για τις παρατεταμένες σεληνιακές νύχτες. Λειτουργούν με υψηλή απόδοση, καθώς μετατρέπουν τη χημική ενέργεια απευθείας σε ηλεκτρική, ελαχιστοποιώντας τις απώλειες. Επιπλέον, είναι φιλικές προς το περιβάλλον, παράγοντας μόνο νερό ως υποπροϊόν. Οι αναγεννητικές κυψέλες καυσίμου (regenerative fuel cells) ξεχωρίζουν, καθώς αποθηκεύουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας και έχουν μικρό βάρος, κάτι που τις καθιστά κατάλληλες για μεταφορά, κατά τις μακροχρόνιες αποστολές στη Σελήνη. Με τις δυνατότητες αυτές, οι κυψέλες καυσίμου



Εικόνα 10: Κυψέλες καυσίμου (αριστερά)

προτείνονται ως βιώσιμη λύση για τις ενεργειακές ανάγκες των μελλοντικών σεληνιακών αποικιών (Εικόνα 10).

Πρόβλημα 4: Ανάπτυξη μεθόδων για μακροχρόνια διαβίωση στη Σελήνη.

Η διατήρηση της ανθρώπινης ζωής στη Σελήνη απαιτεί την αντιμετώπιση σημαντικών προβλημάτων στην παροχή βασικών πόρων, όπως το νερό, το οξυγόνο, το υδρογόνο και η τροφή, με κύριο στόχο την αυτάρκεια των σεληνιακών αποικιών.

Παραγωγή νερού στη Σελήνη:

Το νερό αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο για τη μακροχρόνια διαμονή στη Σελήνη. Οι μαθητές διερεύνησαν μεθόδους όπως η τήξη των αποθεμάτων πάγου που συναντώνται στους πόλους της, η εξαγωγή νερού από σεληνιακά ορυκτά, όπως ο ιλμενίτης (πλούσιος σε οξυγόνο και υδρογόνο) (Εικόνα 11), και η ανάπτυξη συστήματος ανακύκλωσης νερού. Τα συστήματα κλειστού βρόγχου, όπου το νερό ανακυκλώνεται αδιάκοπα για κατανάλωση και καλλιέργεια, αποτελούν βασικό στοιχείο των βιώσιμων πρακτικών. Αυτός ο τρόπος αξιοποίησης πόρων αντιστοιχεί σε παρόμοιες πρακτικές που εφαρμόζονται στη Γη για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και της εξάντλησης των φυσικών αποθεμάτων. Αυτές οι μέθοδοι όχι μόνο στοχεύουν στην εξασφάλιση νερού για μακροχρόνιες αποστολές, αλλά και προωθούν την ιδέα της διαχείρισης πόρων με ελάχιστη σπατάλη.

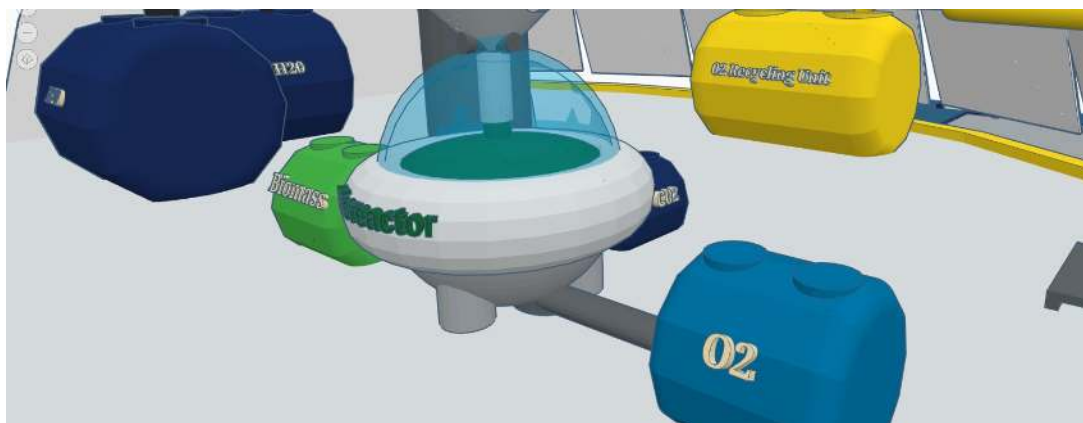


Εικόνα 11: Αντιδραστήρας για την παραγωγή νερού από ιλμενίτη.

Παραγωγή οξυγόνου στη Σελήνη:

Η παραγωγή οξυγόνου είναι ζωτικής σημασίας όχι μόνο για την υποστήριξη της ανθρώπινης ζωής αλλά και για τη χρήση του ως καύσιμο στους πυραυλοκινητήρες. Οι ερευνητές έχουν διερευνήσει πολλαπλές μεθόδους παραγωγής οξυγόνου από τους διαθέσιμους πόρους στη Σελήνη. Η ηλεκτρόλυση νερού αποτελεί μια από τις πιο αποδοτικές μεθόδους, καθώς παράγει τόσο οξυγόνο όσο και υδρογόνο. Ένας εναλλακτικός τρόπος είναι η καλλιέργεια φυκών, τα οποία σε συνδυασμό με διοξείδιο του άνθρακα, μέσω φωτοβιοαντιδραστήρα, παράγουν οξυγόνο και βιομάζα (Εικόνα 12). Μια ακόμα καινοτόμος προσέγγιση είναι η εξαγωγή οξυγόνου από τον σεληνιακό ρεγολίθο, ο οποίος περιέχει οξυγόνο με τη μορφή οξειδίων σε ποσοστό άνω του 40%. Η επιτόπια χρήση πόρων (ISRU) μέσω της θερμικής ή χημικής επεξεργασίας του ρεγολίθου μπορεί να εξασφαλίσει συνεχή παροχή οξυγόνου, καθιστώντας δυνατή την αυτάρκεια των αποστολών και τη μείωση της εξάρτησης από ανεφοδιασμό από τη Γη. Επιπλέον, η εγκατάσταση ενός κλειστού συστήματος ανακύκλωσης νερού και οξυγόνου,

αντίστοιχον με αυτό που χρησιμοποιείται στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό (ISS), αποτελεί σημαντικό μέτρο για τη βιώσιμη διατήρηση ζωής σε μακροχρόνιες σεληνιακές αποστολές. Ένα τέτοιο σύστημα χρησιμοποιεί τη διαδικασία της ηλεκτρόλυσης για τη διάσπαση του νερού σε οξυγόνο και υδρογόνο, επιτρέποντας την επαναχρησιμοποίηση τόσο του νερού όσο και του παραγόμενου οξυγόνου. Παράλληλα, μειώνει δραστικά την ανάγκη για νέες προμήθειες από τη Γη, προάγει την αυτάρκεια και μειώνει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των αποστολών [12].



