

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ/ΤΡΙΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ ΑΠΕΝΑΝΤΙ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΜΠΛΟΚΗ ΤΟΥΣ ΣΕ STEM IB-mLabs ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Μανόλης Κουσλόγλου¹, Βασίλειος Γκάγκας²,
Ελένη Πετρίδου³, Αναστάσιος Μολοχίδης⁴, Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης⁵

¹Διδάκτωρ, Φυσικός, Διεύθυνση Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Καβάλας,

²Υποψήφιος Διδάκτωρ, Φυσικός, ³ΕΔΙΠ, ⁴Αναπληρωτής Καθηγητής, ⁵Καθηγητής,

Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,

Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

tasosmol@physics.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία εξετάζονται οι στάσεις των μαθητών/τριών απέναντι στην επιστήμη, μετά τη συμμετοχή τους σε διερευνητικά εργαστήρια φυσικής με στοιχεία STEM υποστηριζόμενα από φορητές ψηφιακές συσκευές (STEM IB-mLabs). Ο στόχος της έρευνας ήταν να διερευνήσει πώς η συμμετοχή των μαθητών σε αυτά τα εργαστήρια, που διαθέτουν καινοτόμα χαρακτηριστικά, επηρεάζει την υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων. Συγκρίνονται οι στάσεις μαθητών/τριών που συμμετείχαν στα διερευνητικά εργαστήρια (ομάδα πειραματισμού, ΟΠ) με εκείνες μαθητών/τριών που παρακολούθησαν παραδοσιακά εργαστηριακά μαθήματα φυσικής (ομάδα ελέγχου, ΟΕ). Δεδομένα συλλέχθηκαν με τη χρήση ερωτηματολογίου (TOSRA) και ημιδομημένων συνεντεύξεων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές/τριες που συμμετείχαν στα διερευνητικά εργαστήρια (ΟΠ) εμφάνισαν αυξημένο ενδιαφέρον και θετικότερες στάσεις απέναντι στην επιστήμη σε σύγκριση με τους μαθητές/τριες της παραδοσιακής τάξης (ΟΕ). Οι μαθητές/τριες της ΟΠ δήλωσαν ότι προτιμούν περισσότερο να ανακαλύπτουν και να λύνουν προβλήματα μέσω πειραμάτων παρά να δέχονται πληροφορίες από άλλους. Τα ευρήματα της έρευνας υποδεικνύουν ότι η συμμετοχή μαθητών/τριών σε δραστηριότητες STEM IB-mLabs προάγει τις θετικές τους στάσεις απέναντι στην επιστήμη και μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών. Τα ευρήματα της έρευνας αναδεικνύουν ότι τα διερευνητικά εργαστήρια STEM IB-mLabs μπορούν να συμβάλλουν αποτελεσματικά στην προώθηση θετικών στάσεων απέναντι στην επιστήμη καθώς και να ενισχύσουν την επιστημονική παιδεία στους μαθητές/τριες.

Λέξεις κλειδιά: διερευνητική μάθηση, στάσεις απέναντι στην επιστήμη, STEM IB-mLabs, ερωτηματολόγιο TOSRA, φορητές ψηφιακές συσκευές

Αναφορά: Κουσιλόγλου, Μ., Γκάγκας, Β., Πετρίδου, Ε., Μολοχίδης, Α., & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2025). Διερεύνηση των Στάσεων των Μαθητών/τριων Γυμνασίου απέναντι στην Επιστήμη μετά την Εμπλοκή τους σε STEM IB-mLabs Εργαστήρια Φυσικής, στο Κώτσης Κ.Θ. & Στύλος Γ., (Επιμέλεια), Πείραμα και Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, Επετειακός Τόμος για τα 40 χρόνια του ΠΤΔΕ Ιωαννίνων, Εργαστήριο Εκπαίδευσης και Διδασκαλίας της Φυσικής, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. ISBN: 978-618-82063-5-9

INVESTIGATION OF HIGH SCHOOL STUDENTS' ATTITUDES TOWARD SCIENCE AFTER THEIR ENGAGEMENT IN STEM IB-mLabs PHYSICS LABORATORIES

Manolis Kousloglou¹, Vasilios Gkagkas²,

Eleni Petridou³, Anastasios Molohidis⁴, Euripides Hatzikraniotis⁵

¹Dr. Science Teacher, Directorate of Secondary Education of Kavala,

²PhD Candidate, Science Teacher, ³Laboratory Teaching Staff,

⁴Associate Professor, ⁵Professor

Laboratory of Didactics of Physics & Educational Technology,

School of Physics, Aristotle University of Thessaloniki

tasosmol@physics.auth.gr

ABSTRACT

This research investigates students' attitudes toward science after their involvement in Inquiry-Based Learning physics-oriented labs with STEM components supported by portable digital devices (STEM IB-mLabs). The current study aimed to investigate how students' perceptions and adoption of scientific attitudes are influenced by their participation in these innovative laboratories. The study compared the attitudes of students who participated in investigative laboratories (experimental group) with those of students who attended traditional laboratory physics classes (control group). The research was conducted using the TOSRA questionnaire and semi-structured interviews. The results demonstrated that students who participated in the inquiry-based laboratories (experimental group) exhibited increased interest and more positive attitudes toward science than students in traditional classes (control group). The students from the experimental group said they prefer discovering and solving problems through experiments rather than receiving information from others. The research findings suggest that participation in STEM IB-mLabs activities promotes positive attitudes toward science and can contribute to improving science education. The research highlights that investigative STEM IB-mLabs can effectively promote positive attitudes toward science and enhance scientific literacy among students.

