



**ΥΠΟΒΟΛΗ ΥΠΟΨΗΦΙΟΤΗΤΑΣ
ΓΙΑ ΤΟ ΒΡΑΒΕΙΟ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΚΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ «Εύρηκα, Εύρηκα»**

- 1. ΤΣΟΥΜΑΚΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ** – ΦΥΣΙΚΟΣ, MSc. Εκπαιδευτικός στο Λύκειο της Ελληνογερμανικής Αγωγής.
- 2. ΜΑΡΙΝΟΥ ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ** – ΒΙΟΛΟΓΟΣ, MSc, PhD. Εκπαιδευτικός στο Λύκειο της Ελληνογερμανικής Αγωγής.
- 3. ΧΑΝΙΩΤΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ** – ΦΥΣΙΚΟΣ, MSc. Εκπαιδευτικός, Υπεύθυνος του Αστεροσκοπείου της Ελληνογερμανικής Αγωγής.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΠΟΨΗΦΙΟΤΗΤΑΣ

Τίτλος εκπαιδευτικής δραστηριότητας: «Ποιος ξέρει στ' άλλα τ' άστρα...»
Περίοδος διεξαγωγής: 10/2024 – 1/2025
Αριθμός μαθητών: 20
Τάξη: Α' & Β' Λυκείου
Τόπος: Εργαστήρια Θετικών Επιστημών Ελληνογερμανικής Αγωγής, Παλλήνη
Ψηφιακά τεκμήρια:
<https://youtu.be/zOMBGw7pU2Y>
<https://youtu.be/cXx51GS0D60>
<https://youtu.be/ndAaW6n2n8>
<https://youtu.be/wcy05nYBNCU>



Στο διάλειμμα η Μυρτώ κάθεται μόνη στο πέτρινο πεζούλι, γυρνώντας τις σελίδες του βιβλίου που έχει ανοιγμένο εμπρός της. Είναι αόρατη για τ' άλλα παιδιά κι αυτά είναι αόρατα για εκείνη. Η οχλοβοή δεν την αποσπά από το ταξίδι της. Ο Παλαμάς αναρωτιέται *Ποιος ξέρει στ' άλλα τ' άστρα*. Η Μυρτώ κλείνει τα μάτια, αφήνεται στο απαλό αεράκι, μέχρι που ο Δάσκαλος την επαναφέρει σ' ετούτο τον κόσμο: «Ε! Μυρτώ!», της λέει, «Τι διαβάζεις;». –«Παλαμά κύριε», του απαντά, με το χαμόγελο να προδίδει τη χαρά της που για κάποιον, έστω έναν, έστω τον Δάσκαλο, το διάβασμα έχει αξία. Ο Δάσκαλος πιάνει το βιβλίο στα χέρια του, το σηκώνει στο ύψος των ματιών, ρυθμίζει την απόσταση ανάγνωσης κι επαναλαμβάνει: «Ποιος ξέρει στ' άλλα τ' άστρα... Ε, λοιπόν, Μυρτώ, έχω κάτι για σένα».

Ποιος ξέρει στ' άλλα τ' άστρα...

Κι αν έχουμ' εδώ πέρα
τον Έρωτα πατέρα,
τη Συφορά βυζάστρα,
ποιος ξέρει στ' άλλα τ' άστρα...

Τ' άστρα στο χάος γυρίζουν.
Κάποια απ' αυτά αντικρίζουν
τη Γη, κι είναι γιγάντοι,
κι η Γη, μικρό διαμάντι.
Ποιός ξέρει στ' άλλα τ' άστρα

τί λαοί και τί κάστρα,
πώς δείχνεστε, πνέμα, ύλη,
τί φιλιά και τί χείλη,
τί καημοί και τί πόθοι!
Να δούμε δεν εδόθη

τον ίσκιο τους μπροστά μας
μηδέ στα ονείρατά μας!
Τί πάθη εκεί βογκάνε!
Και τα δικά μας θα 'ναι
μπροστά τους ένα ένα

παιγνίδια κοιμισμένα.
Κι εδώ είναι τα περίσσια
βάσανα, παιδιακίσια
καμώματα μονάχα
μπρος στην καρδιά που θα 'χα...

Μπροστά σε τέτοιες λύπες
της συφοράς οι γύπες,
τα ερωτικά τα φίδια,
σβησμέν' αποκαΐδια.
Κι αν έχουμ' εδώ πέρα

τον Έρωτα πατέρα,
τη Συφορά βυζάστρα,
ποιος ξέρει στ' άλλα τ' άστρα!

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αναζήτηση εξωπλανητών και η μελέτη των ακραίων συνθηκών για την ύπαρξη ζωής δεν είναι απλώς μια επιστημονική περιπέτεια· είναι ένα συναρπαστικό ταξίδι, ικανό να πυροδοτήσει το ενδιαφέρον των μαθητών, να εξάψει τη φαντασία τους και να καλλιεργήσει βαθύτερες συνδέσεις με τα μεγάλα ερωτήματα της επιστήμης, της ύπαρξης και του πολιτισμού. Όταν τέτοια θέματα εντάσσονται στο πρόγραμμα του Λυκείου, μεταφέρουν την αιχμή της σύγχρονης αστροφυσικής και της διαστημικής βιολογίας απευθείας στην τάξη, προσφέροντας στους μαθητές μια μοναδική ευκαιρία να βιώσουν την επιστήμη όχι ως απομακρυσμένη πληροφορία, αλλά ως ζωντανή αναζήτηση που εξελίσσεται διαρκώς. Η επαφή με έννοιες όπως η ζώνη κατοικησιμότητας, η ατμοσφαιρική σύσταση ενός εξωπλανήτη, η παρουσία νερού σε υγρή μορφή ή η πιθανότητα ύπαρξης ζωής σε μορφές ριζικά διαφορετικές από τη γήινη, οδηγεί τους μαθητές στο να αντιληφθούν την επιστήμη ως μια εξέχουσα ανθρώπινη προσπάθεια να κατανοήσουμε τον κόσμο γύρω μας. Παράλληλα, τους εισάγει σε ενότητες Φυσικής (τροχιές, βαρυτική έλξη, φάσματα), Χημείας (μόρια, αναλύσεις ατμοσφαιρών) και Βιολογίας (προσαρμοστικότητα ζωής, ακραία περιβάλλοντα), με τρόπο διεπιστημονικό, γοητευτικό και άμεσα συνδεδεμένο με την τρέχουσα επιστημονική έρευνα. Πέρα όμως από τη μετάδοση επιστημονικών γνώσεων, τα οφέλη είναι βαθύτερα και αφορούν τη στάση των μαθητών απέναντι στην επιστήμη και την επιστημονική σκέψη. Η ενασχόληση με ερωτήματα όπως «πόσο ξεχωριστή είναι η Γη;» ή «πώς ορίζουμε τη ζωή;» καλλιεργεί φιλοσοφικό και ηθικό προβληματισμό, αλλά και βαθύτερες σκέψεις για την ανθρώπινη ύπαρξη, τη θέση μας στο σύμπαν και το τι σημαίνει τελικά να είσαι άνθρωπος. Οι μαθητές αποκτούν μια περισσότερο ανοικτή, διερευνητική και μη δογματική σχέση με τη γνώση· μαθαίνουν να διαχειρίζονται την αβεβαιότητα, να διατυπώνουν ερωτήματα χωρίς άμεσες απαντήσεις και να εκτιμούν την αξία της αναζήτησης. Η Αστρονομία, και ειδικά η αναζήτηση εξωπλανητών, αποδεικνύεται εξαιρετικά παρακινητική: σπάει το στερεότυπο της «βαρετής επιστήμης», δημιουργεί χώρους δημιουργικότητας, διευρύνει τη φαντασία και επανασυνδέει την επιστημονική γνώση με το συναίσθημα του θαυμασμού. Μαθητές που ενδέχεται να μην ανταποκρίνονται στις παραδοσιακές μορφές διδασκαλίας των φυσικών επιστημών, συχνά βρίσκουν μέσα από αυτό το πεδίο ένα σημείο σύνδεσης –είτε μέσω της επιστημονικής φαντασίας, είτε μέσω υπαρξιακών ερωτημάτων, είτε απλώς μέσω της αισθητικής και της ομορφιάς του θέματος. Επιπλέον, οι δραστηριότητες αυτού του είδους καλλιεργούν κρίσιμες δεξιότητες του 21^{ου} αιώνα, όπως η διεπιστημονική σκέψη, η επίλυση προβλημάτων, η συνεργασία, ο επιστημονικός γραμματισμός και η ικανότητα ορθολογικής τεκμηρίωσης. Οι μαθητές δεν αρκούνται στο να «μάθουν τι λέει το βιβλίο», αλλά καλούνται να υποθέσουν, να πειραματιστούν, να ερευνήσουν, να εξηγήσουν και να δημιουργήσουν. Η πολιτισμική και υπαρξιακή διάσταση του θέματος δεν είναι λιγότερο σημαντική. Το διαχρονικό ερώτημα «είμαστε μόνοι;» έχει απασχολήσει όλες τις θρησκείες και φιλοσοφίες. Η επεξεργασία του στο σχολείο, με σεβασμό και επιστημονική ακρίβεια, ενθαρρύνει τους μαθητές να τοποθετήσουν τον εαυτό τους μέσα στο κοσμικό γίνεσθαι, να αναστοχαστούν για το τι σημαίνει ζωή, νοημοσύνη, ήθος και ευθύνη. Η διδασκαλία των εξωπλανητών και των ακραίων περιβαλλόντων για ζωή δεν αποτελεί απλώς μια σύγχρονη τάση ή εντυπωσιακή θεματολογία· αποτελεί ισχυρό παιδαγωγικό

εργαλείο. Προσφέρει στους μαθητές εμπειρίες που ενώνουν τη γνώση με το νόημα των πραγμάτων, τη φαντασία με τη μεθοδολογική αυστηρότητα και τη δημιουργικότητα με τη λογική. Στηρίζει την καλλιέργεια μιας νέας επιστημονικής νοοτροπίας –πιο ανοιχτής, παγκόσμιας, επίκαιρης και βαθιά ανθρώπινης. Σε μια εποχή όπου η επιστήμη αμφισβητείται συχνά, τέτοιου είδους θεματικές μπορούν να γίνουν κλειδιά εμπιστοσύνης και έμπνευσης. Επομένως, η παρουσία τους στην εκπαιδευτική πράξη δεν αποτελεί πολυτέλεια, αλλά αναγκαιότητα.

2. ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΔΡΑΣΗΣ

Η δράση που σας παρουσιάζουμε βασίζεται σε μια ιδέα τόσο επιστημονικά συναρπαστική όσο και παιδαγωγικά γόνιμη: την αναζήτηση εξωπλανητών και τη μελέτη των συνθηκών βιωσιμότητας σε ακραία περιβάλλοντα. Πρόκειται για ένα εκπαιδευτικό σενάριο που υλοποιήθηκε κατά τη σχολική χρονιά 2024–2025 στον απογευματινό Όμιλο Αστρονομίας του Λυκείου της Ελληνογερμανικής Αγωγής, με τη συμμετοχή περίπου 20 μαθητών και μαθητριών¹ της Α΄ και Β΄ Λυκείου. Οι όμιλοι, ως μαθησιακοί χώροι απαλλαγμένοι από τους χρονικούς και γνωστικούς περιορισμούς του τυπικού Αναλυτικού Προγράμματος, προσφέρουν στους εκπαιδευτικούς το ιδανικό πλαίσιο για πειραματισμό, καινοτομία και σχεδιασμό δραστηριοτήτων με δυναμική ευρύτερης εφαρμογής. Με αυτό το σκεπτικό, επιλέξαμε να διερευνήσουμε αν μια σειρά δραστηριοτήτων γύρω από ένα επίκαιρο, ελκυστικό αλλά συχνά παραπλανητικά παρουσιαζόμενο θέμα –όπως είναι οι εξωπλανήτες– θα μπορούσε να αποτελέσει σημείο αφετηρίας για μια βαθύτερη και ουσιαστική μαθησιακή εμπειρία. Με αφορμή δημοσιεύματα με πηχυαίους τίτλους του τύπου «*Βρέθηκε η αδελφή της Γης*», οι οποίοι συχνά υπεραπλουστεύουν ή διαστρεβλώνουν την πραγματικότητα, προσπαθήσαμε να καλλιεργήσουμε την επιστημονική ακρίβεια, τη διαθεματική σύνδεση γνώσεων και την ερευνητική στάση απέναντι στα εξεταζόμενα φαινόμενα. Στο πλαίσιο αυτό, σχεδιάσαμε ένα «μπουκέτο» 10 αυτόνομων δραστηριοτήτων, καθεμιά από τις οποίες υλοποιήθηκε σε ξεχωριστή διδακτική ώρα. Οι δραστηριότητες αυτές αξιοποιούν τη φυσική διαθεματικότητα του θέματος των εξωπλανητών, ενσωματώνοντας στοιχεία Φυσικής, Χημείας, Βιολογίας, Φιλοσοφίας και Επιστημολογίας, προκειμένου να αναδείξουν ένα ενιαίο, συνεκτικό επιστημονικό πλαίσιο έρευνας. Η εκτέλεση των δραστηριοτήτων έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να είναι εξαιρετικά απλή και ευέλικτη. Αυτό επιτρέπει την άμεση προσαρμογή τους σε διαφορετικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, ανεξαρτήτως του επιπέδου γνώσεων ή του διαθέσιμου χρόνου. Ο εκπαιδευτικός μπορεί να αποφασίσει είτε να εφαρμόσει την πλήρη σειρά δραστηριοτήτων, είτε να χρησιμοποιήσει επιλεκτικά κάποιες επιμέρους, ανάλογα με τις ανάγκες και τις δυνατότητες της τάξης του. Στόχος μας δεν ήταν μόνο να εμπλουτίσουμε την εμπειρία των μαθητών του Ομίλου ή του σχολείου μας, αλλά να διαμορφώσουμε ένα ανοικτό εκπαιδευτικό εργαλείο, που να μπορεί να αξιοποιηθεί σε οποιοδήποτε Λύκειο της χώρας: μια πρόταση παιδαγωγικά ευέλικτη, επιστημονικά αξιόπιστη και διαθεματικά εμπνευσμένη, η οποία μπορεί να λειτουργήσει ως αφετηρία για την καλλιέργεια επιστημονικού γραμματισμού, ερευνητικής σκέψης και, κυρίως, μιας νέας στάσης απέναντι στην επιστήμη –όχι ως ένα σύνολο έτοιμων απαντήσεων, αλλά ως μια διαρκή και εκπληκτική διαδικασία κατανόησης του κόσμου.

¹ Στο κείμενο που ακολουθεί χρησιμοποιούμε το αρσενικό γένος γενικευτικά για αντικείμενα αναφοράς θηλυκού και αρσενικού γένους. Η επιλογή αυτή στηρίζεται σε λόγους οικονομίας χώρου και αποφυγής προσθήκης πολλαπλών άρθρων και επιθημάτων που δυσκολεύουν την ανάγνωση του κειμένου.