Εικόνα 12: Φωτοβιοαντιδραστήρας για την παραγωγή οξυγόνου και βιομάζας από φύκη

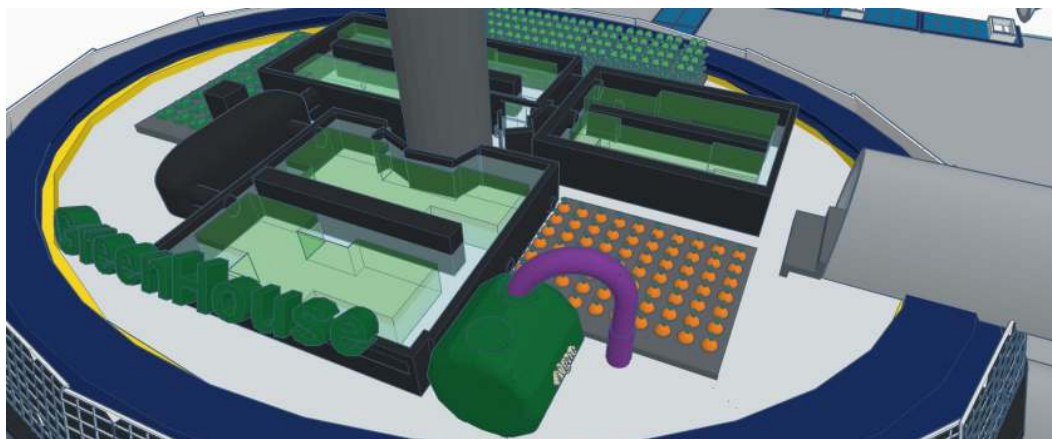
Προώθηση πυραύλων:

Η προώθηση πυραύλων επιτυγχάνεται μέσω της εκτόξευσης καυσίμου (υδρογόνο) και οξειδωτικού (οξυγόνο) από τον πυραυλικό κινητήρα, με αποτέλεσμα την παραγωγή αερίων υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης. Αυτά τα αέρια εξέρχονται μέσω του ακροφυσίου με υψηλή ταχύτητα, δημιουργώντας μια αντίθετη δύναμη, η οποία προωθεί τον πύραυλο προς τα εμπρός. Η παραγωγή τους μπορεί να στηριχθεί στις αποθέσεις πάγου που απαντώνται στους μόνιμα σκιασμένους κρατήρες των σεληνιακών πόλων, κατόπιν μετατροπής του σε υγρή μορφή και υποβολής του σε ηλεκτρόλυση. Επιτυγχάνεται έτσι η επιτόπια χρήση πόρων για την παραγωγή καυσίμων, μειώνοντας την εξάρτηση από τον ανεφοδιασμό από τη Γη. Αυτό καθιστά τα διαστημικά ταξίδια πιο οικονομικά, ενώ ενισχύει τις δυνατότητες για μακροπρόθεσμες αποστολές πέρα από τη Γη.

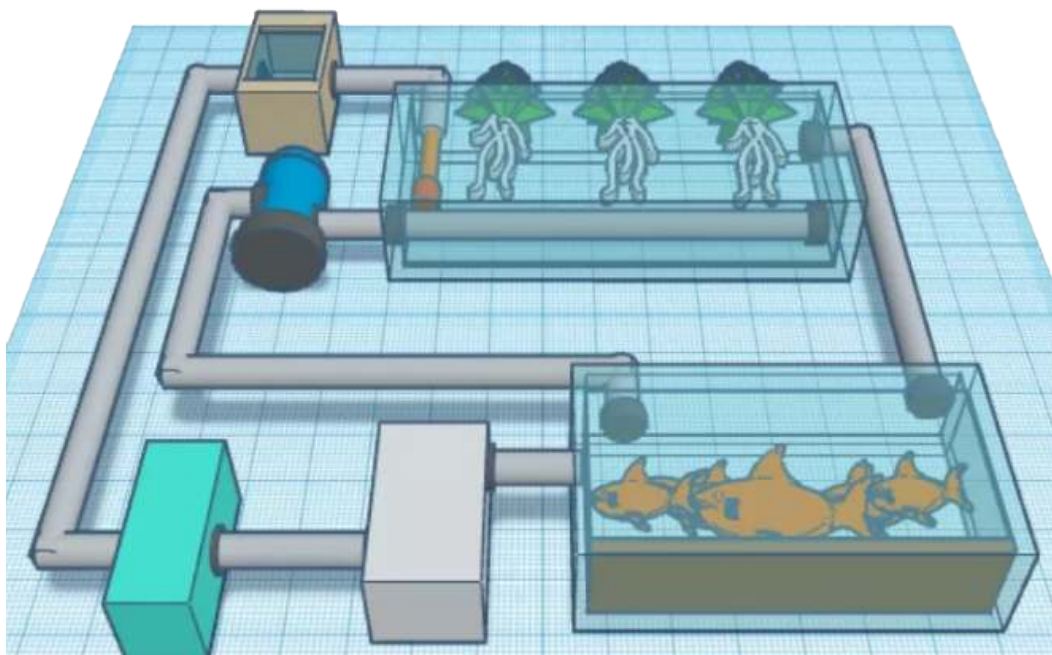
Διατροφικές Ανάγκες:

Η εξασφάλιση τροφής αποτελεί καίριο ζήτημα για την υποστήριξη της μακροχρόνιας εποίκισης στο σεληνιακό περιβάλλον. Ενώ οι αρχικές προμήθειες από τη Γη, όπως αφυδατωμένα τρόφιμα και συμπληρώματα θρεπτικών συστατικών (π.χ. σπιρουλίνα), μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες σε βραχυπρόθεσμες αποστολές, δεν επαρκούν για την περίπτωση της παρατεταμένης παραμονής. Για την επίτευξη τροφικής αυτονομίας, προτείνεται η ανάπτυξη ενός θερμοκηπίου στη Σελήνη (Εικόνα 13), το οποίο θα επιτρέπει την παραγωγή εδώδιμης βιομάζας μέσω της καλλιέργειας φυκών και εξειδικευμένων φυτικών καλλιεργειών, χρησιμοποιώντας υδροπονικές και αεροπονικές μεθόδους (Εικόνα 14). Αυτές οι τεχνικές καλλιέργειας θα αξιοποιούν θρεπτικά συστατικά προερχόμενα από επεξεργασμένα ανθρώπινα απόβλητα, δημιουργώντας ένα βιώσιμο και κλειστό σύστημα παραγωγής

τροφίμων.



Εικόνα 13: Θερμοκήπιο της Σεληνιακής Βάσης



Εικόνα 14: Υδροπονική καλλιέργεια

Πρόβλημα 5: Ασφάλεια και Υγεία των Αστροναυτών.

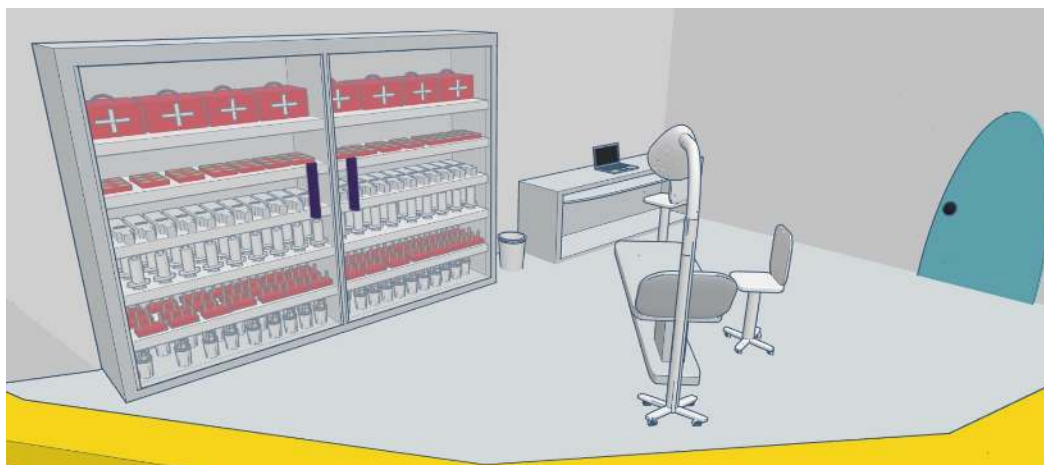
Η μέριμνα για την ασφάλεια και την υγεία των αστροναυτών κατά τη διάρκεια των μακροχρόνιων σεληνιακών αποστολών προϋποθέτει την αντιμετώπιση μιας σειράς προκλήσεων που σχετίζονται με το αφιλόξενο σεληνιακό περιβάλλον. Πρωταρχικό μέλημα αποτελεί η προστασία από την ακτινοβολία, καθώς η Σελήνη στερείται ατμόσφαιρας και μαγνητικού πεδίου που να προστατεύει από την κοσμική ακτινοβολία και τα ηλιακά σωματίδια. Για την αντιμετώπιση αυτού του κινδύνου, τα σεληνιακά ενδιαίτηματα πρέπει να κατασκευαστούν με θωράκιση ρεγόλιθου μεγάλου πάχους ή υλικά πλούσια σε υδρογόνο, ενώ οι διαστημικές στολές πρέπει να περιλαμβάνουν ενισχυμένα προστατευτικά χαρακτηριστικά.