Keywords: *inquiry-based learning, attitudes toward Science, STEM IB-mLabs, TOSRA questionnaire, portable digital devices*

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Ο όρος "στάσεις" αναφέρεται στο σύνολο των κλίσεων, συναισθημάτων, προκαταλήψεων, προϋπαρχουσών αντιλήψεων, ιδεών, φόβων, απειλών, κινδύνων και πεποιθήσεων ενός ατόμου για οποιοδήποτε συγκεκριμένο θέμα (Welch, 2010). Σε σχέση με την επιστήμη, αυτός ο όρος περιλαμβάνει μια ευρεία ποικιλία συναισθηματικών αντιδράσεων, όπως "προτιμώ", "αποδέχομαι", "εκτιμώ" και "δεσμεύομαι". Στις περισσότερες μελέτες, ο όρος "στάσεις" χρησιμοποιείται για να αναφερθεί στις έμφυτες αξίες ή στα ενδιαφέροντα των μαθητών/τριών για την επιστήμη (Kingir et al., 2013). Στην ουσία, οι στάσεις απέναντι στην επιστήμη περιλαμβάνουν συναισθήματα, απόψεις και πεποιθήσεις που έχουν διαμορφώσει τα άτομα ως αποτέλεσμα της άμεσης ή έμμεσης αλληλεπίδρασης με διάφορες πτυχές της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών. Επιπλέον, καλύπτουν συναισθηματικές αντιδράσεις που εκδηλώνονται απέναντι στην επιστήμη (Sugrah et al., 2023). Ορισμένοι ερευνητές θεωρούν τις στάσεις απέναντι στην επιστήμη ως προσκόλληση στη γνώση της επιστημονικής μεθόδου ή ως νοητικές διαδικασίες ενός επιστήμονα, που περιλαμβάνουν τη διαδικασία επίλυσης προβλημάτων, την αξιολόγηση ιδεών και πληροφοριών και τη λήψη αποφάσεων (Gauld, 1982· Munby, 1983). Ο Klopfer (1971) ανέπτυξε μια δομή στάσεων απέναντι στην επιστήμη η οποία τοποθετείται στον συναισθηματικό τομέα και περιλαμβάνει έξι κατηγορίες: (α) στάσεις προς την επιστήμη και τους επιστήμονες, (β) αποδοχή της επιστημονικής έρευνας ως τρόπο σκέψης, (γ) υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων, (δ) απόλαυση των εμπειριών εκμάθησης της επιστήμης, (ε) ενδιαφέρον για δραστηριότητες που σχετίζονται με την επιστήμη, και (στ) ενδιαφέρον για μια καριέρα σχετική με την επιστήμη (Gkagkas & Hatzikraniotis, 2023). Οι στάσεις περιλαμβάνουν το συναισθηματικό στοιχείο, που αφορά το πώς αισθάνεται κανείς για την επιστήμη, προκαλώντας θετικές ή αρνητικές αντιδράσεις. Όταν οι μαθητές/τριες βλέπουν την επιστήμη με θετικό μάτι, είναι πιο πιθανό να συμμετέχουν ενεργά σε σχετικές δραστηριότητες. Οι στάσεις επίσης περιέχουν το γνωστικό στοιχείο, που περιλαμβάνει τις πεποιθήσεις και τις γνώσεις του ατόμου για την επιστήμη, και το στοιχείο της συμπεριφοράς, που αφορά τις πράξεις του ατόμου απέναντι στην επιστήμη (Gall et al., 2003· Karpudewan & Meng, 2017· Salta & Tzougraki, 2004).

Η σημασία των στάσεων που αναπτύσσουν οι μαθητές/τριες για την επιστήμη είναι εμφανής, καθώς πολλές έρευνες δείχνουν ότι αυτές οι στάσεις επηρεάζουν την επίτευξη στόχων, την επιτυχία και τις υψηλές βαθμολογίες (Freedman, 1997· Gungor et al., 2007· Karpudewan & Meng, 2017· Napier & Riley, 1985· Papanastasiou & Zembylas, 2002· Welch, 2010). Η ανάπτυξη της κριτικής σκέψης και η διαμόρφωση θετικών στάσεων απέναντι στην επιστήμη θεωρούνται πολύ σημαντικά στοιχεία που θα έπρεπε

να προωθούνται στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στον 21ο αιώνα (Hastuti et al., 2018).