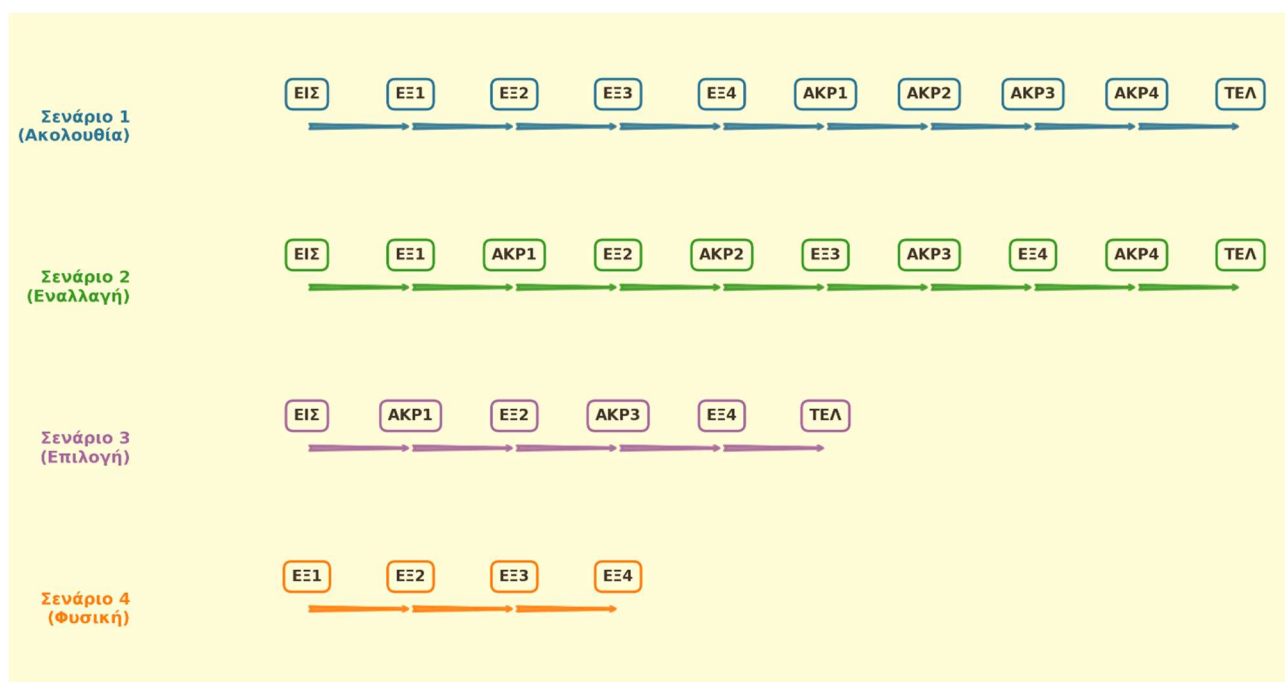
3. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΔΡΑΣΗΣ

Η εκπαιδευτική δράση αποτελείται από μια εισαγωγική δραστηριότητα (ΕΙΣ), 4 δραστηριότητες σχετικές με τις μεθόδους αναζήτησης εξωπλανητών (ΕΞ1–ΕΞ4), 4 δραστηριότητες σχετικές με τις συνθήκες βιωσιμότητας σε ακραία περιβάλλοντα (ΑΚΡ1–ΑΚΡ4) και μια τελική δραστηριότητα (ΤΕΛ) σχετική με πιθανά βιοϊχνη και τεχνοϊχνη:

Δομή της εκπαιδευτικής δράσης

Κωδικός	Τίτλος εκπαιδευτικής δραστηριότητας
ΕΙΣ	Η ζωή σε άλλους πλανήτες στη σφαίρα του μυθικού και των θρησκειών
ΕΞ1	Αstromετρία
ΕΞ2	Μέθοδος διαβάσεων
ΕΞ3	Απευθείας παρατήρηση
ΕΞ4	Μέθοδος ακτινικής ταχύτητας
ΑΚΡ1	Μονοκύτταροι οργανισμοί σε ακραίες θερμοκρασίες
ΑΚΡ2	Πολυκύτταροι οργανισμοί σε ακραίες θερμοκρασίες
ΑΚΡ3	Πολυκύτταροι οργανισμοί σε ακραία οξύτητα
ΑΚΡ4	Πολυκύτταροι οργανισμοί σε ακραίο φωτισμό
ΤΕΛ	Βιοϊχνη και τεχνοϊχνη

Οι δραστηριότητες μπορούν να εκτελεστούν με πολλούς τρόπους. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η δομή ακολουθίας, η δομή εναλλαγής ή ακόμη και να τρέξουν μόνο οι δραστηριότητες που αφορούν στις μεθόδους ανίχνευσης εξωπλανητών:



4. ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ (ΕΙΣ)

Στην εισαγωγική δραστηριότητα επιχειρείται η σύνδεση του αντικείμενου της εκπαιδευτικής δράσης με γνωστικά πλαίσια άλλων πεδίων του ανθρώπινου πολιτισμού, όπως η μυθολογία και οι θρησκείες. Εξετάζονται οι περιπτώσεις της Σκανδιναβικής μυθολογίας (εννέα κόσμοι, κάθε κόσμος έχει τα δικά του όντα, κουλτούρα και μορφές ζωής), των μυθολογιών των Μάγια και των Αζτέκων (ουράνιοι κόσμοι όπου ζουν θεότητες), της Αιγυπτιακής μυθολογίας (το ταξίδι του Ρα κατά τη διάρκεια της νύχτας διασχίζει άλλους κόσμους). Εξετάζονται, επίσης, οι θρησκείες του Ινδουισμού (πολλαπλοί κόσμοι –locas, η ζωή δεν περιορίζεται στη Γη), του Βουδισμού (η Γη είναι μόνο ένας από πολλούς κόσμους –sahasra-lokadhātu: χιλιάδες κόσμοι σαν τον δικό μας), του Σιχισμού (άπειροι κόσμοι (khand, mandal, brahmand), όπου κατοικούν άγνωστες μορφές ζωής), του Ισλάμ (ο Αλλάχ είναι «ο Κύριος των Κόσμων» –Rabb al-‘Ālamīn) και του Χριστιανισμού, στον οποίο ενώ δεν υπάρχει κάποια άμεση αναφορά σε άλλους κόσμους με ζωή, μεταγενέστερες θεολογικές απόψεις (Giordano Bruno) προτείνουν πολλαπλά ηλιακά συστήματα με ζωή, με το επιχείρημα ότι «ο Θεός είναι άπειρος, άρα και η δημιουργία Του πρέπει να είναι άπειρη». Το γεγονός ότι ο Bruno καταδικάστηκε από την Ιερά Εξέταση και κήκε στην πυρά το 1600 για τις φιλοσοφικές του θέσεις που αμφισβητούσαν την παραδοσιακή χριστιανική κοσμολογία, τον καθιστά μάρτυρα της ελεύθερης σκέψης. Ήταν ένας από τους πρώτους που τόλμησαν να πουν δημόσια ότι δεν είμαστε μόνοι στο σύμπαν.

Πίνακας Διδακτικών Στόχων – Ταξινόμια Bloom

Επίπεδο Σκέψης	Διδακτικός Στόχος
1. Ανάκληση (Remember)	Να κατονομάσουν πολιτισμούς ή θρησκείες που ασχολούνται με άλλους κόσμους ή μορφές ζωής.
2. Κατανόηση (Understand)	Να εξηγήσουν πώς κάθε μυθολογική ή θρησκευτική παράδοση αντιλαμβάνεται την ύπαρξη άλλων κόσμων.
3. Εφαρμογή (Apply)	Να εντοπίσουν αναλογίες ανάμεσα σε μυθολογικά/θρησκευτικά μοντέλα και επιστημονικά μοντέλα για τη δομή του κόσμου.
4. Ανάλυση (Analyze)	Να συγκρίνουν τις θρησκευτικές και μυθολογικές απόψεις για τη ζωή αλλού με τις σύγχρονες επιστημονικές προσεγγίσεις. Να διακρίνουν κοινά μυθολογικά και θρησκευτικά μοτίβα (πολλαπλοί κόσμοι, θεότητες, άγνωστες μορφές ζωής).
5. Αξιολόγηση (Evaluate)	Να συζητήσουν την αξία της ελεύθερης σκέψης και της φιλοσοφικής αναζήτησης στο ιστορικό παράδειγμα του Giordano Bruno.
6. Δημιουργία (Create)	Να συνθέσουν έναν δικό τους «μυθολογικό κόσμο» που ενσωματώνει την ύπαρξη εξωτικών μορφών ζωής σε άλλα πλανητικά συστήματα.

4.2 ΑΣΤΡΟΜΕΤΡΙΑ (ΕΞ1)

Στη δραστηριότητα της Αστρομετρίας αναλύεται η συγκεκριμένη μέθοδος. Η τεχνική αυτή μετρά πολύ μικρές μεταβολές στη θέση ενός άστρου στον ουρανό, καθώς αυτό κινείται εξαιτίας της βαρυτικής επίδρασης ενός (ή περισσοτέρων) εξωπλανητών που περιφέρονται γύρω του. Όταν ένας πλανήτης περιφέρεται γύρω από ένα άστρο, στην πραγματικότητα και τα δύο σώματα κινούνται γύρω από το κοινό κέντρο μάζας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το άστρο να παρουσιάζει μια μικρή, περιοδική μετατόπιση στη θέση του στον ουρανό. Η αστρομετρική μέθοδος παρακολουθεί αυτές τις μεταβολές με πολύ υψηλή ακρίβεια, γι' αυτό και αποδίδει

καλύτερα με διαστημικά τηλεσκόπια, όπως το Gaia (ESA), το οποίο χαρτογραφεί με ασύλληπτη ακρίβεια τις θέσεις και τις κινήσεις άστρων και το Hubble Space Telescope, το οποίο έχει κάνει αστρομετρικές παρατηρήσεις με μεγάλη ακρίβεια. Οι μαθητές αναζητούν πληροφορίες για τη μέθοδο, συσχετίζουν τα στοιχεία που συνέλεξαν με τη Φυσική που διδάσκονται (βαρυτικό πεδίο, ομαλή κυκλική κίνηση) και συμμετέχουν στην κατασκευή μιας διάταξης για την οπτικοποίηση του φαινομένου στο σχολικό εργαστήριο. Η διάταξη είναι πολύ απλή και μπορεί να κατασκευαστεί εύκολα. Πρόκειται για μια μικρή πλαστική μπάλα στο μέγεθος μπάλας βόλεϊ («άστρο») και ένα μικρό πλαστικό σφαιρίδιο μεγέθους βόλου («πλανήτης»), τα οποία ενώνονται μεταξύ τους με ένα μακρύ ελατήριο. Οι μαθητές περιστρέφουν γρήγορα στο πάτωμα το «άστρο» και παρατηρούν τις ταλαντώσεις του, καθώς παρασύρεται από την περιφορά του «πλανήτη».

Πίνακας Διδακτικών Στόχων – Ταξινόμια Bloom

Επίπεδο Σκέψης	Διδακτικός Στόχος
1. Ανάκληση (Remember)	Να αναγνωρίσουν τη βασική αρχή της αστρομετρικής μεθόδου: μέτρηση μεταβολών θέσης άστρου λόγω εξωπλανήτη.
2. Κατανόηση (Understand)	Να εξηγήσουν πώς η βαρυτική έλξη του εξωπλανήτη προκαλεί ταλάντωση στο άστρο. Να περιγράψουν γιατί η αστρομετρική μέθοδος απαιτεί ακριβή όργανα, όπως το Gaia.
3. Εφαρμογή (Apply)	Να εφαρμόσουν τη θεωρία της ομαλής κυκλικής κίνησης και του κοινού κέντρου μάζας στο παράδειγμα άστρο-πλανήτη.
4. Ανάλυση (Analyze)	Να αναλύσουν τη συμπεριφορά του συστήματος μπάλα-ελατήριο-σφαιρίδιο και να συσχετίσουν τα φαινόμενα με φυσικά μεγέθη (δύναμη, ταχύτητα, μάζα, περίοδος).
5. Αξιολόγηση (Evaluate)	Να εκτιμήσουν τα πλεονεκτήματα της προσομοίωσης ως εργαλείο κατανόησης ενός αστρονομικού φαινομένου. Να αξιολογήσουν την ακρίβεια και τους περιορισμούς της αστρομετρικής μεθόδου.
6. Δημιουργία (Create)	Να σχεδιάσουν μια απλή πειραματική διάταξη προσομοίωσης της βαρυτικής αλληλεπίδρασης άστρου-πλανήτη. Να διατυπώσουν υποθέσεις για το πώς διαφορετικά μεγέθη "πλανήτη" και "άστρου" επηρεάζουν την παρατηρούμενη μετατόπιση.

4.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΒΑΣΕΩΝ (ΕΞ2)

Η μέθοδος των διαβάσεων (transit method) είναι από τις πιο επιτυχημένες τεχνικές για την ανίχνευση εξωπλανητών. Όταν ένας πλανήτης περνά μπροστά από το άστρο του σε σχέση με τη Γη, εμποδίζει για λίγο ένα μικρό ποσοστό του φωτός του άστρου. Αυτό το φαινόμενο λέγεται διάβαση. Οι αστρονόμοι μετρούν τη μικρή, περιοδική μείωση στη φωτεινότητα του άστρου. Αν αυτή η μείωση συμβαίνει σε τακτά χρονικά διαστήματα, είναι πολύ πιθανό να οφείλεται στην τροχιά ενός πλανήτη γύρω από το άστρο. Στη δραστηριότητα της μεθόδου διαβάσεων, οι μαθητές καλούνται να κατασκευάσουν μια εργαστηριακή διάταξη για την περιφορά ενός «πλανήτη» (μικρή μεταλλική σφαίρα γύρω από το μητρικό του «άστρο» (λαμπτήρας). Σε σχετικά μεγάλη απόσταση τοποθετείται ένας υπολογιστής με web camera. Οι μαθητές με κατάλληλο τρόπο περιστρέφουν τη διάταξη συγκράτησης του «πλανήτη» κι αυτός ξεκινά να περιφέρεται γύρω από το «άστρο». Η κάμερα παρακολουθεί τη φωτεινότητα του «άστρου» και καταγράφει την περιοδική πτώση της που οφείλεται στη διάβαση του «πλανήτη», με τη χρήση

ελεύθερου λογισμικού. Από τα επιμέρους χαρακτηριστικά της καμπύλης μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με το μέγεθος του πλανήτη (από το πόση φωτεινότητα χάνει το άστρο), την περίοδο περιφοράς (κάθε πότε γίνεται η διάβαση), ακόμη και σχετικά με την απόσταση του πλανήτη από το άστρο (μέσω του 3^{ου} νόμου του Κέπλερ).

Πίνακας Διδακτικών Στόχων – Ταξινόμια Bloom

Επίπεδο Σκέψης	Διδακτικός Στόχος
1. Ανάκληση (Remember)	Να κατονομάσουν τα βασικά στάδια της μεθόδου διαβάσεων και να περιγράψουν ποια στοιχεία μετρούν οι αστρονόμοι.
2. Κατανόηση (Understand)	Να εξηγήσουν πώς η παρουσία ενός εξωπλανήτη προκαλεί περιοδική μείωση της φωτεινότητας ενός άστρου. Να περιγράψουν τη σχέση ανάμεσα στο μέγεθος του πλανήτη και στο βάθος της καμπύλης φωτεινότητας.
3. Εφαρμογή (Apply)	Να εφαρμόσουν την έννοια της διάβασης κατασκευάζοντας μια προσομοίωση με πλανήτη-λαμπτήρα-κάμερα. Να μετρήσουν πειραματικά τη φωτεινότητα του λαμπτήρα και να παρατηρήσουν τις μεταβολές.
4. Ανάλυση (Analyze)	Να αναλύσουν την καμπύλη φωτεινότητας και να εξαγάγουν από αυτή πληροφορίες για την περίοδο περιφοράς και το μέγεθος του εξωπλανήτη.
5. Αξιολόγηση (Evaluate)	Να αξιολογήσουν την ακρίβεια και τις δυνατότητες της μεθόδου διαβάσεων σε σύγκριση με άλλες μεθόδους ανίχνευσης. Να εντοπίσουν πιθανές πηγές σφάλματος στη δική τους πειραματική προσομοίωση.
6. Δημιουργία (Create)	Να σχεδιάσουν ή να βελτιώσουν μια εργαστηριακή διάταξη που να προσομοιώνει αποτελεσματικά μια πλανητική διάβαση. Να καταγράψουν και να παρουσιάσουν τα αποτελέσματα των παρατηρήσεών τους μέσα από μια απλή επιστημονική αναφορά

4.4 ΑΠΕΥΘΕΙΑΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ (ΕΞ3)

Η μέθοδος της απευθείας παρατήρησης (direct imaging) είναι μια τεχνική στην αστρονομία που επιτρέπει την οπτική καταγραφή εικόνας ενός εξωπλανήτη, δηλαδή να τον «δούμε» πραγματικά, διαχωρισμένο από το φως του μητρικού του άστρου. Οι αστρονόμοι χρησιμοποιούν πολύ ευαίσθητα τηλεσκόπια με ειδικά όργανα για να αποκλείσουν ή να μειώσουν το εκτυφλωτικό φως του άστρου, ώστε να εντοπίσουν το αμυδρό φως που προέρχεται από τον εξωπλανήτη. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση κορονογράφων ή συσκευών ακύρωσης φωτός (starshades) που «μπλοκάρουν» το άστρο. Το φως που προέρχεται από τον εξωπλανήτη αναλύεται φασματοσκοπικά, αποκαλύπτοντας τη θερμοκρασία, τη σύσταση της ατμόσφαιράς του και άλλες ιδιότητες. Ο εξωπλανήτης δεν φαίνεται συνήθως ως δίσκος αλλά ως αμυδρή φωτεινή κουκκίδα κοντά στο άστρο του. Σε ειδικές περιπτώσεις (μεγάλοι πλανήτες, μακριά από το άστρο τους) μπορούμε να παρακολουθήσουμε την τροχιά τους με την πάροδο του χρόνου. Στη δραστηριότητα της απευθείας παρατήρησης, μια ισχυρή πηγή φωτός (προβολέας - άστρο) καλύπτει με την λαμπρότητά του το αμυδρό φως ενός LED (εξωπλανήτη). Όταν ένα κατάλληλο εμπόδιο (μαύρος δίσκος) τοποθετηθεί μπροστά από τον προβολέα, ένας παρατηρητής στην άλλη άκρη θα μπορέσει να δει το φως από το LED. Όπως ακριβώς η επιστημονική μέθοδος, έτσι και η μοντελοποίηση στο σχολικό εργαστήριο απαιτεί υψηλή ακρίβεια και δεξιότητα. Τα παιδιά καλλιεργούν λεπτές δεξιότητες όπως υπομονή και επιμονή, ενώ ταυτόχρονα μαθαίνουν μέσα από τα λάθη τους, στην προσπάθειά τους να πετύχουν την «ανακάλυψη» του εξωπλανήτη.