Επιπλέον, τα συστήματα περιβαλλοντικού ελέγχου και υποστήριξης της ζωής (Environmental Control and Life Support Systems - ECLSS) είναι απαραίτητα για τη διατήρηση ενός βιώσιμου περιβάλλοντος εντός των σεληνιακών ενδιαιτημάτων. Αυτά τα συστήματα πρέπει να παρέχουν καθαρό αέρα, νερό, και έλεγχο θερμοκρασίας - πίεσης, χρησιμοποιώντας προηγμένες τεχνολογίες για την παραγωγή οξυγόνου, την αφαίρεση διοξειδίου του άνθρακα, τη ρύθμιση της υγρασίας και την ανακύκλωση απορριμμάτων.

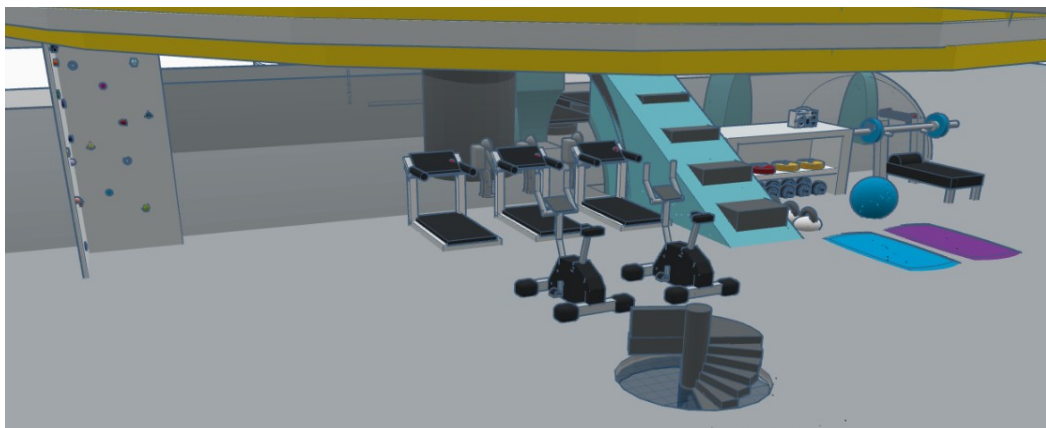
Μία ακόμη πρόκληση είναι η παροχή ιατρικής υποστήριξης, η οποία προϋποθέτει την εγκατάσταση εξοπλισμένων κέντρων επείγουσας φροντίδας. Παράλληλα, είναι αναγκαία η τακτική παρακολούθηση της υγείας των αστροναυτών και η εξασφάλιση λύσεων για την αντιμετώπιση ασθενειών ή τραυματισμών. Η τηλεϊατρική, μέσω της διασύνδεσης με εξειδικευμένους ιατρούς στη Γη, παίζει καθοριστικό ρόλο για την αποτελεσματική διαχείριση των ιατρικών καταστάσεων στο σεληνιακό περιβάλλον (Εικόνα 15).

Για τη διατήρηση της σωματικής υγείας σε περιβάλλον μειωμένης βαρύτητας, οι αστροναύτες χρειάζονται τακτική άσκηση με εξοπλισμό ειδικά σχεδιασμένο για τις συνθήκες αυτές (Εικόνα 16). Τα διατροφικά προγράμματα πρέπει να είναι προσαρμοσμένα ώστε να υποστηρίζουν τη φυσική τους κατάσταση, ενώ η ψυχολογική υγεία είναι εξίσου σημαντική, καθώς η απομόνωση και οι περιορισμοί της σεληνιακής αποστολής μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την ψυχική ευεξία. Η δυνατότητα επικοινωνίας με αγαπημένα πρόσωπα, η πρόσβαση σε ψυχαγωγικές δραστηριότητες και ψυχολογική στήριξη, καθώς και ο σχεδιασμός άνετων και λειτουργικών χώρων διαβίωσης, είναι παράμετροι που επηρεάζουν την ευημερία των αστροναυτών (Εικόνα 17).

Ένα άλλο μέλημα αποτελεί η ασφαλής περιήγηση στη σεληνιακή επιφάνεια, που πραγματοποιείται για λόγους επιστημονικής έρευνας και τεχνικών επισκευών. Για το σκοπό αυτό, χρειάζεται εξοπλισμός που να περιλαμβάνει αξιόπιστα σεληνιακά ρόβερ, προηγμένες στολές δραστηριότητας εκτός οχήματος (Extra-Vehicular Activity - EVA), και ισχυρά πρωτόκολλα για την πλοήγηση και την ανταπόκριση σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης (Εικόνες 18, 19, 20). Η ανάπτυξη λεπτομερών πρωτοκόλλων έκτακτης ανάγκης, η εκπαίδευση των αστροναυτών, η διαθεσιμότητα οχημάτων διαφυγής και ο καθορισμός των «ασφαλών ζωνών» είναι απαραίτητες για την προετοιμασία και την αντίδραση σε κρίσιμες καταστάσεις.



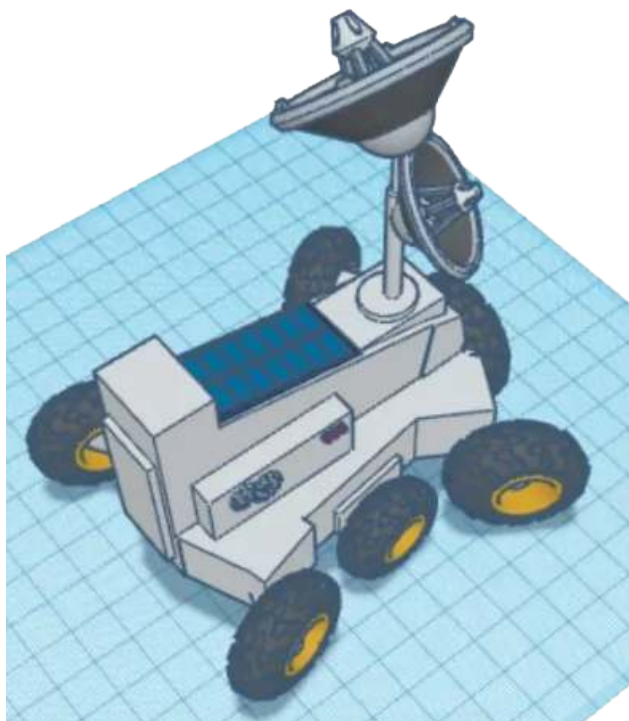
Εικόνα 15: Ιατρική μονάδα εντός της σεληνιακής βάσης



Εικόνα 16: Χώρος άθλησης εντός της σεληνιακής βάσης



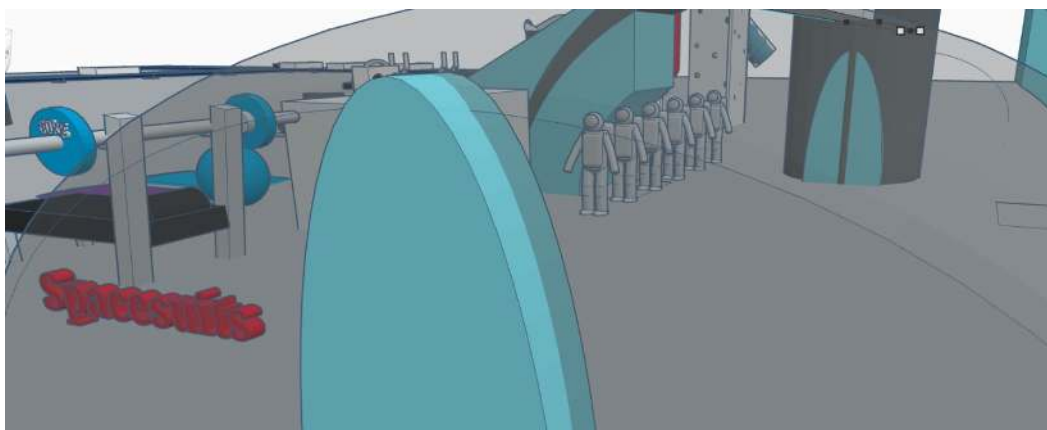
Εικόνα 17: Χώρος αναψυχής εντός της σεληνιακής βάσης



Εικόνα 18: Σεληνιακό ρόβερ



Εικόνα 19: Διαστημόπλοιο



Εικόνα 20: Στολές για διαστημικούς περιπάτους (EVA)

Τα αποτελέσματα της έρευνας κάθε ομάδας συγκεντρώθηκαν και καταγράφηκαν σε μια τελική έκθεση, η οποία αποτέλεσε παραδοτέο για το διαγωνισμό «Moon Camp Challenge 2022-2023» και όρισε το πλαίσιο για τις επιλογές των μαθητών σχετικά με τον σχεδιασμό της σεληνιακής βάσης.

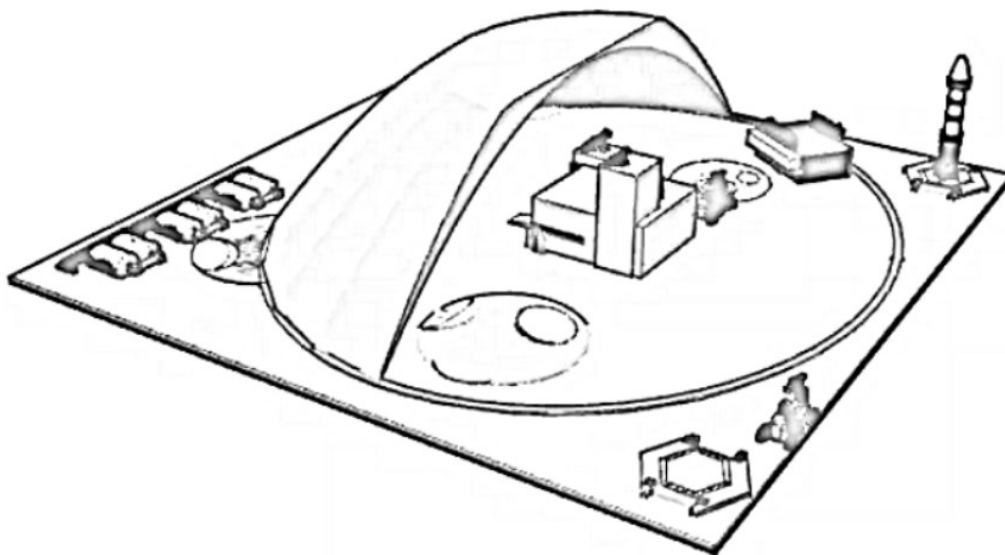
Προβλήματα που ενδέχεται να αντιμετωπίσουν οι επιστήμονες στη Σελήνη.

Το περιβάλλον χαμηλής βαρύτητας δημιουργεί σοβαρές προκλήσεις για τις κατασκευαστικές εργασίες. Η απουσία ατμόσφαιρας μπορεί να προκαλέσει σημαντικά

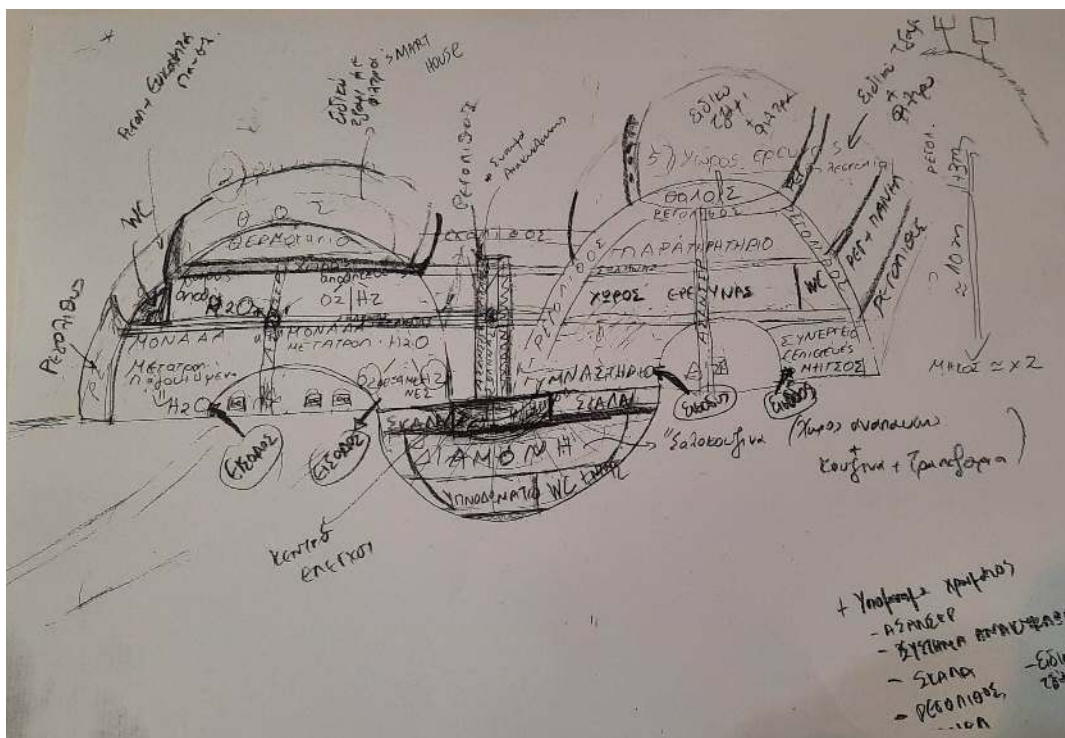
προβλήματα, καθώς χωρίς την παρουσία αέρα γύρω από τα εργαλεία διάτρησης, η τριβή κατά τις εργασίες αυξάνεται δραματικά, παράγοντας υπερβολική θερμότητα. Κατά συνέπεια, μπορεί να επιφέρει σημαντικές αλλοιώσεις λόγω τήξης στα εργαλεία διάτρησης, επιβραδύνοντας ή εμποδίζοντας την πρόοδο των εργασιών. Σε περίπτωση που απαιτούνται εργασίες κατεδάφισης, οι εκρήξεις στο κενό μπορούν να δημιουργήσουν θραύσματα υψηλής ταχύτητας, που θα κινούνται ανεξέλεγκτα και χωρίς ατμόσφαιρα να τα επιβραδύνει, μπορούν να προκαλέσουν σοβαρούς κινδύνους. Ένα ακόμα κρίσιμο ζήτημα είναι η σκόνη που θα εκτοξευθεί κατά τη διάρκεια των κατασκευαστικών εργασιών. Αυτή η λεπτή, αιωρούμενη σκόνη θα μπορούσε να σκιάσει την περιοχή και να καθίζει στατικά πάνω στα μηχανήματα, προκαλώντας προβλήματα στον εξοπλισμό. Ακόμα και οι αεροφράκτες (air-locks) μπορεί να μην είναι αρκετά αποτελεσματικοί για την πλήρη απομάκρυνση της σεληνιακής σκόνης από τις στολές των αστροναυτών, αυξάνοντας τον κίνδυνο εισπνοής και κατάποσής της, με επιπτώσεις στην υγεία που δεν είναι ακόμα πλήρως κατανοητές.