Επίπεδο Σκέψης	Διδακτικός Στόχος
1. Ανάκληση (Remember)	Να κατονομάσουν τα βασικά στοιχεία της μεθόδου της απευθείας παρατήρησης (κορονογράφος, starshade, φασματοσκοπική ανάλυση).
2. Κατανόηση (Understand)	Να εξηγήσουν γιατί η παρατήρηση εξωπλανητών είναι δύσκολη λόγω του φωτός του μητρικού άστρου. Να περιγράψουν πώς λειτουργεί ένα εμπόδιο (μαύρος δίσκος) στην εκπαιδευτική προσομοίωση για να «αποκαλύψει» το εξωπλανητικό φως.
3. Εφαρμογή (Apply)	Να εφαρμόσουν τη γνώση της μεθόδου σε πειραματική διάταξη με προβολέα, LED και εμπόδιο. Να πειραματιστούν με τη θέση και το σχήμα του εμποδίου για να επιτύχουν ορατότητα του εξωπλανήτη.
4. Ανάλυση (Analyze)	Να αναλύσουν πώς αλλάζει η ορατότητα του εξωπλανήτη με βάση παράγοντες όπως η ένταση του άστρου και η απόσταση του LED.
5. Αξιολόγηση (Evaluate)	Να αξιολογήσουν την αποτελεσματικότητα της δικής τους προσομοίωσης. Να συζητήσουν τις δυσκολίες και τις αστοχίες που αντιμετώπισαν και τι έμαθαν από αυτές.
6. Δημιουργία (Create)	Να σχεδιάσουν βελτιωμένη εκδοχή της πειραματικής διάταξης ή να προτείνουν νέα μέσα απόκρυψης του άστρου. Να καταγράψουν τα συμπεράσματά τους σε μορφή σύντομης «επιστημονικής αναφοράς» με σκίτσα ή φωτογραφίες του πειράματος.

4.5 ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΚΤΙΝΙΚΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ (EΞ4)

Η μέθοδος της ακτινικής ταχύτητας (radial velocity method) είναι μία από τις παλαιότερες και πιο αποτελεσματικές τεχνικές για την ανίχνευση εξωπλανητών, πριν ακόμη εντοπιστούν με απευθείας παρατήρηση ή με διαβάσεις. Όπως έχουμε πει, όταν ένας πλανήτης περιφέρεται γύρω από ένα άστρο, δεν κινείται μόνο ο πλανήτης· το άστρο «ταλαντώνεται» επίσης λίγο, καθώς και τα δύο περιστρέφονται γύρω από το κοινό τους κέντρο μάζας. Αυτό το μικρό πέρα-δώθε του άστρου μπορεί να ανιχνευθεί μέσω του φαινομένου Doppler. Αν το άστρο πλησιάζει προς εμάς, το φως του μετατοπίζεται προς το μπλε. Αν απομακρύνεται, το φως του μετατοπίζεται προς το κόκκινο. Παρατηρούμε τις φασματικές γραμμές του άστρου. Καθώς αυτές μετατοπίζονται περιοδικά, υπολογίζουμε την ακτινική ταχύτητα (δηλαδή την ταχύτητα κατά μήκος της γραμμής όρασης). Από τη συχνότητα και το εύρος αυτών των μεταβολών μπορούμε να υπολογίσουμε την περίοδο περιφοράς του πλανήτη, ένα κατώτατο όριο για τη μάζα του (επειδή εξαρτάται και από τη γωνία παρατήρησης) και μπορούμε να αντλήσουμε πληροφορίες για την εκκεντρότητα της τροχιάς. Στο σχολικό εργαστήριο είναι απολύτως αδύνατο να παρατηρήσουμε το οπτικό φαινόμενο Doppler. Αντιθέτως, το φαινόμενο Doppler με χρήση ηχητικών κυμάτων είναι εύκολα διαχειρίσιμο. Επιλέξαμε έναν πρωτότυπο τρόπο προσομοίωσης της μεθόδου της ακτινικής ταχύτητας: ένας μαθητής προσάρμοσε στο καπέλο του ένα κινητό τηλέφωνο που λειτουργούσε ως πηγή ηχητικών κυμάτων συχνότητας 1.000 Hz. Στη συνέχεια ξεκίνησε να περιστρέφει μία σφύρα (σφαίρα προσαρμοσμένη σε ατσάλινο σύρμα). Η περιφορά της σφύρας επέφερε τη μετάπτωση του μαθητή γύρω από το κοινό κέντρο μάζας. Αυτή η κίνηση, με τη σειρά της επέφερε την περιοδική μεταβολή του ήχου που αντιλαμβάνεται ένας παρατηρητής (μικρόφωνο υπολογιστή) σε κοντινή απόσταση. Επειδή το πείραμα εκτελείται σε ανοικτό χώρο, απαιτείται επεξεργασία του ηχητικού αρχείου, προκειμένου να απομονωθεί και να αφαιρεθεί ο θόρυβος από στοιχεία του περιβάλλοντος. Τη διαδικασία επιμελήθηκαν οι ίδιοι οι μαθητές, οι οποίοι είχαν με αυτόν τον τρόπο την ευκαιρία να ασχοληθούν με τη διαδικασία

επεξεργασίας σήματος, μια διαδικασία θεμελιώδης στη σύγχρονη αστρονομική έρευνα. Το αποτέλεσμα της παραπάνω μεθόδου είναι ένα αρχείο βίντεο, στο οποίο γίνεται εμφανές το φαινόμενο Doppler, το οποίο άμεσα συσχετίζεται με την περιφορά του «πλανήτη» γύρω από το «άστρο».

Πίνακας Διδακτικών Στόχων – Ταξινόμια Bloom

Επίπεδο Σκέψης	Διδακτικός Στόχος
1. Ανάκληση (Remember)	Να αναγνωρίσουν τα βασικά χαρακτηριστικά της μεθόδου ακτινικής ταχύτητας: φαινόμενο Doppler, μετατόπιση φασματικών γραμμών, κέντρο μάζας.
2. Κατανόηση (Understand)	Να εξηγήσουν πώς η περιοδική κίνηση του άστρου λόγω ενός εξωπλανήτη προκαλεί μεταβολή της συχνότητας του φωτός. Να περιγράψουν την αναλογία μεταξύ οπτικού και ηχητικού Doppler στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής προσομοίωσης.
3. Εφαρμογή (Apply)	Να εφαρμόσουν την έννοια της ακτινικής ταχύτητας σε πείραμα με ηχητική πηγή και περιφορά, προσομοιώνοντας το άστρο-πλανήτη. Να καταγράψουν ήχο και να εντοπίσουν μεταβολές στη συχνότητα που αντιστοιχούν σε πραγματική φυσική διαδικασία.
4. Ανάλυση (Analyze)	Να αναλύσουν το ηχητικό σήμα, να εντοπίσουν περιοδικές μεταβολές και να τις συσχετίσουν με τη διάρκεια της τροχιάς ή την ταχύτητα κίνησης. Να εντοπίσουν την αναλογία ανάμεσα στο εύρος μεταβολής και την ακτινική ταχύτητα.
5. Αξιολόγηση (Evaluate)	Να αξιολογήσουν τα αποτελέσματα του πειράματος ως προς την ακρίβεια και την αντιστοιχία με το φαινόμενο Doppler στην αστρονομία. Να αναγνωρίσουν και να διορθώσουν προβλήματα ηχητικού «θορύβου» και εξωτερικών παρεμβολών.
6. Δημιουργία (Create)	Να συνθέσουν ένα τελικό αρχείο παρουσίασης (βίντεο ή αναφορά), όπου τεκμηριώνεται η σχέση κίνησης-Doppler-εξωπλανητικής ανίχνευσης. Να προτείνουν βελτιώσεις στη διάταξη ή νέα πειραματικά σενάρια που βασίζονται στη μεταβολή της ακουστικής συχνότητας για την προσομοίωση φαινομένων Φυσικής και Αστρονομίας.

4.6 ΜΟΝΟΚΥΤΤΑΡΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΣΕ ΑΚΡΑΙΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ (AKP1)

Σε αυτή τη δραστηριότητα εξετάζουμε τη συμπεριφορά του ζυμομύκητα *Saccharomyces cerevisiae*, ευρέως γνωστού ως «μαγιά». Πρόκειται για έναν μονοκύτταρο μύκητα που χρησιμοποιείται στη ζύμωση για την παραγωγή ψωμιού (παράγεται διοξείδιο του άνθρακα που φουσκώνει τη ζύμη), στην παραγωγή αλκοολούχων ποτών (κρασί, μπίρα, μέσω μετατροπής σακχάρων σε αλκοόλη) και στη βιοτεχνολογία ως πρότυπος οργανισμός για έρευνα σε κυτταρική βιολογία και γενετική. Η μαγιά είναι ένας ζωντανός μικροοργανισμός που επηρεάζεται έντονα από τη θερμοκρασία. Σε ψυχρό περιβάλλον, η μαγιά δεν πεθαίνει αλλά παραμένει ανενεργή (μπορεί να ενεργοποιηθεί ξανά όταν ζεσταθεί). Σε πολύ ζεστό νερό (>50 °C), η μαγιά καταστρέφεται και δεν φουσκώνει τη ζύμη. Η ιδανική θερμοκρασία ζύμωσης είναι περίπου 30–40 °C. Οι μαθητές ελέγχουν αυτή τη συμπεριφορά παρατηρώντας την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα σε ακραίες θερμοκρασίες (4 °C και 100 °C) και συγκρίνοντας τις παρατηρήσεις τους με τη θερμοκρασία ζύμωσης (~40 °C). Τα συμπεράσματα είναι σημαντικά για την ύπαρξη ζωής σε εξωπλανήτες με ακραία περιβάλλοντα: η ζωή έχει θερμοκρασιακά όρια επιβίωσης - η βιολογική δραστηριότητα της μαγιάς εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Υπάρχει εύρος «κατοικησιμότητας» (π.χ. 30–40 °C για τη μαγιά), όπως και για άλλες μορφές ζωής. Επομένως, αν σε έναν εξωπλανήτη η θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή ή πολύ υψηλή, ίσως να μην ευνοείται η ζωή όπως

τη γνωρίζουμε. Μπορεί, όμως, ζωντανοί οργανισμοί να επιβιώνουν σε «παγωμένους» εξωπλανήτες ή σε περιοδικά μεταβαλλόμενα περιβάλλοντα, περιμένοντας ευνοϊκές συνθήκες. Σε πολύ θερμούς εξωπλανήτες ή κοντά σε άστρα τύπου K ή M, η ζωή όπως τη γνωρίζουμε ίσως να μην επιβιώνει στην επιφάνεια ή να χρειάζεται ειδική προσαρμογή. Η μαγιά είναι μικροοργανισμός με γνωστά όρια θερμοκρασίας. Παρ' όλα αυτά, στη Γη υπάρχουν ακραιόφιλοι οργανισμοί (*extremophiles*) που αντέχουν σε θερμοκρασίες $>100^{\circ}\text{C}$ ή $<0^{\circ}\text{C}$, όπως ο *Pyrolobus fumarii* που αντέχει έως τους 113°C και ο *Colwellia psychrerythraea* που αναπτύσσεται στους -12°C . Επομένως, η ύπαρξη ζωής σε εξωπλανήτες δεν αποκλείεται, ακόμα και αν οι συνθήκες είναι «ακραίες» για εμάς.

Πίνακας Διδακτικών Στόχων – Ταξινόμια Bloom

Επίπεδο Σκέψης	Διδακτικός Στόχος
1. Ανάκληση (Remember)	Να κατονομάσουν βασικά χαρακτηριστικά του μικροοργανισμού <i>Saccharomyces cerevisiae</i> και τη χρήση του στη ζύμωση.
2. Κατανόηση (Understand)	Να εξηγήσουν πώς επηρεάζεται η δραστηριότητα της μαγιάς από τη θερμοκρασία. Να περιγράψουν τι σημαίνει «ανενεργή αλλά ζωντανή» σε χαμηλές θερμοκρασίες.
3. Εφαρμογή (Apply)	Να πραγματοποιήσουν πείραμα παρατήρησης της δράσης της μαγιάς σε διαφορετικές θερμοκρασίες και να καταγράψουν την παραγωγή CO_2 .
4. Ανάλυση (Analyze)	Να συγκρίνουν την απόκριση της μαγιάς σε διαφορετικές θερμοκρασίες και να εντοπίσουν το εύρος «κατοικησιμότητας». Να συσχετίσουν τα αποτελέσματα με πιθανούς περιορισμούς ύπαρξης ζωής σε εξωπλανήτες.
5. Αξιολόγηση (Evaluate)	Να αξιολογήσουν αν η συμπεριφορά της μαγιάς μπορεί να αποτελέσει μοντέλο για την κατανόηση της ζωής υπό ακραίες συνθήκες. Να συζητήσουν τη σημασία της έννοιας της «κατοικησιμότητας» όχι ως απόλυτη, αλλά ως σχετική.
6. Δημιουργία (Create)	Να σχεδιάσουν ένα υποθετικό εξωπλανητικό περιβάλλον όπου θα μπορούσε να επιβιώσει ένας μικροοργανισμός με παρόμοια χαρακτηριστικά με τη μαγιά.

4.7 ΠΟΛΥΚΥΤΤΑΡΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΣΕ ΑΚΡΑΙΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ (ΑΚΡ2)

Ο *Lens culinaris* δεν είναι άλλος από τις γνωστές μας φακές. Η φακή είναι ένας πολυκύτταρος οργανισμός, από τα αρχαιότερα καλλιεργούμενα φυτά, πλούσιο σε πρωτεΐνη και θρεπτικά συστατικά. Η συμπεριφορά της μεταβάλλεται, ανάλογα με το αν εξετάζουμε τον σπόρο της απουσία νερού, τον φυτεμένο σπόρο της ή το ίδιο το φυτό. Για τα πειράματά μας επιλέξαμε να ελέγξουμε τη συμπεριφορά του φυτεμένου σπόρου, ως υπόδειγμα ελέγχου για την ικανότητα των φυτών να αναπτυχθούν σε ακραία θερμοκρασιακά περιβάλλοντα. Σε τρία γυάλινα μικρά βάζα «φυτέψαμε» φακές σε βαμβάκι και προσθέσαμε νερό. Το πρώτο βάζο (control) αφέθηκε να αναπτυχθεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (20°C). Το δεύτερο τοποθετήθηκε στο ψυγείο (4°C), ενώ το τρίτο στον φούρνο (100°C). Από τη σύγκριση των τριών βάζων, οι μαθητές μπορούν εύκολα να αντιληφθούν το γεγονός ότι η φακή ως οργανισμός έχει σαφή βιολογικά όρια. Η βλάστηση απαιτεί εύρος θερμοκρασίας ($20\text{--}30^{\circ}\text{C}$). Η παραβίαση των ορίων οδηγεί σε αναστολή ζωτικών λειτουργιών ή καταστροφή, κάτι που συνδέεται άμεσα με το ερώτημα «Ποια είναι τα όρια θερμοκρασίας προκειμένου να θεωρηθεί ένας εξωπλανήτης δυνητικά κατοικήσιμος από φυτικούς οργανισμούς;».

Επίπεδο Σκέψης	Διδακτικός Στόχος
1. Ανάκληση (Remember)	Να κατονομάσουν βασικές συνθήκες που απαιτούνται για τη βλάστηση φυτών (νερό, θερμοκρασία, οξυγόνο).
2. Κατανόηση (Understand)	Να εξηγήσουν πώς η θερμοκρασία επηρεάζει τη δυνατότητα βλάστησης ενός σπόρου φακής. Να κατανοήσουν την έννοια του «βιολογικού ορίου ζωής».
3. Εφαρμογή (Apply)	Να καταγράψουν και να συγκρίνουν τα αποτελέσματα βλάστησης σε διαφορετικές θερμοκρασίες.
4. Ανάλυση (Analyze)	Να αναλύσουν τη σχέση μεταξύ περιβαλλοντικής θερμοκρασίας και αναστολής/καταστροφής ζωτικών λειτουργιών. Να συσχετίσουν το πείραμα με την έννοια της «κατοικήσιμης ζώνης».
5. Αξιολόγηση (Evaluate)	Να αξιολογήσουν αν η φακή αποτελεί κατάλληλο μοντέλο για τη μελέτη πιθανής ζωής σε εξωγήινα περιβάλλοντα. Να εντοπίσουν τους περιορισμούς και τις δυνατότητες αυτής της αναλογίας.
6. Δημιουργία (Create)	Να σχεδιάσουν ένα υποθετικό εξωπλανητικό οικοσύστημα που θα μπορούσε να υποστηρίξει φυτική ζωή με βάση τις παρατηρήσεις τους. Να δημιουργήσουν έναν συγκριτικό πίνακα «θερμοκρασίες – ζωή – πιθανή κατοικησιμότητα».