Στάδιο 2^ο: Σχεδίαση Πρωτοτύπων Χαμηλής και Υψηλής Πιστότητας

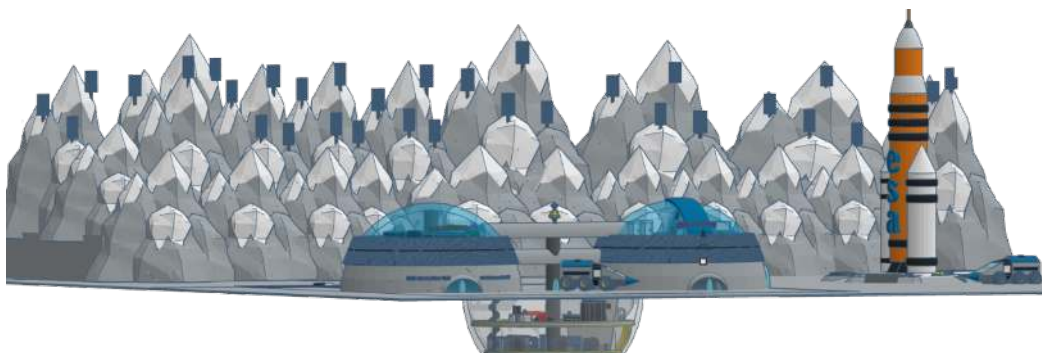
Μετά την ολοκλήρωση της ερευνητικής διαδικασίας, ακολούθησε η σχεδίαση των σεληνιακών βάσεων των δύο ομάδων, η οποία ενσωμάτωνε τα αποτελέσματα της έρευνάς τους. Ως εκ τούτου, μετά από αρκετές απόπειρες, προέκυψε η σχεδίαση των πρωτοτύπων χαμηλής πιστότητας. Στις Εικόνες 21 και 22 απεικονίζονται αντιστοίχως τα πρωτότυπα χαμηλής πιστότητας των ομάδων της Κροατίας και της Ελλάδας.



Εικόνα 21: Πρωτότυπο Χαμηλής Πιστότητας – Κροατική Ομάδα



Μετά την έγχαρτη απεικόνιση, ακολούθησε η ψηφιακή τρισδιάστατη σχεδίαση μέσω του κοινόχρηστου διαδικτυακού εργαλείου "Tinkercad". Προηγουμένως, οι μαθητές είχαν εκπαιδευτεί στη χρήση του λογισμικού, γεγονός που τους επέτρεψε να αναλάβουν τον σχεδιασμό επιμέρους στοιχείων των βάσεων. Με την ολοκλήρωση των επιμέρους σχεδίων, τα στοιχεία αυτά συνδυάστηκαν για να αποδώσουν την τελική μορφή της κάθε σεληνιακής βάσης. Στις Εικόνες 23 και 24 απεικονίζονται αντιστοίχως οι βάσεις που κατασκεύασε η κροατική και η ελληνική ομάδα.



Εικόνα 24: Σεληνιακή βάση της ελληνικής ομάδας

Κάθε ομάδα εργάστηκε ανεξάρτητα, σύμφωνα με τους κανονισμούς του διαγωνισμού. Ωστόσο, οι μαθητές ξεκίνησαν από κοινή βάση, λαμβάνοντας υλικό και πηγές που αναρτήθηκαν στην ιστοσελίδα του προγράμματος. Παρά την ανεξάρτητη φύση της εργασίας, τα ερευνητικά αποτελέσματα και τα τελικά σχέδια των δύο ομάδων παρουσιάστηκαν στην ολομέλεια, παρουσία των επιστημονικών συνεργατών, όπου ακολούθησε συζήτηση και αξιολόγηση των προτάσεών τους.

Διακρίσεις

Η σεληνιακή βάση της ελληνικής ομάδας, με το όνομα «Α.Ρ.Ο.Ι.Κ.Ι.Α.», απέσπασε την τρίτη θέση στο διαγωνισμό, στην κατηγορία «Explorers», ανάμεσα στα κράτη-μέλη της ESA και σε σύνολο 39 χωρών και 5345 μαθητών. Αυτή η σημαντική διάκριση αναγνώρισε το υψηλό επίπεδο της τεχνικής και της ερευνητικής ικανότητας των μαθητών. Ως επιβράβευση, οι μαθητές που διακρίθηκαν, είχαν την ευκαιρία να συμμετάσχουν σε διαδικτυακή συνάντηση με τον αστροναύτη της ESA, Reinhold Ewald, όπου του έθεσαν ερωτήματα σχετικά με τη διαστημική εξερεύνηση, λαμβάνοντας άμεσες και εμπειριστατωμένες απαντήσεις. Αυτή η μοναδική εμπειρία δεν περιορίστηκε μόνο στους μαθητές του ελληνικού σχολείου, καθώς την μοιράστηκαν με τους συμμαθητές τους από το συνεργαζόμενο σχολείο της Κροατίας, υπογραμμίζοντας ότι το ουσιώδες στοιχείο του εγχειρήματος ήταν η απόκτηση γνώσεων και όχι η διαγωνιστική επιτυχία.

Το έργο «There and Back Again: A Space Tale» απέσπασε περαιτέρω αναγνώριση μέσω της απονομής εθνικών ετικετών ποιότητας eTwinning σε όλους τους συμμετέχοντες εκπαιδευτικούς, καθώς και της ευρωπαϊκής ετικέτας ποιότητας για το σύνολο του έργου. Επιπλέον, κατέκτησε την πρώτη θέση στον 18^ο Εθνικό Διαγωνισμό eTwinning που διοργανώθηκε από τον εθνικό οργανισμό υποστήριξης (ΕΟΥ) της Ελλάδας, εδραιώνοντας την καινοτομία και την αριστεία της εκπαιδευτικής προσέγγισης.

Συμπεράσματα

Το έργο «There and Back Again: A Space Tale» είναι κάτι περισσότερο από ένα απλό εκπαιδευτικό πρόγραμμα για την εξερεύνηση του διαστήματος· είναι ένα ταξίδι στο μέλλον της ανθρωπότητας, όπου η βιωσιμότητα είναι ο πυρήνας των προσπαθειών της. Ασχολούμενοι με τις προκλήσεις της ζωής στη Σελήνη, οι μαθητές από την Ελλάδα και την Κροατία δεν μαθαίνουν απλώς για το διάστημα. Μαθαίνουν για τη σημασία της φροντίδας του πλανήτη μας και οποιουδήποτε άλλου κόσμου που ενδεχομένως να εποικίσουμε. Αυτό το

έργο χρησιμεύει ως υπενθύμιση ότι η εξερεύνηση του διαστήματος πρέπει να καθοδηγείται από τις αρχές της βιωσιμότητας, διασφαλίζοντας ότι δεν επαναλαμβάνονται τα λάθη του παρελθόντος, αλλά δημιουργείται ένα μέλλον όπου τόσο η Γη όσο και το διάστημα αντιμετωπίζονται με σεβασμό και φροντίδα.

Η εργασία των μαθητών σε αυτό το έργο θέτει τα θεμέλια για μια νέα γενιά εξερευνητών που δεν είναι μόνο ικανοί να προσεγγίσουν τα αστέρια αλλά και δεσμευμένοι να διατηρήσουν την ευαίσθητη ισορροπία της ζωής, τόσο στη Γη όσο και πέρα από αυτήν.

Βιβλιογραφία

- K. Whiting, <https://www.weforum.org/agenda/2020/10/top-10-work-skills-of-tomorrow-how-long-it-takes-to-learn-them/> (ημερομηνία προσπέλασης: 29/06/2023)
- M. K. Daugherty and V. Carter, “*Handbook of Technology Education*”, (M. de Vries, Delft, 2018, σελ. 159-171)
- NewSpaceEconomy, <https://newspaceeconomy.ca/2023/04/09/reaching-for-the-stars-how-space-technology-bolsters-stem-education/> (ημερομηνία προσπέλασης: 3/9/2024)
- L. Signé and H. Dooley, <https://www.brookings.edu/articles/how-space-exploration-is-fueling-the-fourth-industrial-revolution/> (ημερομηνία προσπέλασης: 3/9/2024)
- Matentsidou and B. Derek, <https://corbywhite10.wixsite.com/space-expl-etwin> (ημερομηνία προσπέλασης: 1/9/2024)
- Office of Outer Space Affairs, <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/index.html#:~:text=Space%20law%20can%20be%20described,and%20regulations%20of%20international%20organizations> (ημερομηνία προσπέλασης: 5/9/2024)
- TVXS, <https://tvxs.gr/news/sci-tech/xtizontas-ena-spiti-sti-selini/> (ημερομηνία προσπέλασης: 12/9/2024)
- T. Carey, <https://www.freethink.com/space/moonbase> (ημερομηνία προσπέλασης: 12/9/2024)
- Todorović, <https://balkangreenenergynews.com/greek-startup-oet-to-start-manufacturing-flexible-solar-panels/> (ημερομηνία προσπέλασης: 12/9/2024)
- Bausback, <https://scitechdaily.com/nasas-nuclear-horizons-pioneering-fission-energy-for-the-moon-mars-and-beyond/> (ημερομηνία προσπέλασης: 14/9/2024)
- P. D. Spudis, “*The value of the Moon: How to explore, live, and prosper in space using the Moon’s*” (Smithsonian Books, Washington DC, 2016)
- K. Sullivan, <https://www.popsoci.com/how-iss-recycles-air-and-water/#:~:text=Right%20now%2C%20the%20ISS%20recycles,a%20self-sustaining%20space%20home> (ημερομηνία προσπέλασης: 10/9/2024)

*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στους συγγραφείς.



Πηγή φωτογραφίας: Science on Stage Greece

*Science on Stage Festival 2024
Turku, Finland*

Adopt a tree: «Υιοθέτησε ένα δέντρο»

Υπεύθυνοι καθηγητές:

Αστρινός Τσουτσουδάκης, Φυσικός, Υπεύθυνος 1^{ου} Ε.Κ.Φ.Ε. Ηρακλείου Κρήτης
[astrinos\[a\]live.com](mailto:astrinos[a]live.com)

Ηρώ Κολιάκου, Φυσικός, Anatolia American College, [koliakou\[a\]anatolia.edu.gr](mailto:koliakou[a]anatolia.edu.gr)
Corina Toma, Ρουμανία

(Συμμετείχε στο Science on Stage Festival 2024 ως επίδειξη μέρους του πρότζεκτ που υλοποιήθηκε στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού Προγράμματος Sustainability in STEM education, <https://www.science-on-stage.eu/act-now-sdg>).

Περίληψη

Στόχος του έργου είναι η κατασκευή ενός εκτεταμένου δικτύου δέντρων (IoT=Δίκτυο των Δέντρων), το οποίο θα παρέχει τα μέσα για την προστασία και τη διατήρηση ενός από τους πιο πολύτιμους αλλά μόνιμα απειλούμενους φυσικούς πόρους, τα δάση μας. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της συναρμολόγησης, του προγραμματισμού και της εγκατάστασης ενός απομακρυσμένου καταγραφέα δεδομένων σε ένα «υιοθετημένο» δέντρο μέσα σε ένα δάσος ή σε ένα πάρκο της πόλης. Η συσκευή καταγράφει διάφορες περιβαλλοντικές παραμέτρους και την επίδρασή τους στην υγεία του δέντρου και είτε αποθηκεύει τα δεδομένα τοπικά, ώστε να ανακτώνται περιοδικά, είτε μεταδίδει την τηλεμετρία σε πραγματικό χρόνο μέσω ραδιοσυχνοτήτων στο σταθμό βάσης (σχολείο ή αλλού).

Abstract

The aim of the project is the construction of an extended tree network (IoT=Internet of Trees) which will provide the means for protection and conservation of one of the most precious but permanently endangered natural resources, our forests. This is achieved through the assembly, programming and installation of a remote data logger on an “adopted” tree within a forest or a city park. The device records several environmental parameters and their influence on the tree health, and either stores the data locally, to be periodically retrieved, or transmits the telemetry in real time via radio frequencies to the base station (school or elsewhere).

Εισαγωγή/Θεωρητική θεμελίωση

Η κλιματική αλλαγή είναι μια από τις μεγαλύτερες σύγχρονες απειλές για το περιβάλλον και την ανθρώπινη ζωή. Η σημασία των δέντρων στην καταπολέμηση των καταστροφικών συνεπειών που επιφέρει η κλιματική αλλαγή στην ζωή μας τονίζεται συνεχώς από τους επιστήμονες. Πόσο όμως αλήθεια το έχουμε καταλάβει; Σε έρευνα που έγινε ζητήθηκε από μικρούς μαθητές να ζωγραφίσουν την πόλη τους, οι περισσότεροι ξέχασαν να βάλουν ένα στοιχείο στην ζωγραφιά τους, τα δέντρα. Το φαινόμενο αυτό (tree blindness) δείχνει πως τα προσπερνάμε σαν να μην τα βλέπουν.

Στην προσπάθεια να κατανοήσουμε λίγο περισσότερο την φυσιολογία των δέντρων και να ωθήσουμε τους μικρούς μαθητές να τα προσέξουν δημιουργήσαμε έναν καταγραφέα διαφοράς δυναμικού ανάμεσα στον κορμό του δέντρου και το χώμα.

Η διαφορά δυναμικού οφείλεται στους χυμούς του δέντρου που μέσω του αγγειακού του συστήματος μεταφέρουν άλατα και θρεπτικά σε όλα τα μέρη του. Όταν το φυτό για οποιοδήποτε λόγο στρεσάρεται αυτό καταγράφεται ως αλλαγή στην διαφορά δυναμικού και μας ειδοποιεί για να το φροντίσουμε.



Εικόνα 1: Μέτρηση διαφοράς δυναμικού ανάμεσα στον μίσχο του φυτού και στο έδαφος

Ο καταγραφέας είναι προγραμματισμένος να συλλέγει διάφορες περιβαλλοντικές παραμέτρους και να κρατάει τα δεδομένα σε μια βάση έτσι ώστε τα στοιχεία που συλλέγονται να μπορούν να επεξεργαστούν. Ο τελικός σκοπός είναι να δημιουργηθεί ένα δίκτυο δέντρων που θα μπορούσε να προειδοποιεί για αλλαγές και να βοηθήσει στην προστασία ενός πολύτιμου φυσικού πλούτου, των δασών μας.

Περιγραφή εργασίας

Η υπόθεσή μας είναι ότι η υγεία ενός δέντρου σχετίζεται άμεσα με τη ροή του χυμού του, η οποία καθοδηγείται από τη διαπνοή. Αυτό είναι λογικό καθώς ο χυμός του δέντρου διαθέτει



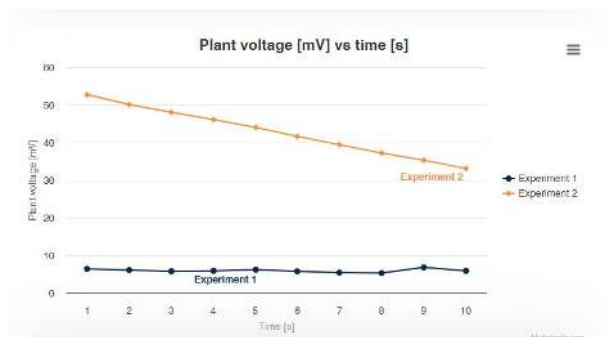
Εικόνες 2 & 3: Εφαρμογή του data logger σε φυτό εσωτερικού χώρου και σε δέντρο σε εξωτερικό χώρο.