4.8 ΠΟΛΥΚΥΤΤΑΡΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΣΕ ΑΚΡΑΙΑ ΟΞΥΤΗΤΑ (ΑΚΡ3)

Στη συγκεκριμένη δραστηριότητα πραγματοποιείται μια πειραματική προσέγγιση με στόχο τη μελέτη της επίδρασης της ακραίας οξύτητας στην ανάπτυξη πολυκύτταρων οργανισμών, με τη *Lens culinaris* (φακή), να επιλέγεται ως μοντέλο οργανισμός. Συγκεκριμένα, οι μαθητές εκτέλεσαν ένα πείραμα στο οποίο τοποθέτησαν φακές σε δύο μικρά γυάλινα βάζα, χρησιμοποιώντας βαμβάκι ως υπόστρωμα φύτευσης. Στο πρώτο βάζο, το οποίο χρησιμοποίησαν ως μάρτυρα (control), προστέθηκε απλό νερό βρύσης, ενώ στο δεύτερο προστέθηκε διάλυμα οξικού οξέος, δηλαδή ξίδι, το οποίο είναι μια κοινή και εύκολα προσβάσιμη οικιακή ουσία με υψηλό βαθμό οξύτητας. Αμφότερα τα βάζα αφέθηκαν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (περίπου 20 °C), ώστε να ελαχιστοποιηθεί η επίδραση της θερμότητας και να απομονωθεί η μεταβλητή του pH. Σημειώνεται ότι το νερό έχει σχεδόν ουδέτερο pH (~7), το οποίο ευνοεί τη βλάστηση και την ανάπτυξη των σπόρων. Αντιθέτως, το ξίδι έχει pH περίπου 2, κάτι που το καθιστά εξαιρετικά όξινο περιβάλλον για τους περισσότερους ζωντανούς οργανισμούς, και ιδιαίτερα για φυτικούς οργανισμούς όπως η φακή. Η έκθεση των σπόρων στο πολύ όξινο περιβάλλον προκαλεί σημαντικές βιοχημικές επιπτώσεις. Το οξικό οξύ μπορεί να καταστρέψει πρωτεΐνες, να διαταράξει τις ημιπερατές κυτταρικές μεμβράνες και να απενεργοποιήσει ή να καταστρέψει τα ένζυμα που είναι απαραίτητα για τη βλάστηση. Το αποτέλεσμα είναι ότι η φακή, ένας πολυκύτταρος οργανισμός, δεν μπορεί να αναπτυχθεί ή να ενεργοποιήσει τις βασικές μεταβολικές της λειτουργίες σε τέτοιο περιβάλλον. Η πειραματική διαδικασία δίνει την ευκαιρία στους μαθητές να αντιληφθούν ότι, εκτός από τα θερμοκρασιακά, υπάρχουν και χημικά όρια επιβίωσης, που είναι εξίσου κρίσιμα για την ύπαρξη ζωής. Αυτό το εύρημα εισάγει τους μαθητές στην έννοια της χημικής κατοικησιμότητας, δηλαδή της δυνατότητας ενός περιβάλλοντος να υποστηρίξει ζωή όχι μόνο βάσει θερμοκρασίας, αλλά και βάσει χημικής σύστασης. Ένας εξωπλανήτης, για παράδειγμα, που διαθέτει πολύ όξινη ατμόσφαιρα ή θάλασσες με υψηλή περιεκτικότητα σε θειικά ή νιτρικά οξέα, ενδέχεται να είναι αφιλόξενος για τη ζωή όπως την ξέρουμε, τουλάχιστον σε επίπεδο πολυκύτταρων φυτικών ή ζωικών οργανισμών. Η ύπαρξη ζωής, επομένως, δεν εξαρτάται μόνο

από το αν ο εξωπλανήτης έχει νερό ή κατάλληλη θερμοκρασία, αλλά και από το αν το χημικό περιβάλλον επιτρέπει τη σταθερότητα και λειτουργία των βιολογικών μορίων. Σε εξωπλανήτες με εξαιρετικά χαμηλό pH, η πιθανότητα να επιβιώσουν φυτά ή άλλοι σύνθετοι οργανισμοί είναι απολύτως περιορισμένη, εκτός αν σε αυτούς τους κόσμους έχει αναπτυχθεί μια εξαιρετικά εξειδικευμένη, εξωτική βιοχημεία, εντελώς διαφορετική από τη γνωστή στη Γη.

Πίνακας Διδακτικών Στόχων – Ταξινόμια Bloom

Επίπεδο Σκέψης	Διδακτικός Στόχος
1. Ανάκληση (Remember)	Να αναγνωρίσουν ότι η φακή απαιτεί συγκεκριμένες συνθήκες (νερό, φως, κατάλληλο pH) για να βλαστήσει.
2. Κατανόηση (Understand)	Να εξηγήσουν πώς το pH του περιβάλλοντος επηρεάζει τη βιολογική δραστηριότητα των κυττάρων. Να περιγράψουν τη διαφορά μεταξύ φυσιολογικού και ακραία όξινου περιβάλλοντος.
3. Εφαρμογή (Apply)	Να εκτελέσουν πείραμα βλάστησης φακής σε διαφορετικά pH (νερό-ξίδι) και να καταγράψουν παρατηρήσεις.
4. Ανάλυση (Analyze)	Να συγκρίνουν την ανάπτυξη φακής στα δύο περιβάλλοντα και να εντοπίσουν ποιοι παράγοντες εμπόδισαν τη βλάστηση στο ξίδι. Να αναλύσουν τη σημασία του pH ως παράγοντα επιβίωσης.
5. Αξιολόγηση (Evaluate)	Να αξιολογήσουν αν το πείραμα με φακή μπορεί να λειτουργήσει ως μοντέλο για την ύπαρξη ή μη φυτικής ζωής σε εξωπλανήτες με ακραία χημική σύσταση.
6. Δημιουργία (Create)	Να σχεδιάσουν μια υπόθεση για έναν εξωπλανήτη με πολύ όξινη ατμόσφαιρα και να προτείνουν τι μορφή ζωής (αν υπάρχει) θα μπορούσε να επιβιώσει.

4.9 ΠΟΛΥΚΥΤΤΑΡΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΣΕ ΑΚΡΑΙΟ ΦΩΤΙΣΜΟ (AKP4)

Σε αυτή τη δραστηριότητα διερευνάται η ανάπτυξη του πολυκύτταρου οργανισμού *Lens culinaris* (φακή), σε περιβάλλον υπεριώδους ακτινοβολίας και υπό συνθήκες απόλυτου σκότους. Οι μαθητές προσομοιώνουν συνθήκες κανονικού, υπεριώδους και μηδενικού φωτισμού, ώστε να παρατηρήσουν πώς επηρεάζεται η βλάστηση και η ανάπτυξη ενός φυτικού οργανισμού ανάλογα με τη συνθήκη φως/σκοτάδι και το είδος της φωτεινής ακτινοβολίας. Το πείραμα πραγματοποιείται ως εξής: Σε τρία ίδιου μεγέθους γυάλινα δοχεία, οι μαθητές φυτεύουν σπόρους φακής σε βαμβάκι με προσθήκη νερού. Στη συνέχεια, το πρώτο δοχείο τοποθετείται σε μέρος με φυσικό φωτισμό (control). Το δεύτερο τοποθετείται σε σκοτεινό περιβάλλον (ντουλάπι ή αεριζόμενο κουτί που μπλοκάρει το φως). Το τρίτο εκτίθεται σε έντονο τεχνητό υπεριώδη φωτισμό, σε απομονωμένο (για λόγους ασφαλείας) αεριζόμενο χώρο. Όλα τα δείγματα παραμένουν σε σταθερή θερμοκρασία (~20 °C) για μερικές ημέρες. Οι μαθητές παρατηρούν και συγκρίνουν τον ρυθμό βλάστησης, το ύψος των βλαστών, το χρώμα των φύλλων και την κατεύθυνση της ανάπτυξης (φωτοτροπισμός). Στο δοχείο με φυσικό φωτισμό (control), οι σπόροι θα φυτρώσουν γρήγορα, θα έχουμε πράσινα φύλλα (ανάπτυξη χλωροφύλλης μέσω φωτοσύνθεσης), κανονικό ύψος και σχήμα (συμπαγείς βλαστοί, φυσιολογική ανάπτυξη) και ήπιο φωτοτροπισμό (τα φύλλα και οι βλαστοί θα στραφούν προς την πηγή φωτός). Στο δοχείο που τοποθετήθηκε σε απόλυτο σκοτάδι, οι σπόροι θα φυτρώσουν, αλλά οι βλαστοί θα είναι επιμήκεις και λεπτοί (το φυτό «ψάχνει» για φως - έντονος φωτοτροπισμός). Το χρώμα των βλαστών θα είναι ωχρό ή δεν θα έχουν καθόλου χρώμα λόγω έλλειψης χλωροφύλλης (φαινόμενο λεύκανσης) και η ανάπτυξη θα είναι καθυστερημένη λόγω απουσίας ενέργειας από φωτοσύνθεση. Στο δοχείο υπό υπεριώδη ακτινοβολία (UV) θα έχουμε περιορισμένη ή καθόλου βλάστηση,

καψίματα στα φύλλα, καφέ κηλίδες, μαρασμό, μη φυσιολογικό χρώμα (καταστρέφονται οι χλωροπλάστες – φωτοοξείδωση). Αν η ένταση UV είναι υψηλή και συνεχής, ο σπόρος μπορεί να υποστεί γενετική ή κυτταρική καταστροφή. Επομένως, η υπεριώδης ακτινοβολία δεν υποστηρίζει την ανάπτυξη της φακής και, σε υψηλές δόσεις, είναι καταστροφική. Η ζωή όπως τη γνωρίζουμε δεν ευνοείται σε περιβάλλοντα υψηλής UV ακτινοβολίας, αν δεν υπάρχει προστασία (όπως στην ατμόσφαιρα της Γης μέσω του όζοντος).

Πίνακας Διδακτικών Στόχων – Ταξινόμια Bloom

Επίπεδο Σκέψης	Διδακτικός Στόχος
1. Ανάκληση (Remember)	Να κατονομάσουν τις βασικές ανάγκες ενός φυτού για ανάπτυξη (νερό, φως, θερμοκρασία, οξυγόνο).
2. Κατανόηση (Understand)	Να εξηγήσουν γιατί το φως είναι απαραίτητο για την παραγωγή χλωροφύλλης και τη φωτοσύνθεση. Να περιγράψουν την έννοια του φωτοτροπισμού και το φαινόμενο λεύκανσης.
3. Εφαρμογή (Apply)	Να εκτελέσουν το πείραμα με τις τρεις διαφορετικές συνθήκες φωτισμού και να καταγράψουν τα αποτελέσματα. Να παρατηρήσουν και να μετρήσουν μεταβολές στο ύψος, στο χρώμα και στην κατεύθυνση των βλαστών.
4. Ανάλυση (Analyze)	Να συγκρίνουν την ανάπτυξη φακής υπό φυσικό φως, σκοτάδι και UV και να εντοπίσουν τις επιδράσεις κάθε συνθήκης. Να αναλύσουν πώς η υπεριώδης ακτινοβολία επηρεάζει τη λειτουργία των φυτικών κυττάρων.
5. Αξιολόγηση (Evaluate)	Να αξιολογήσουν ποιο περιβάλλον είναι κατάλληλο ή ακατάλληλο για ανάπτυξη ζωής, βασιζόμενοι στα δεδομένα του πειράματος. Να συζητήσουν πόσο ρεαλιστική είναι η ύπαρξη φυτικής ζωής σε εξωπλανήτες με ακραία UV ακτινοβολία ή έλλειψη επαρκούς φωτισμού.
6. Δημιουργία (Create)	Να σχεδιάσουν ένα υποθετικό σενάριο ζωής σε εξωπλανήτη με υψηλή UV ακτινοβολία ή σε απόλυτο σκοτάδι, προτείνοντας πιθανές μορφές προσαρμογής.

4.10 ΒΙΟΪΧΝΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΪΧΝΗ (ΤΕΛ)

Οι μαθητές, έχοντας πλέον μελετήσει τις μεθόδους ανίχνευσης εξωπλανητών, τα όρια ζωής σε ακραία περιβάλλοντα, και την έννοια της «κατοικησιμότητας», καλούνται να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους σε ένα σενάριο προσομοίωσης διεθνούς επιστημονικής συνεδρίασης. Το ζητούμενο: Να κρίνουν αν μια σειρά από αστρονομικά δεδομένα αποτελούν πραγματικά τεκμήρια ύπαρξης εξωγήινης ζωής/τεχνολογικού πολιτισμού, αλλά και να αποφασίσουν ποια στάση πρέπει να κρατήσει η ανθρωπότητα. Το «σενάριο» έχει ως εξής: Το James Webb Space Telescope (JWST) και η ευρωπαϊκή αποστολή Ariel ανίχνευσαν φάσματα εξωπλανητών που δείχνουν συνδυασμό CH₄, O₂ και CO₂ σε ατμόσφαιρες (πιθανές ενδείξεις βιολογικής δραστηριότητας). Παράλληλα, το SETI Institute κατέγραψε ένα ραδιοσήμα με επαναλαμβανόμενο αριθμητικό μοτίβο, το οποίο δεν αποδίδεται σε γνωστή φυσική αιτία. Το Γραφείο Εξωγήινων Θεμάτων του ΟΗΕ (UN's Office for Outer Space Affairs - UNOOSA) συγκαλεί διεθνή συνεδρίαση εμπειρογνομόνων για να εξετάσει το ζήτημα. Οι μαθητές χωρίζονται σε 4 θεσμικές ομάδες, με καθορισμένο ρόλο και υλικό εργασίας:

1. NASA Astrobiology Program

Εξετάζει τα δεδομένα από τη σκοπιά της Φυσικής της ατμόσφαιρας και της Βιολογίας. Ερμηνεύει φασματικά δεδομένα από το JWST και υπολογίζει πιθανότητες παρουσίας O_2 , CH_4 , CO_2 και H_2O . Αποτιμά το σήμα ως βιοϊχνος ή όχι. Υλικά: αναπαραστάσεις φασμάτων, καμπύλες απορρόφησης, καμπύλες ισορροπίας αερίων.

2. ESA Exoplanet Science Team (Ariel Mission)

Χρησιμοποιεί παρατηρήσεις με υπέρυθρη φασματοσκοπία για να αναλύσει τη δομή ατμόσφαιρας. Προσπαθεί να διαχωρίσει φυσικά από τεχνητά αίτια (π.χ. ηφαίστεια vs βιολογική δραστηριότητα). Καταθέτει μοντέλο φυσικών διεργασιών που εξηγούν ή διαψεύδουν τις ενδείξεις.

3. SETI Institute (Search for Extraterrestrial Intelligence)

Αναλύει ραδιοσήματα με στατιστικές μεθόδους (π.χ. επαναληψιμότητα, κωδικοποίηση). Αναζητά χαρακτηριστικά τεχνοϊχνων: αρμονικές, περιοδικές παλμικές μεταβολές, επαναλήψεις. Παρουσιάζει αν το σήμα προέρχεται από μη-τυχαία πηγή.

4. UN's Office for Outer Space Affairs (UNOOSA)

Συντονίζει τους φορείς. Αναλύει τα πολιτικά, κοινωνικά και γεωπολιτικά αποτελέσματα μιας αναγγελίας ζωής. Ζυγίζει το όφελος – ρίσκο της δημοσιοποίησης. Ζητά επιστημονικά τεκμηριωμένη συναίνεση. Παρεμβαίνει με ηθικά και νομικά κριτήρια. Θέτει ερωτήματα: Πρέπει να απαντήσουμε; Υπάρχει «Δικαίωμα στη Σιωπή»;

Υλικό που λαμβάνουν όλες οι ομάδες:

- Δύο σύνολα δεδομένων εξωπλανητών με φάσματα (μπορεί να προσομοιωθούν ή να βασίζονται σε πραγματικούς εξωπλανήτες όπως TRAPPIST-1e, K2-18b).
- Ένα σήμα ραδιοσυχνοτήτων με ύποπτο μοτίβο.
- Περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά: μάζα πλανήτη, θερμοκρασία, τροχιά, πιθανή ατμόσφαιρα.