όλα τα θρεπτικά και το νερό που χρειάζεται ένα φυτό για να επιβιώσει. Ένα φυτό στηρίζεται

στο αγγειακό του σύστημα προκειμένου να προσλάβει θρεπτικά υλικά και νερό μέσω των ριζών του και μεταφοράς τους σε όλα τα μέρη του. Η μεταφορά αυτή μπορεί να επιτευχθεί μέσω της διαδικασίας της διαπνοής. Κατά την διαδικασία αυτή το νερό προσλαμβάνεται από τις ρίζες μαζί με τα διαλυμένα χημικά στοιχεία που αποτελούν την τροφή του φυτού. Με την διαπνοή χάνεται νερό από τα στόματα των φύλλων δημιουργώντας αρνητική πίεση και με αυτό τον τρόπο το νερό ταξιδεύει σε όλο το μήκος του φυτού και μπορεί να φτάσει ακόμη και σε 11 μέτρα ύψος. Στα θρεπτικά υλικά περιέχονται άλατα όπως K^+ , Na^+ τα οποία δημιουργούν την διαφορά δυναμικού που καταγράφεται.

Μέτρηση της τάσης μεταξύ ενός ηλεκτροδίου που τοποθετείται στο έδαφος και ενός άλλου που τοποθετείται στον κορμό.

Η τάση αυτή πιστεύεται ότι προέρχεται από τη διαφορά pH μεταξύ του διαλύματος θρεπτικών ουσιών και αλάτων στο έδαφος και του χυμού στον κορμό. Οι διαφορές της τάσης υπό ορισμένες περιβαλλοντικές συνθήκες για έναν αριθμό ευδοκιμούντων δένδρων που μετρήθηκαν θα χρησιμοποιηθούν ως βάση για σύγκριση με εκείνες των υιοθετημένων ομοειδών δένδρων μας.



Εικόνα 4: Καταγραφή δεδομένων διαφοράς δυναμικού

Για να συγκεντρωθεί μια πληθώρα δεδομένων οι μαθητές δημιούργησαν έναν καταγραφέα (data logger) βασισμένο σε Arduino που εκτός από την διαφορά δυναμικού, συλλέγει μέσω αισθητήρων και δεδομένα για την θερμοκρασία του περιβάλλοντος, την υγρασία και την φωτεινότητα, τα οποία μπορούν σε δεύτερο χρόνο να αναλυθούν και να συσχετιστούν με την διαφορά δυναμικού και την υγεία του φυτού.

Για περισσότερες λεπτομέρειες, μπορείτε να ανατρέξετε στη σελίδα [Adopt a Tree του Science On Stage Europe](#).

Βιβλιογραφία

- Collin Barras, “Trees could be the ultimate in green power” <https://www.newscientist.com/article/dn17767-trees-could-be-the-ultimate-in-green-power/> (9th March 2022). New Scientist.
- Ferris Jabr, <https://scienceline.org/2010/01/the-shocking-truth-trees-are-electric/>, (24th August 2015)

- Gibson, Nancy, et al. Southern Research Station General Technical Report SRS-259 Forest Service U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE- July 2021, https://www.climatehubs.usda.gov/sites/default/files/GTR-259_rev_d_web.pdf
- Hannah Hickey, “Electrical circuit runs entirely off power in trees”, UW News, <https://www.washington.edu/news/2009/09/08/electrical-circuit-runs-entirely-off-power-in-trees/>, (24th August 2015)
- Koppán, András & Fenyvesi, A. & Szarka, Laszlo & Wesztergom, V. (2002). “Measurement of electric potential difference on trees” https://www.researchgate.net/publication/290048455_Measurement_of_electric_potential_difference_on_trees/citation/download 46. 37-38 (24th August 2015)
- Koppan, A. “Variations of the natural electric potential differences occurring on tree trunks and their relationships with the xylem sap flow”, PhD thesis, University of West Hungary, (Sopron 2004)
- M. Muladi et al 2021 “An experimental study of generating electricity from urban tropical forest plants”, J. Phys.: Conf. Ser. 1825 012099
- Rodolfo Zapata, Jose-Vicente Oliver-Villanueva, Lenin-Guillermo Lemus-Zúñiga, Jorge E. Luzuriaga, Miguel A. Mateo Pla, and Javier F. Urchueguía, “Evaluation of electrical signals in pine trees in a mediterranean forest ecosystem”, Plant Signal Behav. 2020; 15(10): 1795580, Published online 2020 Jul 20
- Zhibin Hao, Guozhu Wang, Wenbin Li, Junguo Zhang, Jiangming Kan, “Effects of Electrode Material on the Voltage of a Tree-Based Energy Generator” <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0136639>, (24th August 2015)

*Το copyright των φωτογραφιών ανήκει στους συγγραφείς.

Προκήρυξη 12^{ου} Πανελλήνιων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ,
ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ & ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ

Μαρούσι, 25-10-2023
Αρ. Πρωτ.: 120349/Ε3 ΕΠΕΙΓΟΝ

ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ
ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠ/ΣΗΣ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ
ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠ/ΣΗΣ
ΤΜΗΜΑ Γ'

ΠΡΟΣ: 1. Περιφερειακές Διευθύνσεις Εκπ/σης
2. Διευθύνσεις Α/θμιας Εκπ/σης
3. Διευθύνσεις Δ/θμιας Εκπ/σης
4. Συμβούλους Εκπ/σης
(δια των Δ/νσεων Π.Ε. & Δ.Ε.)

ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ
ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΚΟΙΝ : 1. Science on Stage Greece
Υπόψη κας Τσιτοπούλου-Χριστοδουλίδη
etsitop@otenet.gr

2. Ινστιτούτο Εκπ/κής Πολιτικής
info@iep.edu.gr

Ταχ. Δ/ση : Ανδρέα Παπανδρέου 37
Τ.Κ. – Πόλη : 15180 – Μαρούσι
Πληροφορίες : Ι. Ολυμπίου, Ε. Σκορδιώτη
Τηλέφωνο : 210-344 2831, 210-344 2303
Email : epimorfosi.ekp@minedu.gov.gr

**ΘΕΜΑ : 12^{ος} Πανελλήνιοι Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων
Φυσικών Επιστημών.**

ΣΧΕΤΙΚΑ: 1. Το από 21-10-2023 ηλεκτρονικό μήνυμα της κας Τσιτοπούλου-Χριστοδουλίδη.
2. Το από 20-10-2023 Δελτίο Τύπου της Science on Stage Greece.
3. Το Πρόγραμμα και ο κατάλογος εργασιών για τους 12^{ους} Πανελλήνιους
Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών.

Σας γνωστοποιούμε ότι η Ελληνική Συντονιστική Επιτροπή του προγράμματος «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο-Ευρώπη (Science on Stage -Europe), με την επωνυμία Science on Stage Greece, διοργανώνει τους 12^{ους} Πανελλήνιους Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών με θέμα «**Η βιωσιμότητα στην εκπαίδευση STEM**», που πρόκειται να πραγματοποιηθούν από Παρασκευή 03-11-2023 (09:30-20:00) έως και Σάββατο 04-11-2023 (09:00-13:00) στην Αθήνα, στο Πολιτιστικό Κέντρο «Γιάννης Ρίτσος» του Δήμου Αιγάλεω και απευθύνονται, μεταξύ άλλων και σε εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Σύμφωνα με το περιεχόμενο του Δελτίου Τύπου της Science on Stage Greece, το πρόγραμμα «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο-Ευρώπη (Science on Stage- Europe) έχει ως στόχο την ενημέρωση των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με τους νέους, καινοτόμους τρόπους διάδοσης πληροφοριών και μεθόδων διδασκαλίας αναφορικά με τις Φυσικές Επιστήμες, καθώς και την άμεση σύνδεσή τους με την καθημερινή ζωή.

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 12^{ους} 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 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

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 και Θρησκευμάτων

ΙΩΑΝΝΑ ΟΛΥΜΠΙΟΥ

Ioanna Olympiou
25.10.2023 14:20:31

Εσωτερική Διανομή

1. Γραφείο κ. Υπουργού
2. Γραφείο Υφυπουργού κας Μιχαηλίδου
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

Αθήνα, 18/10/2022

Προς: Πίνακα αποδεκτών

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

Η Ελληνική Συντονιστική Επιτροπή του Ευρωπαϊκού προγράμματος «Οι Φυσικές Επιστήμες στο Προσκήνιο – Ευρώπη» (Science on Stage – Europe) διοργανώνει τους **12^{ους} Πανελλήνιους Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών με θέμα: «Η βιωσιμότητα στην εκπαίδευση STEM»** («Sustainability in STEM Education»).

Οι 12^{οι} Πανελλήνιοι Αγώνες θα πραγματοποιηθούν στις **3 και 4 Νοεμβρίου 2023** στην Αθήνα. 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 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: «Η βιωσιμότητα στην εκπαίδευση STEM». 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 12^{οι} Πανελλήνιοι Αγώνες θα διεξαχθούν στις ακόλουθες θεματικές ενότητες:

- **Επιστήμη για τους μικρούς μαθητές (Science 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.

- **Ψηφιακές Τεχνολογίες στην εκπαίδευση STEM (Digital Technologies in STEM education)**

Προγράμματα που περιλαμβάνουν προγραμματισμό, ΤΠΕ, big data, τεχνητή νοημοσύνη (Artificial Intelligence), εικονική πραγματικότητα (Virtual Reality), ασφάλεια δικτύων κ.λπ.

- **Ποικιλομορφία διδακτικών μεθόδων στην Εκπαίδευση STEM** (*Diversity in STEM Teaching*)

Προγράμματα που περιλαμβάνουν τους τρόπους μεταβολής των μεθόδων διδασκαλίας, όταν απευθύνονται σε ταλαντούχους μαθητές, για να προαχθεί η εκπαίδευση χωρίς αποκλεισμούς λόγω εθνικότητας, φυλής, φύλου, θρησκείας, οικονομικής κατάστασης κ.τ.λ., όταν απαιτείται συνεργασία μεταξύ νεότερων και μεγαλύτερων μαθητών κ.λπ.

- **Προγράμματα STEM στην εκπαίδευση** (*STEM in Education*)

Προγράμματα που συνδυάζουν τις φυσικές επιστήμες με άλλους κλάδους, π.χ. επιστήμη (science), τεχνολογία, μηχανική ή μαθηματικά με τέχνες, μουσική, αθλητισμό, ιστορία κ.λπ.

- **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 12^{ους} Πανελλήνιους Αγώνες θα απονεμηθούν **έξι (6) βραβεία**, από τα οποία είναι επιθυμητό, το 50% να απονεμηθεί σε εκπαιδευτικούς που δεν είχαν βραβευτεί στις προηγούμενες ένδεκα διοργανώσεις (2000, 2001, 2003, 2005, 2007, 2010, 2012, 2014, 2016, 2019 και 2021). 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 τρεις χώρες που μετέχουν στο πρόγραμμα. Το πρώτο και το δεύτερο βραβείο των Πανελλήνιων Αγώνων θα μετέχουν και στην διαγωνιστική διαδικασία της κεντρικής εκδήλωσης του προγράμματος Science on Stage – Europe. Οι εκπρόσωποι των ομαδικών εργασιών ορίζονται από τις ομάδες τους. Έως σήμερα, η Ελλάδα έχει βραβευτεί στις εννέα από τις ένδεκα διοργανώσεις του προγράμματος.

Η κεντρική εκδήλωση του προγράμματος Science on Stage – Europe θα πραγματοποιηθεί **12 Αυγούστου 2024 έως 15 Αυγούστου 2024, στο Turku, Φινλανδία**. Οι εκπαιδευτικοί που θα συμμετέχουν στην κεντρική εκδήλωση του προγράμματος Science on Stage – Europe στο Turku θα συμμετέχουν επίσης και στα σεμινάρια και τα workshops που θα πραγματοποιηθούν κατά την διάρκεια της εκδήλωσης. Η γλώσσα της κεντρικής εκδήλωσης του προγράμματος είναι η Αγγλική.

Τα έξοδα διαμονής στο Turku των έξι εκπαιδευτικών που θα βραβευθούν στους 12^{ους} Πανελλήνιους Αγώνες, θα καλυφθούν από το πρόγραμμα Science on Stage – Europe. Τα έξοδα μετάβασης στο Turku καθώς και τα έξοδα μετάβασης και διαμονής στην Αθήνα για τους 12^{ους} Πανελλήνιους Αγώνες Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών θα βαρύνουν τους συμμετέχοντες στους Αγώνες.

Τα προσωπικά δεδομένα των συμμετεχόντων στους 12^{ους} 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

Όσοι ενδιαφέρονται να συμμετέχουν στους Αγώνες πρέπει να στείλουν, **μέχρι 30 Σεπτεμβρίου 2023**, 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 αποστέλλουν 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 12^{ους} 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. Υπεύθυνη δήλωση (από κάθε συμμετέχοντα) του άρθρου 8 Ν. 1599/1986 που θα αναφέρει ότι:

α) δηλώνω ότι η συμμετοχή μου στους 12^{ους} 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 12^{ων} 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 12ων 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 12^{ων} Πανελληνίων Αγώνων Κατασκευών και Πειραμάτων Φυσικών Επιστημών».

ε) Υποχρεούμαι να αναφέρω ότι: «η εργασία μου παρουσιάστηκε στους «12^{ους} 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 12^{ους} Πανελλήνιους Αγώνες όπως αναλύονται στο παρόν έγγραφο.

Διεύθυνση αποστολής εργασιών στο email: 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».

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: «Η βιωσιμότητα στην εκπαίδευση STEM».
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> και Facebook: [sonsgreece](https://www.facebook.com/sonsgreece). Μπορείτε επίσης να επικοινωνήσετε μαζί μας στο e-mail: 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

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 33 χώρες (από το 2016 οι μη ευρωπαϊκές χώρες συμμετέχουν ως «Associate Members»). Στο πρόγραμμα συμμετέχουν οι εξής χώρες: Αλβανία, Αυστρία, Βέλγιο, Βουλγαρία, Γαλλία, Γερμανία, Γεωργία, Δανία, Ελβετία, Ελλάδα, Ηνωμένο Βασίλειο, Ιρλανδία, Ισλανδία, Ισπανία, Ιταλία, Καζακστάν, Καναδάς, Κύπρος, Λετονία, Λιθουανία,

Νορβηγία, Ολλανδία, Ουγγαρία, Ουκρανία, Πολωνία, Πορτογαλία, 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> και Facebook: [sonsgreece](https://www.facebook.com/sonsgreece). Μπορείτε επίσης να επικοινωνήσετε μαζί μας στο e-mail: etsitop@otenet.gr

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

Ευγενία Τσιτοπούλου – Χριστοδουλίδη
Φυσικός, Συντονίστρια της Ελληνικής Επιτροπής

Ευρετήριο Συγγραφέων

Βύλλιας Γ., 190, 235
Γιαννακέας Δ., 99
Γιαννακουδάκη Κ., 76
Δημητρίου Α., 107, 275
Κολιάκου Η., 218, 227, 282, 316
Κουράκης Νεκτ., 128, 144, 240
Λάζος Π., 41, 90, 247
Λαντζούνη Μ., 267
Λεμπέση Ε., 99
Μακεδόνας Χ., 183
Ματεντσίδου Χ., 290
Μητσιώνη Μ.-Φ., 183
Μίνδης Ι., 256
Μιχαλόπουλος Β., 99
Νούσης Β., 174, 262
Παπακωνσταντίνου Α., 33, 218, 227
Πούτος Π., 55
Ρούγγος Γ., 200
Σαμαντά Α., 256
Σαμαντά Ε., 256
Στούρας Μ., 183
Σωτηροπούλου Α., 267
Τσιτοπούλου – Χριστοδουλίδη Ε., 15, 28
Τσουτσουδάκης Α., 218, 227, 316
Φιλιόγλου Μ., 107, 275
Χαλκιαδάκης Κ., 116
Χατζησάββας Γ., 76
Aksoy E., 33
Derek B., 290
Shimizu J., 282
Toma C., 316

(κενή σελίδα)

(κενή σελίδα)

ISSN: 3057-4862

ISBN: 978-618-86235-1-4