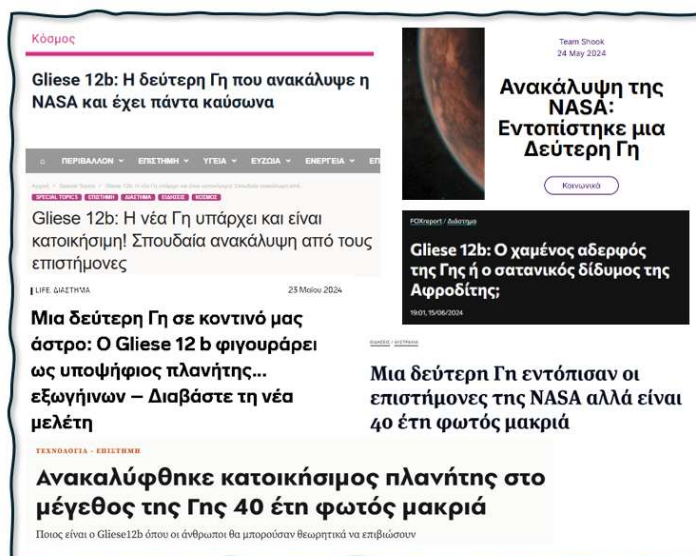
Αρχικά, κάθε ομάδα μελετά τον θεσμικό της ρόλο, το υλικό και διαμορφώνει τη θέση της. Στη συνέχεια, οι ομάδες συντάσσουν θεσμική ή τεχνική αναφορά (με σύσταση ή επιφύλαξη). Ακολουθεί η κεντρική συνδιάσκεψη, στην οποία κάθε ομάδα παρουσιάζει την εργασία της και απαντά σε ερωτήσεις των υπολοίπων. Το UNOOSA συγκαλεί την τελική συνεδρίαση και συνθέτει την παγκόσμια θέση. Στο τέλος, οι συμμετέχοντες καλούνται να ψηφίσουν: Βρέθηκε ζωή; Κι αν ναι, πώς το ανακοινώνουμε; Ολοκληρώνοντας, οι μαθητές απαντούν σε μια ατομική αναστοχαστική καταγραφή: Τι έμαθα – Τι με μπερδέψε – Τι άλλαξε στη σκέψη μου.

Σε αυτή τη δραστηριότητα επιχειρείται η γενίκευση της παιδαγωγικής διάστασης της δραστηριότητας, μέσω της ενσωμάτωσης επιστημολογικής σκέψης: Πότε κάτι είναι απόδειξη; Πώς προστατευόμαστε από ψευδώς θετικά αποτελέσματα; Ταυτόχρονα, γίνεται σύνδεση με πραγματική Φυσική: φάσματα, συνθήκες ατμόσφαιρας, ενέργεια, πηγή σήματος. Οι μαθητές παίρνουν πρωτοβουλίες, αναλύουν, παρουσιάζουν, αποφασίζουν, ενώ οι ομάδες λειτουργούν με λόγο, όρους και μεθοδολογία πραγματικών οργανισμών.

Επίπεδο Σκέψης	Διδακτικός Στόχος
1. Ανάκληση (Remember)	Να κατονομάζουν οργανισμούς, μεθόδους και έννοιες όπως βιοϊχθός και τεχνοϊχθός.
2. Κατανόηση (Understand)	Να εξηγούν τη σημασία του φάσματος, της συνθετότητας σημάτων και της φαινομενολογίας εξωπλανητών.
3. Εφαρμογή (Apply)	Να εφαρμόζουν μοντέλα Φυσικής και Βιολογίας για να ερμηνεύσουν πραγματικά δεδομένα.
4. Ανάλυση (Analyze)	Να διακρίνουν πιθανές επιστημονικές εξηγήσεις, αβεβαιότητες, ψευδώς θετικά αποτελέσματα.
5. Αξιολόγηση (Evaluate)	Να κρίνουν τη δύναμη των ενδείξεων και να αποφασίζουν για την εγκυρότητα και τη δημόσια γνωστοποίηση.
6. Δημιουργία (Create)	Να συνθέσουν επιστημονικές αναφορές, προτάσεις και να διατυπώσουν δημόσια/διεθνή στρατηγική απάντησης.

5. ΣΧΕΔΙΟ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Έχοντας περιγράψει τις επιμέρους ενότητες της εκπαιδευτικής δραστηριότητας, σε αυτό το σημείο παραθέτουμε τον τρόπο με τον οποίο αυτή υλοποιήθηκε στο σχολείο μας. Με αφορμή μια πρόσφατη ανακάλυψη που έγινε αντικείμενο ευρείας δημοσιότητας εισαγάγαμε τους μαθητές μας στον μαγευτικό κόσμο των εξωπλανητών. Τον Μάιο του 2024, υπήρξε σειρά δημοσιευμάτων, τα οποία αναφέρθηκαν στην ανακάλυψη του πλανήτη Gliese 12b, που απέχει 40 έτη φωτός από τη Γη και ο οποίος είναι «δυσνητικά κατοικήσιμος». Οι μαθητές δείχνουν μεγάλο ενδιαφέρον για το συγκεκριμένο θέμα, το οποίο ο εκπαιδευτικός μπορεί αμέσως να αντιληφθεί από την ποσότητα των αντίστοιχων ερωτήσεων και τον πλούτο περιεχομένου τους, μόλις επιχειρήσει να ανοίξει την αντίστοιχη συζήτηση. Χρησιμοποιήσαμε τη συγκεκριμένη ανακάλυψη για να ενθαρρύνουμε τους μαθητές να αναρωτηθούν αρχικά πώς οι αστρονόμοι βρίσκουν εξωπλανήτες, πώς στη συνέχεια καταφέρνουν να μελετήσουν τα χαρακτηριστικά τους και την ικανότητά τους να υποστηρίξουν ζωή και το τι είναι εν τέλει η «αναζήτηση εξωγήινης ζωής» και με τι κόπο και μέσα επιτυγχάνεται.



Η εισαγωγική δραστηριότητα ΕΙΣ – *Η ζωή σε άλλους πλανήτες στη σφαίρα του μυθικού και των θρησκειών (4/10/2024)* έπαιξε σημαντικό υποστηρικτικό ρόλο σε αυτή την κατεύθυνση. Είναι αξιοσημείωτες κάποιες ερωτήσεις και παρατηρήσεις που κατατέθηκαν από τους ίδιους τους μαθητές:

«Είναι σαν να λέμε ότι ολόκληρη η ανθρώπινη σκέψη είχε πάντα στο βάθος της την ιδέα ότι δεν είμαστε μόνοι».

«Οι θεότητες των άλλων κόσμων είχαν συχνά και ανθρώπινα χαρακτηριστικά. Μήπως αυτό δείχνει ότι οι άνθρωποι πάντα έψαχναν να βρουν τον εαυτό τους στο άγνωστο;».

«Πώς γίνεται πολιτισμοί που δεν είχαν επαφή μεταξύ τους, όπως οι Μάγια και οι Ινδοί, να φαντάστηκαν κι οι δύο πολλαπλούς κόσμους; Μήπως είναι ανθρώπινο ένστικτο να νιώθεις ότι δεν είσαι μόνος;».

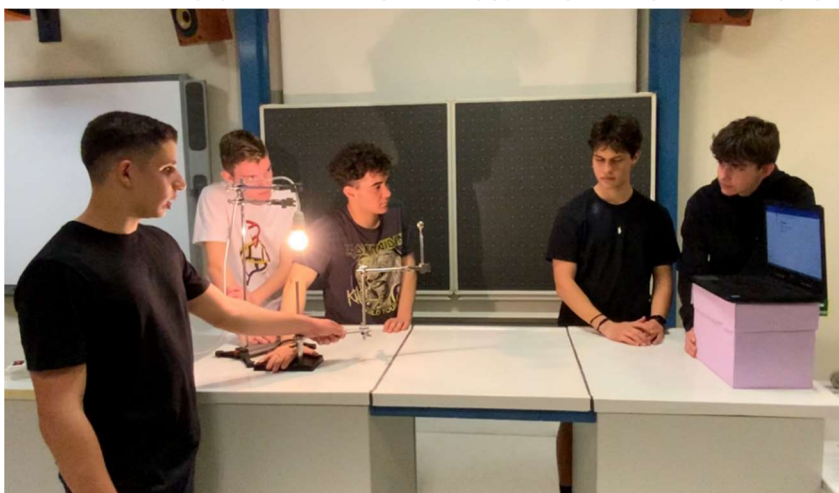
Ήταν φανερό ότι οι εκπαιδευτικοί στόχοι της δραστηριότητας είχαν επιτευχθεί – η ομάδα των 20 μαθητών του Ομίλου Αστρονομίας είχε αυξήσει κατακόρυφα το ενδιαφέρον της για το αντικείμενο και ήταν πλέον έτοιμη για το επόμενο βήμα.

Στη **δραστηριότητα ΕΞ1 – Αστρομετρία (11/10/24)** οι μαθητές ήρθαν σε επαφή με βασικές έννοιες της Φυσικής Λυκείου. Αφού μελέτησαν διεξοδικά τους νόμους πίσω από τη μέθοδο, ήρθαν σε επαφή με τα αντίστοιχα μαθηματικά. Πρόκειται για στοιχειώδη φυσική λυκείου, η οποία επιτρέπει να γίνει κατανοητό, σε αδρές γραμμές, το φαινόμενο της ταλάντωσης του άστρου λόγω της περιφοράς του πλανήτη. Στη συνέχεια κατασκεύασαν τη στοιχειώδη διάταξη της διπλανής φωτογραφίας. Το κορίτσι έθεσε σε περιστροφή το σύστημα και η κίνηση του πλανήτη παρέσερνε το άστρο να εκτελέσει μικρές ταλαντώσεις. Οι μαθητές αναρωτήθηκαν πώς τα σχετικά μεγέθη επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα. Τι θα συνέβαινε αν χρησιμοποιούσαμε μπάλα του μπάσκετ; Τι θα συνέβαινε αν ο πλανήτης ήταν πολύ μικρότερος; Πώς θα φαινόταν όλο αυτό από απόσταση εκατοντάδων μέτρων; Στο τέλος της δραστηριότητας της Αστρομετρίας, οι μαθητές είχαν εμβαθύνει σε σημαντικές φυσικές έννοιες που είναι χρήσιμες τόσο στο τυπικό μάθημα, όσο και στις επιστημονικές μεθόδους ανακάλυψης εξωπλανητών.



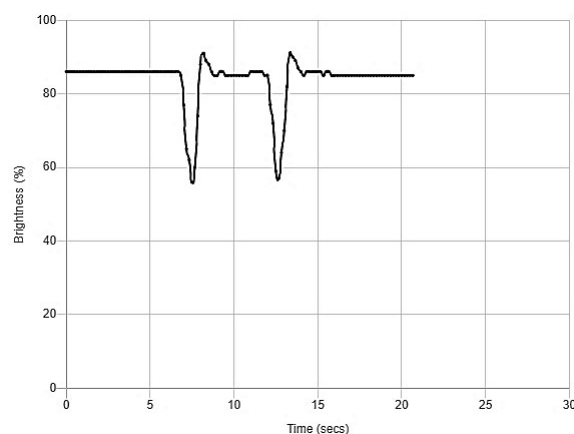
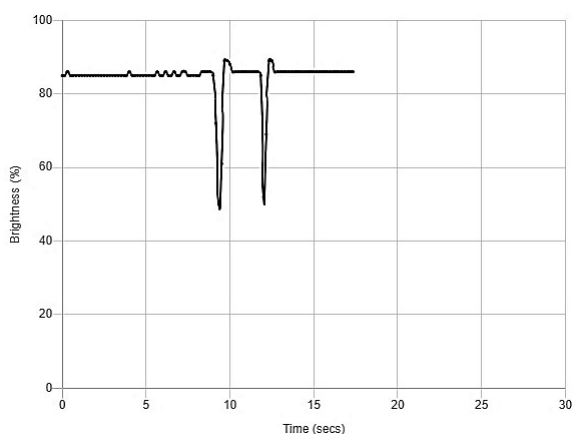
Στη **δραστηριότητα ΕΞ2 – Μέθοδος διαβάσεων (18/10/24)** οι μαθητές ασχολήθηκαν με μια από τις πλέον σημαντικές μεθόδους ανακάλυψης εξωπλανητών. Αρχικά μελέτησαν διαγράμματα μείωσης φωτεινότητας

και συσχέτισαν τα επιμέρους χαρακτηριστικά των καμπυλών με τα φυσικά δεδομένα του εξεταζόμενου συστήματος, όπως η περίοδος περιφοράς και η ακτίνα του πλανήτη. Στη συνέχεια κατασκεύασαν τη διπλανή πειραματική διάταξη για την προσομοίωση του φαινομένου στο σχολικό εργαστήριο. Μέσω της διάταξης πήραν

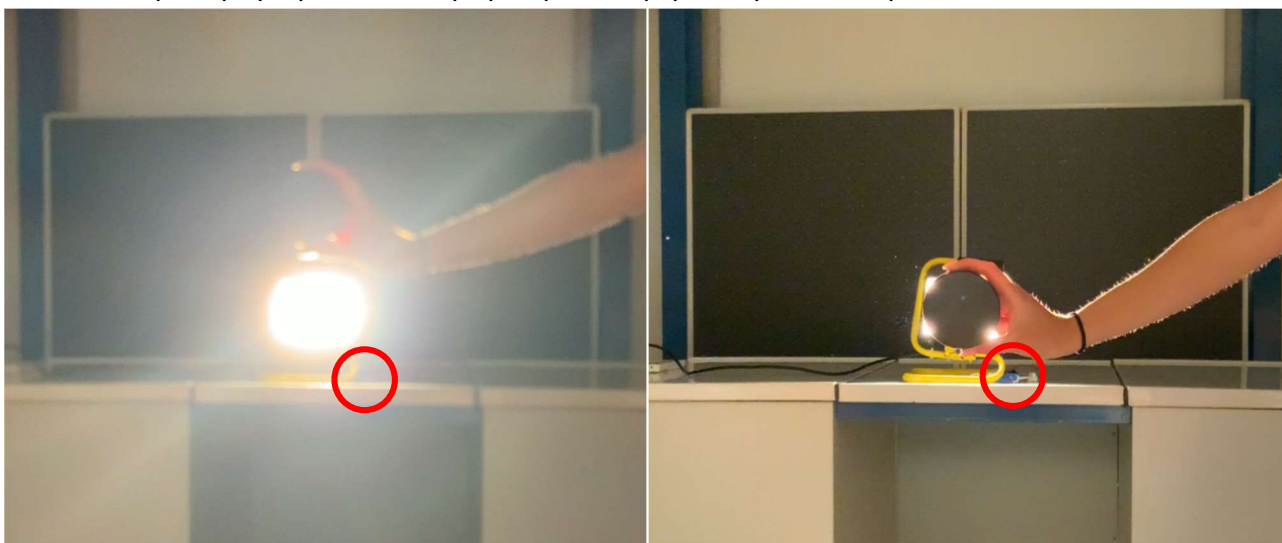


τις δικές τους καμπύλες φωτεινότητας και συσχέτισαν τις μορφές τους με την ταχύτητα περιστροφής του άξονα που συγκρατούσε τον «πλανήτη» και την απόστασή του από το άστρο – λάμπα. Τα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζουν κάποιες από τις μετρήσεις των μαθητών.

Από τη σύγκριση των δύο διαγραμμάτων μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με την περίοδο περιφοράς, τη γραμμική ταχύτητα, τη διάρκεια της διέλευσης, την ελάχιστη φωτεινότητα, το σχήμα της καμπύλης (ρυθμός μείωσης της φωτεινότητας), καθώς και στοιχεία αξιοπιστίας της προσομοίωσης, όπως η σταθερότητα της φωτεινότητας εκτός διέλευσης (δείχνει το επίπεδο φωτεινού θορύβου) και η συμμετρία των διαβάσεων (αξιολογεί την επαναληψιμότητα του πειράματος). Μελετώντας τις δύο γραφικές παραστάσεις, μπορούμε να πούμε ότι η πρώτη δείχνει έναν πλανήτη που περνά γρήγορα μπροστά από το άστρο, ενώ η δεύτερη έναν πλανήτη που περνά πιο αργά. Επίσης, στη δεύτερη περίπτωση, η περίοδος περιφοράς είναι μεγαλύτερη (διαρκεί περισσότερο το «έτος»). Η παρατηρούμενη υπέρβαση της φωτεινότητας πέρα από το αρχικό όριο είναι ένα εντυπωσιακό πειραματικό τεχνούργημα (artifact), και η συζήτηση σχετικά με την προέλευσή του μπορεί να έχει μεγάλη παιδαγωγική αξία, γιατί βοηθά τους μαθητές να ξεχωρίζουν ιδανικά θεωρητικά μοντέλα από πραγματικά δεδομένα με σφάλματα ή επιδράσεις εξοπλισμού (αντανάκλαση από τη μεταλλική σφαίρα, υστέρηση του αισθητήρα, εξωτερικό φως ή κίνηση).

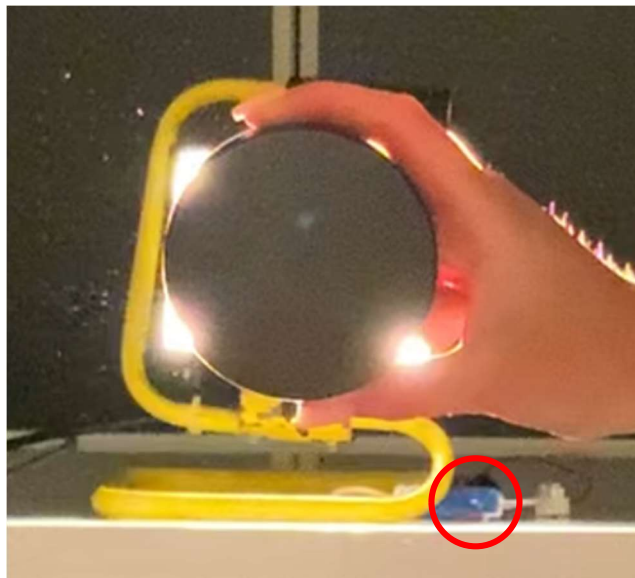


Στη δραστηριότητα ΕΞ3 - Απευθείας παρατήρηση (1/11/24) οι μαθητές ανακάλεσαν προηγούμενες γνώσεις σχετικά με τα οφέλη της απόκρυψης μιας φωτεινής πηγής από το πεδίο όρασης. Βιωματικές περιπτώσεις, όπως τα αλεξήλια οδηγού – συνοδηγού στα αυτοκίνητα και η αντανάκλαστική κίνηση της τοποθέτησης της παλάμης ανάμεσα στα μάτια και στον Ήλιο όταν θέ-



λουμε να δούμε προς την κατεύθυνσή του είχαν καταλυτική επίδραση στη σε βάθος κατανόηση του φαινομένου. Στη συνέχεια, μοντελοποιήθηκε η απευθείας παρατήρηση εξωπλανήτη. Στις

φωτογραφίες φαίνεται ο προβολέας – άστρο. Ο εξωπλανήτης – μικρό LED είχε «εξαφανιστεί» από το εκτυφλωτικό φως του άστρου. Ένα εμπόδιο που παρεμβλήθηκε ανάμεσα στον προβολέα και στον μαθητή – παρατηρητή αποκάλυψε τον εξωπλανήτη. Το αποτέλεσμα της απόκρυψης του «άστρου» ήταν πολύ εντυπωσιακό. Η λαμπρότητα του προβολέα είναι εκατοντάδες φορές μεγαλύτερη από τη λαμπρότητα του LED. Κι όμως, με κατάλληλη απόκρυψη μπορεί να επιτευχθεί απευθείας παρατήρηση. Επειδή η απόσταση προβολέα – παρατηρητή είναι αρκετά μέτρα, απαιτείται πολύ προσεκτική τοποθέτηση του εμποδίου. Ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα μηχανικό σύστημα για τη μικρορύθμιση της θέσης του εμποδίου, αποδείχτηκε πολύ διδακτικό και επιδραστικό το να προσπαθήσουν οι μαθητές να πετύχουν το επιθυμητό αποτέλεσμα με τα χέρια τους.



Στη **δραστηριότητα ΕΞ4 – Μέθοδος ακτινικής ταχύτητας (8/11/24)** οι μαθητές συσχέτισαν την εμπειρία τους από το ηχητικό φαινόμενο Doppler (μοτοσικλέτα, ασθενοφόρο) με το οπτικό φαινόμενο Doppler που εμφανίζεται κατά την περιστροφή του εξωπλανήτη γύρω από το μητρικό του άστρο. Έννοιες φυσικής λυκείου όπως γραμμικό φάσμα, ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, μήκος κύματος και συχνότητα χρησιμοποιήθηκαν εκτενώς. Όμως το πλέον εντυπωσιακό μέρος της δραστηριότητας ήταν η προσομοίωση του φαινομένου σε σχολικό περιβάλλον, με τη χρήση σφύρας («εξωπλανήτης») και ήχου κινητού τηλεφώνου («αστρική ακτινοβολία»). Στη φωτογραφία φαίνεται ο μαθητής την ώρα που περιέστρεφε τη σφύρα και είχε προσαρμόσει στο καπέλο του το κινητό τηλέφωνο, το οποίο εξέπεμπε σταθερό ήχο 1.000 Hz. Η μεταβολή του μήκους κύματος Δλ λόγω της κίνησης του μαθητή καταγράφηκε με κινητό τηλέφωνο και το ψηφιακό αρχείο φιλτραρίστηκε με στόχο να αποκοπεί ο περιβάλλον θόρυβος. Το αποτέλεσμα ήταν ένα αρχείο βίντεο στο οποίο γίνεται εμφανής η συσχέτιση του Δλ με την κίνηση του μαθητή.



Στη **δραστηριότητα ΑΚΡ1 – Μονοκύτταροι οργανισμοί σε ακραίες θερμοκρασίες (22/11/24)**, οι μαθητές ήρθαν σε επαφή με βασικές έννοιες της Φυσικής και της Βιολογίας Λυκείου, όπως θερμοκρασία, θερμότητα, μέση κινητική ενέργεια μορίων, μετουσίωση πρωτεϊνών, αλλά και με τη βιολογική έννοια του εύρους αντοχής και τους παράγοντες που επηρεάζουν τον ρυθμό αναπαραγωγής και μεταβολισμού των μονοκύτταρων οργανισμών. Το πείραμα είχε ως στόχο την κατανόηση της σχέσης ανάμεσα στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και τη βιολογική

δραστηριότητα του ζυμομύκητα *Saccharomyces cerevisiae*. Οι μαθητές συνειδητοποίησαν ότι η ζωή έχει θερμοκρασιακά όρια επιβίωσης και ότι η θερμοκρασία επηρεάζει τη δομή και λειτουργία των ενζύμων, άρα και τη συνολική δυνατότητα επιβίωσης. Το πείραμα συνδέθηκε με την Αστροβιολογία. Συζητήθηκε το ενδεχόμενο ύπαρξης ζωής σε εξωπλανήτες με ακραίες συνθήκες, αναλογιζόμενοι ότι και στη Γη υπάρχουν ακραιόφιλοι οργανισμοί, όπως ο *Pyrolobus fumarii* και ο *Colwellia psychrerythraea*. Οι μαθητές κατανόησαν την έννοια του εύρους κατοικησιμότητας, τόσο για τη μαγιά όσο και για τη ζωή γενικότερα, και προβληματίστηκαν σχετικά με το αν η ζωή μπορεί να προσαρμοστεί ή να παραμείνει ανενεργή σε παγωμένους ή υπερθερμικούς εξωπλανήτες, αναμένοντας ευνοϊκές συνθήκες. Η δραστηριότητα αυτή προσέφερε ένα παραδειγματικό πλαίσιο διαθεματικής μάθησης, συνδυάζοντας τη Φυσική με τη Μοριακή Βιολογία και την Αστροβιολογία, ενισχύοντας την κατανόηση βασικών εννοιών μέσα από βιωματική παρατήρηση και διερεύνηση.



Στη **δραστηριότητα AKP2 - Πολυκύτταροι οργανισμοί σε ακραίες θερμοκρασίες (29/11/24)**, οι μαθητές μελέτησαν την περίπτωση του *Lens culinaris*, στο πλαίσιο της διερεύνησης της ζωής σε ακραία περιβάλλοντα. Η δραστηριότητα εστίασε στη βιολογική συμπεριφορά του σπόρου της φακής σε διαφορετικές θερμοκρασιακές συνθήκες, προσομοιώνοντας καταστάσεις που θα μπορούσαν να απαντηθούν σε εξωπλανήτες.

Η σύγκριση ήταν αποκαλυπτική: Μόνο στο ένα βάζο (θερμοκρασία περιβάλλοντος) ξεκίνησε η διαδικασία της βλάστησης, αποδεικνύοντας στην πράξη ότι οι φυτικοί οργανισμοί διαθέτουν θερμοκρασιακά όρια ανάπτυξης. Το ψυχρό περιβάλλον ανέστειλε τη βλάστηση, ενώ το υπερβολικά θερμό την εμπόδισε πλήρως, προκαλώντας καταστροφή των κυττάρων. Μέσα από αυτή την απλή αλλά αποκαλυπτική παρατήρηση, οι μαθητές οδηγήθηκαν στο κρίσιμο ερώτημα: ποια είναι τα όρια θερμοκρασίας μέσα στα οποία μπορεί να επιβιώσει και να αναπτυχθεί η φυτική ζωή και άρα, υπό ποιες συνθήκες μπορεί ένας εξωπλανήτης να θεωρηθεί δυνητικά κατοικήσιμος για τέτοιους οργανισμούς; Η φακή, με την απλότητά της, έγινε γέφυρα για μια βαθύτερη κατανόηση της οικουμενικότητας αλλά και της ευθραυστότητας της ζωής στο σύμπαν.



Η **δραστηριότητα ΑΚΡ3 – Πολυκύτταροι οργανισμοί σε ακραία οξύτητα (13/12/24)** αποτέλεσε ένα πλούσιο παράδειγμα διαθεματικής προσέγγισης, φέρνοντας σε επαφή τους μαθητές με έννοιες Φυσικής, Χημείας και Βιολογίας, μέσα από ένα απλό αλλά ιδιαίτερα διδακτικό πείραμα. Η σύγκριση της ανάπτυξης σπόρων φακής σε ουδέτερο και σε πολύ όξινο περιβάλλον ανέδειξε με σαφήνεια τη χημική επίδραση του pH στη βιολογική λειτουργία, καθώς η ανάπτυξη παρατηρήθηκε μόνο στο ουδέτερο περιβάλλον. Η δραστηριότητα οδήγησε σε μια βαθύτερη συνειδητοποίηση ότι η κατοικησιμότητα δεν καθορίζεται μόνο από τη θερμοκρασία και την παρουσία νερού -δύο παραδοσιακά κριτήρια- αλλά και από το αν το χημικό περιβάλλον επιτρέπει τη σταθερή λειτουργία των βιολογικών συστημάτων. Η απουσία βλάστησης σε όξινο περιβάλλον υποδεικνύει ότι η ζωή, όπως τη γνωρίζουμε, έχει αυστηρούς χημικούς περιορισμούς. Το πείραμα ενίσχυσε στους μαθητές την έννοια της χημικής κατοικησιμότητας, συμβάλλοντας στη διαμόρφωση μιας ολιστικής κατανόησης για τους παράγοντες που καθιστούν έναν εξωπλανήτη φιλόξενο για τη ζωή.



Στη **δραστηριότητα ΑΚΡ4 – Πολυκύτταροι οργανισμοί σε ακραίο φωτισμό (10/1/25)** οι μαθητές ήρθαν σε επαφή με πολύ σημαντικές έννοιες της Φυσικής και της Βιολογίας, όπως το ηλε-

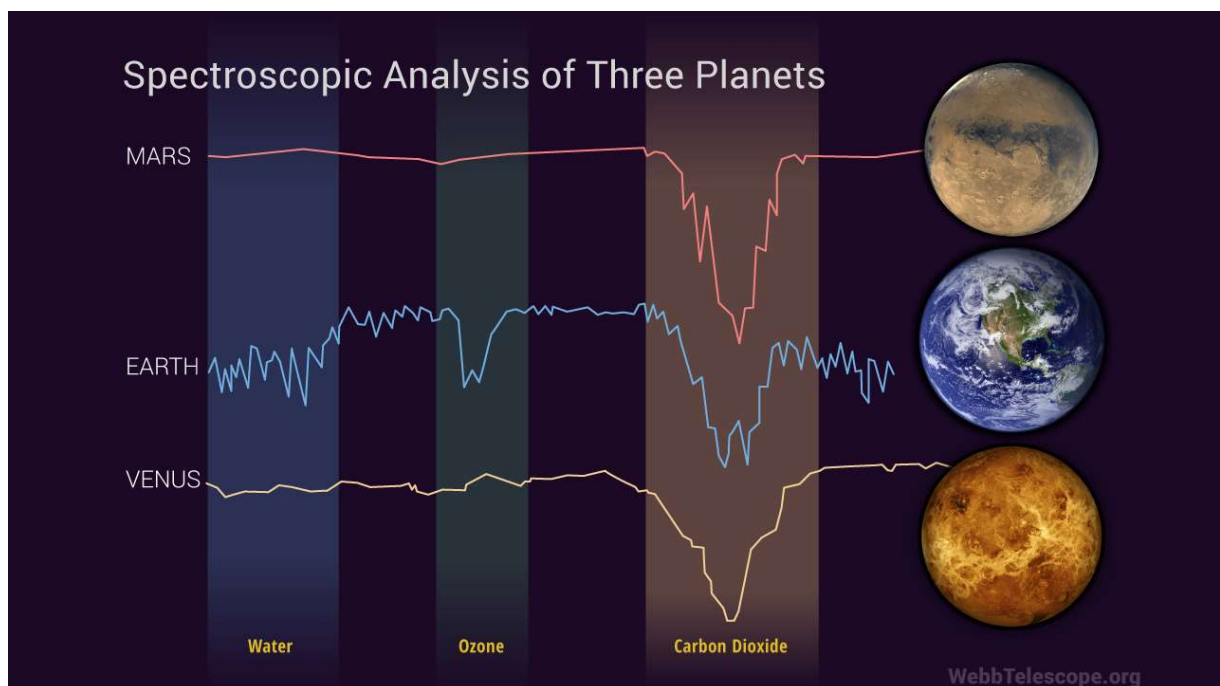


κτρομαγνητικό φάσμα (ορατό φως, υπεριώδες), η αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με την ύλη, η επίδραση του φωτός στην επιβίωση των φυτών, η φωτοσύνθεση και τα βιολογικά όρια (ευνοϊκή και καταστροφική δράση του φωτός). Στις φωτογραφίες παρουσιάζονται οι διατάξεις που κατασκεύασαν οι μαθητές. Αρχικά απεικονίζεται το αεριζόμενο κουτί στο οποίο αναπτύ-



χθηκε η φακή σε συνθήκες απόλυτου σκότους. Φαίνεται ξεκάθαρα ο έντονος φωτοτροπισμός και η απουσία χλωροφύλλης. Στη συνέχεια απεικονίζεται η διάταξη υπεριώδους ακτινοβολίας και το αποτέλεσμα, που ήταν η σχεδόν πλήρης διακοπή της ανάπτυξης του φυτού. Τα αποτελέσματα συσχετίστηκαν με τις πλανητικές συνθήκες που μπορεί να επιδράσουν στην κατοικησιμότητα ενός πλανήτη. Έγινε ξεκάθαρη η καταστροφική επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας στους οργανισμούς και η προστασία που προσφέρει η ζώνη του όζοντος. Συζητήθηκαν σενάρια για το αν θα μπορούσε να αναπτυχθεί ζωή σε πλανήτες με έντονη UV ακτινοβολία ή σε πλανήτες που βρίσκονται πολύ μακριά από το μητρικό τους άστρο (σχεδόν μηδενική λαμπρότητα).

Η **τελική δραστηριότητα ΤΕΛ – Βιοϊχνη και τεχνοϊχνη (17/1/2025)** συνόψισε και ενεργοποίησε το σύνολο της προηγούμενης μαθησιακής πορείας, οδηγώντας τους μαθητές από τη γνώση στη διεπιστημονική ανάλυση και την υπεύθυνη κρίση. Οι μαθητές ήρθαν σε επαφή με θέματα από τη Φυσική, τη Χημεία, τη Βιολογία, τα Μαθηματικά, αλλά και από τις Κοινωνικές Επιστήμες, την Ηθική και το Διεθνές Δίκαιο. Ανέλυσαν φάσματα όπως αυτά της εικόνας, σήματα και δεδομένα πολλαπλών μορφών, στάθμισαν ενδείξεις, πιθανότητες, ηθικά διλήμματα, συνέταξαν εκθέσεις, ανέπτυξαν επιχειρηματολογία, εξέτασαν τι σημαίνει «απόδειξη» και πότε ένα αποτέλεσμα μπορεί να είναι ψευδώς θετικό ή ψευδώς αρνητικό, δηλαδή αν το σήμα παραπέμπει λανθασμένα ή αποκρύπτει την αλήθεια. Υποδύθηκαν ρεαλιστικούς ρόλους (NASA, ESA, SETI, UNOOSA) με σαφές θεσμικό και επιστημονικό πλαίσιο, ήρθαν σε επαφή με τον επιστημονικό διάλογο, τον διεθνή συντονισμό, την ηθική ευθύνη, αντιλήφθηκαν ότι η αναζήτηση κατοικησιμων εξωπλανητών δεν είναι ζήτημα ενός επιστήμονα, αλλά συνεργασίας επιστημονικών και διεθνών θεσμών. Συνειδητοποίησαν τη σημασία της τεκμηρίωσης και των διασταυρωμένων ερμηνειών, συνδέοντας φυσικά φαινόμενα με κοινωνικές συνέπειες. Η ανταπόκριση των μαθητών σε όλ' αυτά ήταν εξαιρετική. Τα παιδιά συνδέθηκαν συναισθηματικά με το περιεχόμενο της δραστηριότητας και απέκτησαν αυξημένο κίνητρο για την ολοκλήρωσή της, το οποίο μας οδήγησε στο κλείσιμο της εκπαιδευτικής δράσης με τον καλύτερο τρόπο.



Εικόνα: NASA, ESA, CSA, Christine Klicka (STScI), public domain

1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΔΡΑΣΗΣ

Για την αντικειμενική αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων σχεδιάστηκαν δύο μικρά ερωτηματολόγια, τα οποία συμπληρώθηκαν από τους μαθητές πριν την έναρξη της εκπαιδευτικής δράσης και μετά τη λήξη της. Τα ερωτηματολόγια εισόδου και εξόδου ήταν όμοια, με το ερωτηματολόγιο εξόδου να περιέχει ένα επιπλέον τμήμα με ερωτήσεις που σχετίζονταν με τη συνολική εμπειρία, όπως τη βίωσαν οι συμμετέχοντες. Τα δύο ερωτηματολόγια δημιουργήθηκαν σε Google Forms και συμπληρώθηκαν διαδικτυακά σε χρόνο που επέλεξαν οι μαθητές (εκτός σχολείου). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Παράρτημα. Από την ανάλυση των απαντήσεων ανά ερώτηση, εξάγονται πολύτιμα συμπεράσματα:

A. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΟΙΝΕΣ ΣΤΑ ΔΥΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

Ερ.1: «Η αναζήτηση εξωπλανητών είναι ένα συναρπαστικό επιστημονικό πεδίο με ενδιαφέρουσες προεκτάσεις»

► Αύξηση από 80% (πριν) σε 100% (μετά) όσων απαντούν «συμφωνώ/συμφωνώ απόλυτα».

Ερ.2: «Η πιθανότητα ύπαρξης ζωής σε άλλους πλανήτες με κάνει να σκέφτομαι διαφορετικά τον κόσμο γύρω μου»

► Αύξηση από 70% (πριν) σε 100% (μετά) όσων απαντούν «συμφωνώ/συμφωνώ απόλυτα».

Ερ.3: «Μπορώ να εξηγήσω πώς λειτουργούν οι βασικές μέθοδοι ανίχνευσης εξωπλανητών»

► Αύξηση από 10% (πριν) σε 100% (μετά) όσων απαντούν «συμφωνώ/συμφωνώ απόλυτα».

Ερ.4: «Μπορώ να εξηγήσω τι είναι η "ζώνη κατοικησιμότητας" και από τι εξαρτάται»

► Αύξηση από 10% (πριν) σε 100% (μετά) όσων απαντούν «συμφωνώ/συμφωνώ απόλυτα».

Ερ.5: «Η ιδέα ότι μπορούμε να "δούμε" έναν εξωπλανήτη μου φαίνεται ασαφής»

► Αύξηση από 5% (πριν) σε 100% (μετά) όσων απαντούν «διαφωνώ/διαφωνώ απόλυτα».

Ερ.6: «Δεν θεωρώ ρεαλιστική την ανακάλυψη κατοικήσιμων εξωπλανητών στο άμεσο μέλλον»

► Αύξηση από 25% (πριν) σε 70% (μετά) όσων απαντούν «διαφωνώ/διαφωνώ απόλυτα».

B. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ

Ερ.7: «Αν μου δινόταν η ευκαιρία, θα ήθελα να συμμετάσχω ξανά σε παρόμοια επιστημονική δραστηριότητα»

► 35% «συμφωνώ» και 65% «συμφωνώ απόλυτα».

Ερ.8: «Μέσα από αυτή τη δραστηριότητα έμαθα κάτι νέο»

► 35% «συμφωνώ» και 65% «συμφωνώ απόλυτα».

Ερ.9: «Αυτή η δραστηριότητα ήταν ενδιαφέρουσα»

► 35% «συμφωνώ» και 65% «συμφωνώ απόλυτα».

Ερ.10: «Η δραστηριότητα με βοήθησε να καταλάβω πώς εξάγονται επιστημονικά συμπεράσματα»

► 45% «συμφωνώ» και 55% «συμφωνώ απόλυτα».

2. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την αναλυτική επεξεργασία των κοινών ερωτήσεων στα δύο ερωτηματολόγια (πριν και μετά την εκπαιδευτική δράση), προκύπτει με σαφήνεια ότι οι μαθητές όχι μόνο εξοικειώθηκαν με τις βασικές επιστημονικές έννοιες και τις μεθοδολογικές αρχές που σχετίζονται με την ανίχνευση εξωπλανητών, αλλά επιπλέον ανέπτυξαν μια βαθύτερη και ουσιαστικότερη κατανόηση της επιστημονικής προσέγγισης. Το γεγονός ότι εσφαλμένες αντιλήψεις – όπως η δυσκολία να φανταστεί κανείς ότι μπορούμε να «δούμε» εξωπλανήτες ή ο σκεπτικισμός για τη ρεαλιστικότητα της ανεύρεσης δυνητικά κατοικήσιμων πλανητών – ανατράπηκαν σε τόσο υψηλό ποσοστό, δείχνει πως η διδακτική παρέμβαση λειτούργησε όχι μόνο γνωσιακά, αλλά και διαμορφωτικά στη σκέψη των συμμετεχόντων. Παράλληλα, οι απαντήσεις στο ειδικό τμήμα του ερωτηματολογίου εξόδου υποδεικνύουν πως η παρέμβαση δεν περιορίστηκε στην απλή μεταβίβαση γνώσεων. Οι μαθητές βίωσαν την εμπειρία ως κάτι προσωπικά σημαντικό και εμπνευστικό. Ένωσαν ότι έμαθαν, ανέπτυξαν μεταγνωστική επίγνωση της μάθησης και διατύπωσαν αυθόρμητα θετικές κρίσεις για το ίδιο το περιεχόμενο, τη διαδικασία και τη μέθοδο εργασίας. Η ειλικρινής δήλωσή τους ότι θα ήθελαν να συμμετάσχουν ξανά σε παρόμοια δράση επιβεβαιώνει την ενεργητική εμπλοκή τους και την αξία της βιωματικής και διερευνητικής μάθησης. Το γεγονός ότι σε όλες τις ερωτήσεις παρατηρείται θετική μεταβολή στις στάσεις και στις γνωστικές δεξιότητες που σχετίζονται με το αντικείμενο δείχνει την υψηλή παιδαγωγική αξία δραστηριοτήτων που πραγματεύονται επίκαιρα και ενδιαφέροντα θέματα, που μπορούν να εξάψουν τη φαντασία.

3. ΕΠΙΠΡΟΣΘΕΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΔΡΑΣΗΣ

Πέρα από τα παραπάνω ποσοτικά στοιχεία, υπάρχουν και κάποια επιπρόσθετα που δεν μπορούν να μετρηθούν, αλλά μπορούν να αποτιμηθούν. Τα κυριότερα εξ αυτών είναι:

- Η δική μας αίσθηση για αυτό που κάναμε. Λόγω του έντονου ενδιαφέροντος από την πλευρά των μαθητών, είχαμε διαρκώς την εντύπωση ότι κάναμε κάτι σημαντικό γι' αυτούς.
- Η παρακινητική επίδραση της Αστρονομίας. Τα ίδια γνωστικά αντικείμενα, σε άλλο πλαίσιο διδασκαλίας, με βεβαιότητα δεν θα είχαν αυτά τα μαθησιακά αποτελέσματα.
- Η διεπιστημονικότητα του περιεχομένου. Η συνεργασία διαφορετικών ειδικοτήτων είχε πολλαπλασιαστικό όφελος για διδασκόμενους και διδάσκοντες.

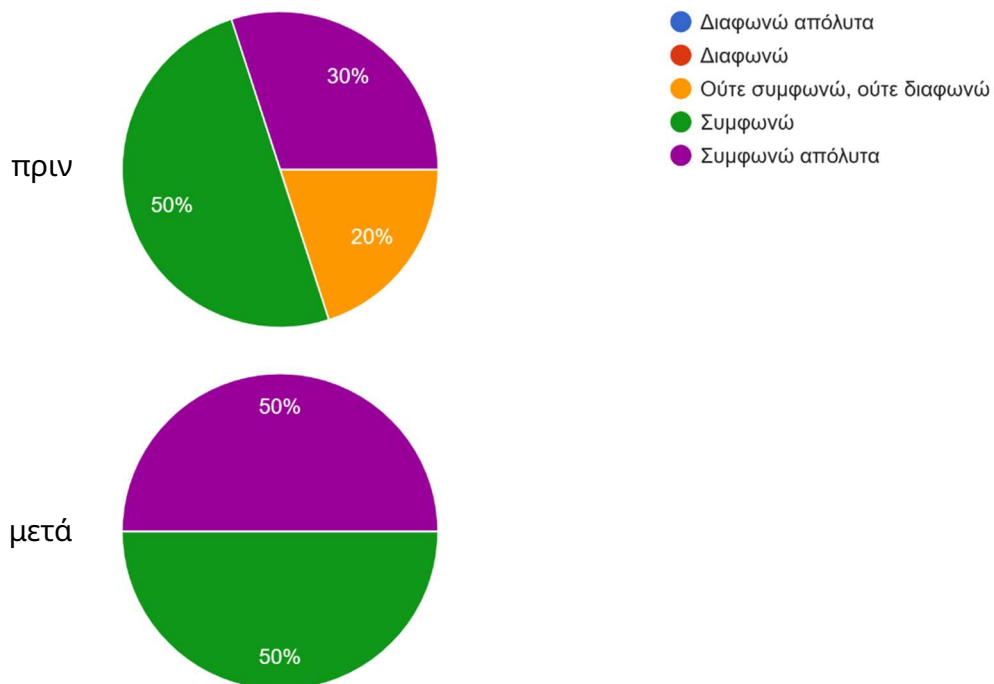
Με επίκεντρο **ένα αστρονομικό θέμα που εξάπτει το ενδιαφέρον των παιδιών** (ανακάλυψη εξωπλανήτη που «μοιάζει» με τη Γη) και μέσω μιας **διαδικασίας συνεχούς ανακάλυψης** (πείραμα – παρατήρηση – συμπέρασμα – συζήτηση), οι μαθητές και οι μαθήτριες του Ομίλου Αστρονομίας της Ελληνογερμανικής Αγωγής εκτέλεσαν μια **σειρά αστρονομικών παρατηρήσεων** με χρήση εργαστηριακών προσομοιώσεων (Αστρομετρία, μέθοδος διαβάσεων, απευθείας παρατήρηση, μέθοδος ακτινικής ταχύτητας) με τις οποίες ήρθαν σε επαφή με τη σύγχρονη διαστημική έρευνα. Τα παιδιά χρησιμοποίησαν το κινητό τους σαν μια **στοιχειώδη μετρητική συσκευή, βασισμένη στην απλούστερη δυνατή φυσική ιδέα** (φαινόμενο Doppler: η ταλάντωση του μαθητή επιφέρει μεταβολές στην καταγραφή του βίντεο). Στη συνέχεια έστησαν μια **πιο προχωρημένη τεχνολογικά διάταξη** (μοντελοποίηση διάβασης εξωπλανήτη και καταγραφή της μεταβολής της φωτεινότητας). Συσχέτισαν τις παρατηρήσεις τους με τη σχολική Φυσική και Βιολογία και ανακάλυψαν **τη λειτουργία θεμελιωδών φυσικών νόμων οι οποίοι διδάσκονται στο κύριο μέρος του σχολικού προγράμματος, αλλά ο καθοριστικός ρόλος τους στο σύμπαν δεν αποκαλύπτεται στα σχολικά εγχειρίδια** (νόμος παγκόσμιας έλξης, ομαλή κυκλική κίνηση, κέντρο μάζας, ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, φάσματα, φαινόμενο Doppler στο φως και στον ήχο, θερμότητα και θερμοκρασία, pH, αλληλεπίδραση του φωτός με την ύλη, φωτοσύνθεση, προσαρμογή, εξέλιξη) και ήρθαν αντιμέτωπα με **ψευδοεπιστημονικές θεωρίες και απόψεις**, αποκτώντας τα εφόδια για να τις αντιμετωπίζουν (η ανακάλυψη εξωπλανητών ως τεκμήριο ανακάλυψης εξωγήινων, η παρουσίαση του Gliese 12b ως τον «χαμένο δίδυμο» της Γης). Παράλληλα, ανέπτυξαν **τεχνική και κατασκευαστική επινοητικότητα** (ως ανεξάρτητη ικανότητα και όχι ως αποτέλεσμα θεωρητικής γνώσης) στην προσπάθειά τους να καθαρίσουν τον θόρυβο από το αρχείο καταγραφής και να αναδειχτεί το φαινόμενο Doppler στη μέθοδο της ακτινικής ταχύτητας, καθώς επίσης κατά την κατασκευή της διάταξης ακτινοβολήσης της φακής με υπεριώδη ακτινοβολία. Η έκθεση μονοκύτταρων και πολυκύτταρων οργανισμών όπως η μαγιά και η φακή σε ακραία περιβάλλοντα ανέδειξε τη σημασία του πειραματισμού ως μεθοδολογικού εργαλείου για την **εξαγωγή απλών και διαυγών εξηγήσεων**, κατανοητών σε επίπεδο Φυσικής και Βιολογίας Λυκείου. Η εισαγωγική και η τελική δραστηριότητα ανέδειξαν την κριτική σκέψη ως **απαραίτητο διανοητικό εξοπλισμό για τον αυριανό πολίτη** (διάκριση μύθου και επιστήμης, ανάλυση ψευδώς θετικών και ψευδώς αρνητικών αποτελεσμάτων, συσχέτιση της επιστήμης με την τεχνολογία και την κοινωνία, καλλιέργεια πνεύματος συνεργασίας, ανάπτυξη υπεύθυνης στάσης του επιστήμονα απέναντι στην ανθρωπότητα).

Η εκπαιδευτική δράση που σας παρουσιάσαμε, αποτελεί μια πρόταση που μπορεί να λειτουργήσει ως πρότυπο και να αναπαραχθεί με επιτυχία σε πολλά σχολικά περιβάλλοντα. Είναι μια βιωματική εμπειρία, όπου οι μαθητές δεν μαθαίνουν για την επιστήμη, αλλά μαθαίνουν μέσα από αυτήν, όπως ακριβώς συμβαίνει στην αυθεντική επιστημονική πρακτική. Αποτελεί, επομένως, μια υποψηφιότητα που ενσωματώνει όλα εκείνα που επιδιώκει να αναδείξει ο διαγωνισμός «Εύρηκα – Εύρηκα». Με βάση τα παραπάνω, λαμβάνουμε την τιμή να υποβάλουμε την εκπαιδευτική δράση «*Ποιος ξέρει στ' άλλα τ' άστρα*» στην κρίση σας.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΩΝ

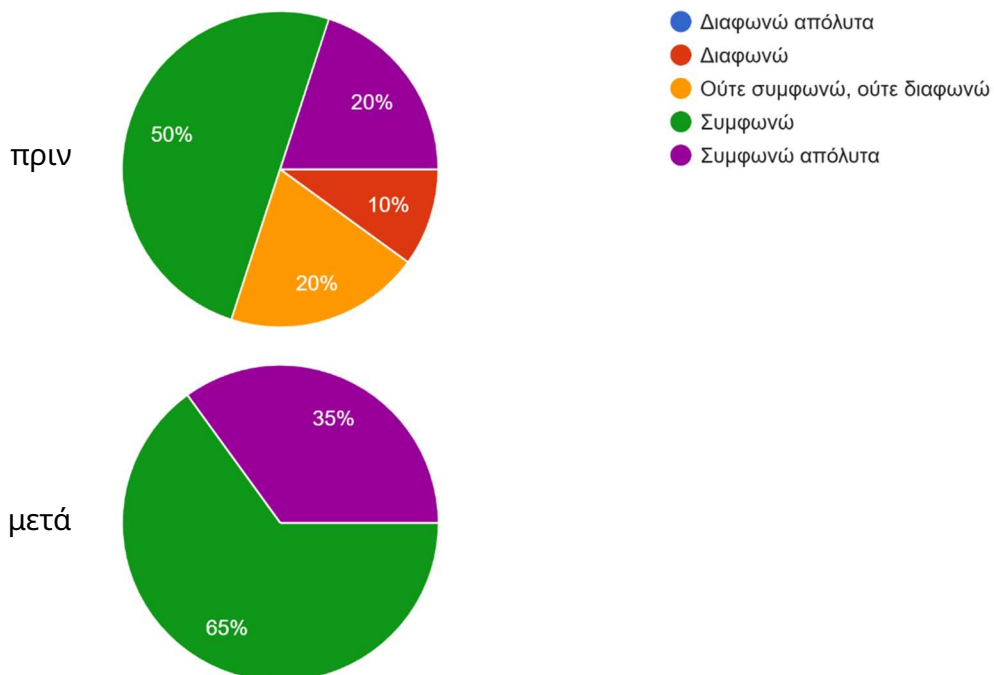
Η αναζήτηση εξωπλανητών είναι ένα συναρπαστικό επιστημονικό πεδίο με ενδιαφέρουσες προεκτάσεις:

20 απαντήσεις



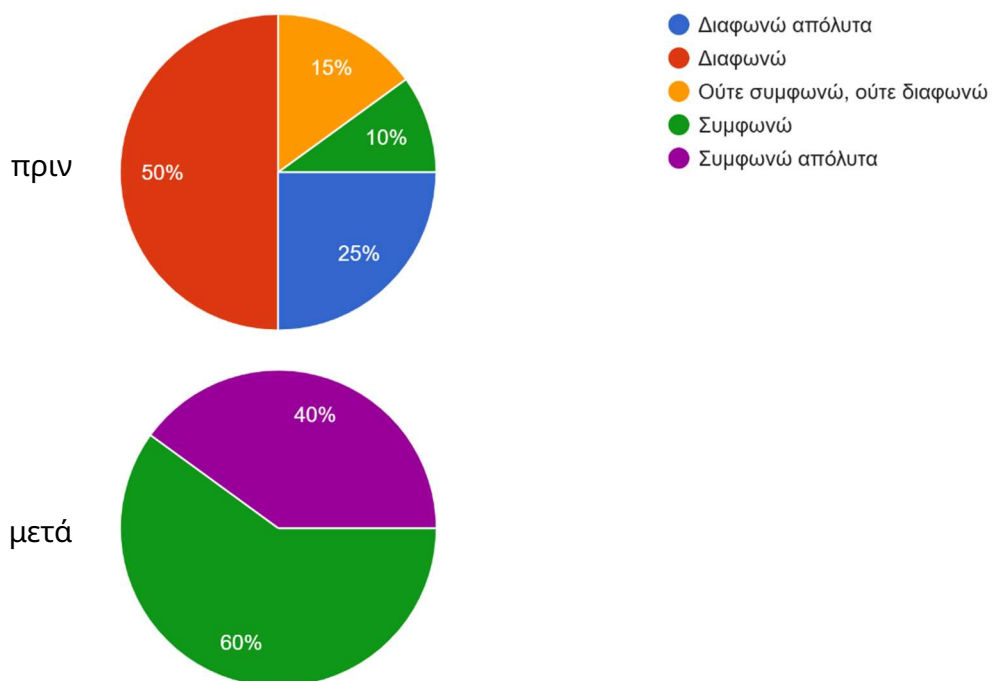
Η πιθανότητα ύπαρξης ζωής σε άλλους πλανήτες με κάνει να σκέφτομαι διαφορετικά τον κόσμο γύρω μου:

20 απαντήσεις



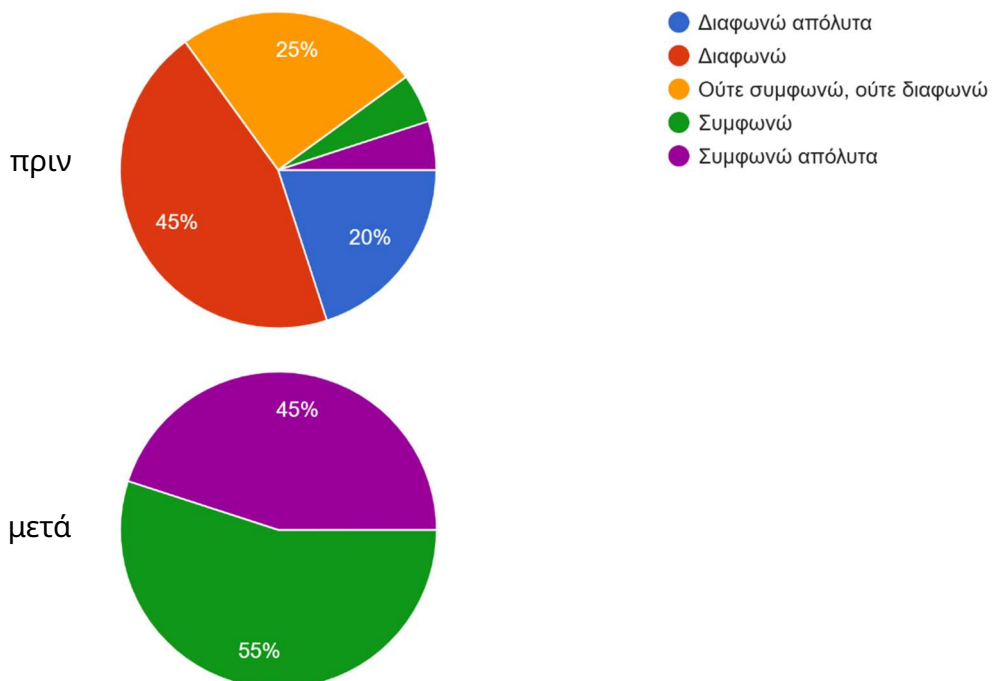
Μπορώ να εξηγήσω πώς λειτουργούν οι βασικές μέθοδοι ανίχνευσης εξωπλανητών:

20 απαντήσεις



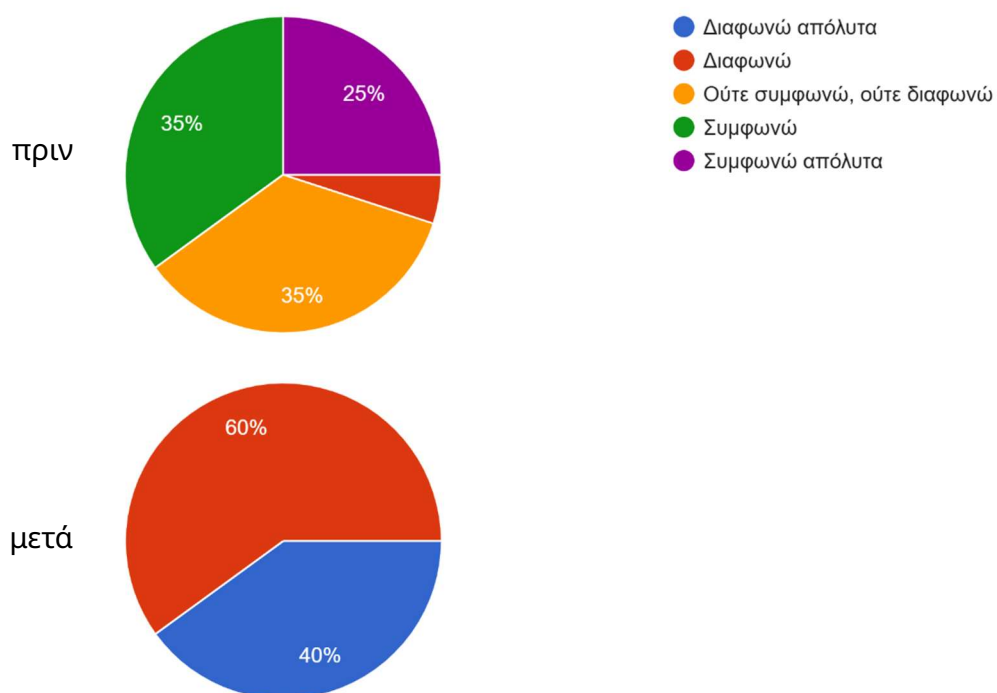
Μπορώ να εξηγήσω τι είναι η "ζώνη κατοικησιμότητας" και από τι εξαρτάται:

20 απαντήσεις



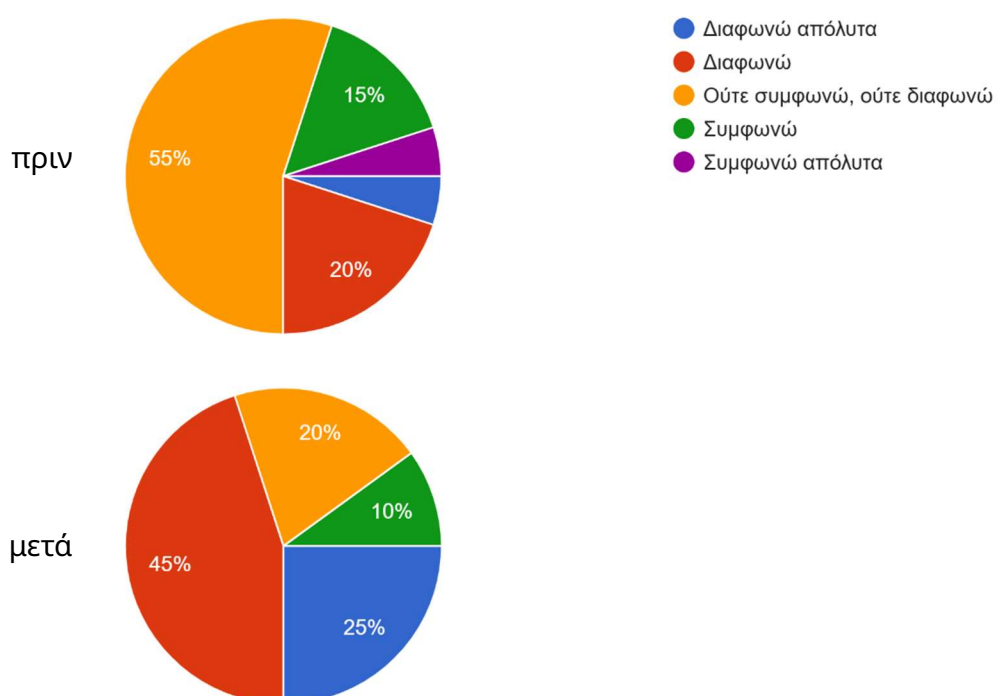
Η ιδέα ότι μπορούμε να "δούμε" έναν εξωπλανήτη μου φαίνεται ασαφής:

20 απαντήσεις



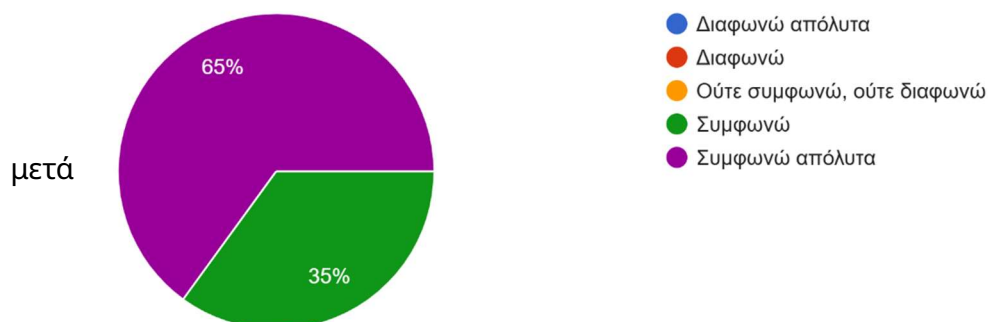
Δεν θεωρώ ρεαλιστική την ανακάλυψη κατοικήσιμων εξωπλανητών στο άμεσο μέλλον:

20 απαντήσεις



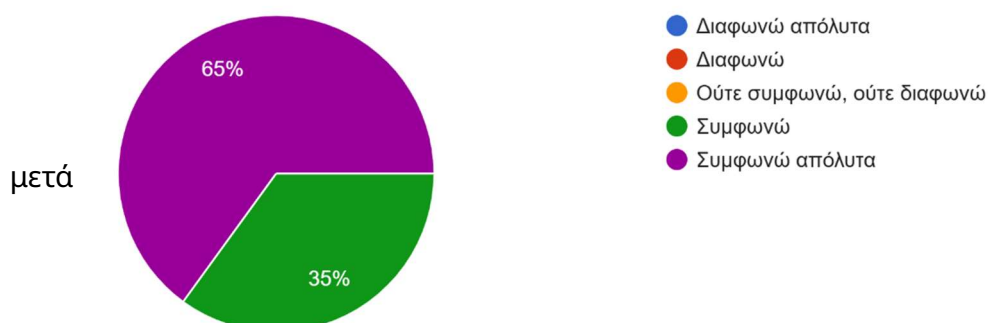
Αν μου δινόταν η ευκαιρία, θα ήθελα να συμμετάσχω ξανά σε παρόμοια επιστημονική δραστηριότητα:

20 απαντήσεις



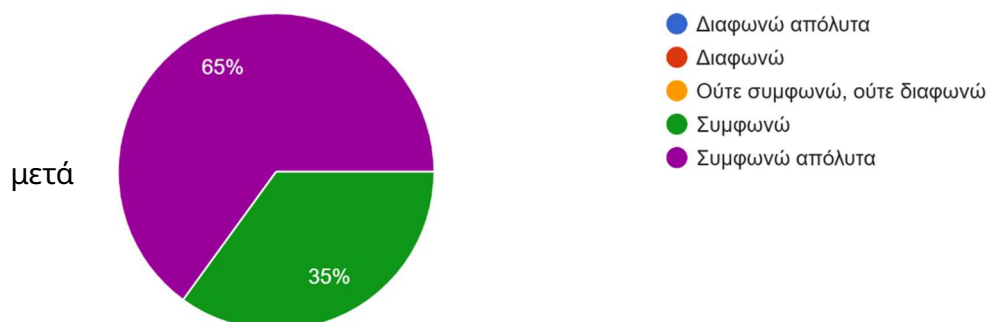
Μέσα από αυτή τη δραστηριότητα έμαθα κάτι νέο:

20 απαντήσεις



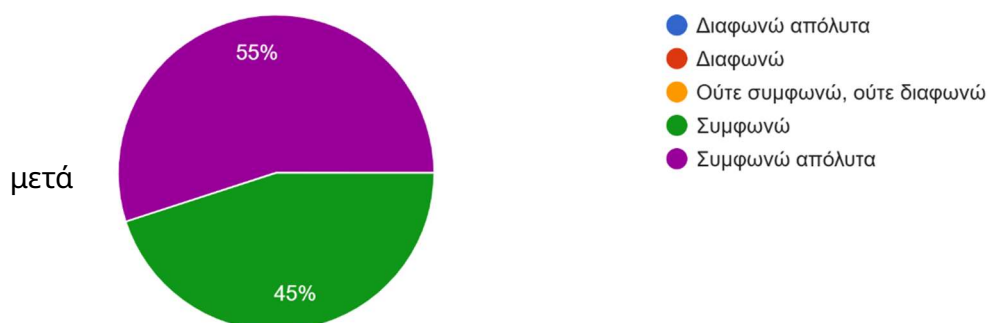
Αυτή η δραστηριότητα ήταν ενδιαφέρουσα:

20 απαντήσεις



Η δραστηριότητα με βοήθησε να καταλάβω πώς εξάγονται επιστημονικά συμπεράσματα:

20 απαντήσεις



Η Μυρτώ κάθεται στο πέτρινο πεζούλι, μα πια δεν είναι μόνη. Γύρω της κάθονται κι άλλα παιδιά. Παιδιά που έμαθαν να κοιτάζουν εκεί που πριν δεν έβλεπαν, να αναρωτιούνται εκεί που άλλοτε βιαστικά αποδέχονταν. Η Μυρτώ σηκώνει το βλέμμα και ρωτά: «Κύριε, λέτε να μην είμαστε μόνοι μας στο Σύμπαν;». Ο Δάσκαλος δεν απαντά αμέσως. Της χαμογελά και της δίνει πίσω το βιβλίο της: «Μυρτώ μου, η απάντηση σ' αυτό που ρώτησες είναι σίγουρα σοκαριστική –όποια κι αν είναι».

Και το κουδούνι χτυπά. Όχι σαν τέλος, μα σαν αρχή.