Ο σκοπός της παρούσης έρευνας είναι να διερευνήσει τις στάσεις των μαθητών/τριών απέναντι στην επιστήμη μετά από τη συμμετοχή τους σε διερευνητικά εργαστήρια φυσικής με στοιχεία STEM, υποστηριζόμενα από φορητές ψηφιακές συσκευές (STEM IB-mLabs). Συγκεκριμένα, η έρευνα επικεντρώνεται στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η ενεργός συμμετοχή των μαθητών/τριών σε αυτά τα εργαστήρια επηρεάζει τις αντιλήψεις τους για την επιστήμη και την υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων.

Η έρευνα μέσω της ανάλυσης των ευρημάτων της επιδιώκει να διερευνήσει εάν οι μαθητές και οι μαθήτριες που συμμετέχουν σε αυτά τα εργαστήρια με καινοτόμα χαρακτηριστικά, στα οποία έχει συντεθεί η τεχνολογία και η επιστημονική διερεύνηση, εμφανίζουν αυξημένο ενδιαφέρον και θετικότερες στάσεις προς την επιστήμη σε σύγκριση με τους μαθητές/τριες που παρακολουθούν παραδοσιακά εργαστηριακά μαθήματα φυσικής, μη συμμετέχοντας σε διερευνητικές δραστηριότητες. Μέσω του ερωτηματολογίου TOSRA και ημιδομημένων συνεντεύξεων, συλλέγονται δεδομένα που αποσκοπούν στο να αποκαλύψουν τις απόψεις και τα συναισθήματα των μαθητών/τριών σχετικά με την επιστημονική έρευνα και την εμπλοκή τους σε αυτήν.

Ο απώτερος στόχος της έρευνας είναι να παρέχει τεκμηριωμένες προτάσεις για τη βελτίωση της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών, προτείνοντας μεθόδους που ενισχύουν την ενεργή συμμετοχή και την κριτική σκέψη των μαθητών. Τα ευρήματα αναμένεται να συμβάλλουν στην ανάπτυξη νέων εκπαιδευτικών προγραμμάτων τα οποία θα ενθαρρύνουν θετικότερες στάσεις απέναντι στην επιστήμη και κατ' επέκταση θα προσανατολίσουν μεγαλύτερο μαθητικό κοινό στην εμπλοκή του με τις φυσικές επιστήμες.

Τα ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας ήταν:

- α) Ποιες είναι οι στάσεις των μαθητών/τριών που συμμετείχαν στον εκπαιδευτικό όμιλο απέναντι στην επιστημονική έρευνα και σε ποιον βαθμό υιοθετούν επιστημονικές στάσεις;
- β) Ποιες είναι οι διαφορές στις στάσεις των μαθητών/τριών που συμμετείχαν στις διερευνητικές δραστηριότητες (ομάδα πειραματισμού) απέναντι στην επιστημονική έρευνα και στην υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων, σε σχέση με μαθητές/τριες ίδιας τάξης που δεν συμμετείχαν στις διερευνητικές δραστηριότητες (ομάδα ελέγχου);

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

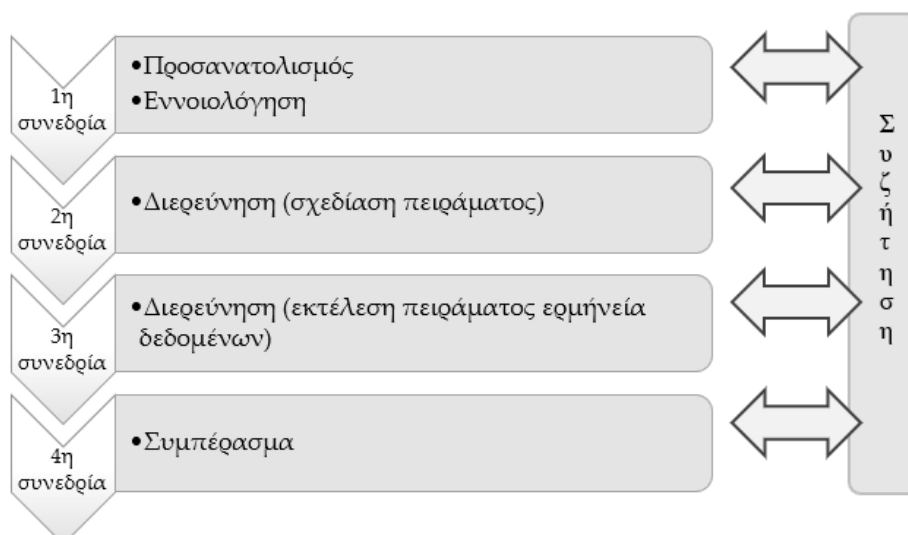
Πλαίσιο και Δείγμα της Έρευνας

Η έρευνα συντελέστηκε τη σχολική χρονιά 2022 - 23, σε μαθητές και μαθήτριες που συμμετείχαν στον Εκπαιδευτικό Όμιλο του 3ου Γυμνασίου Καβάλας, που απαρτιζόνταν από 11 κορίτσια και 2 αγόρια της Γ' Γυμνασίου (ομάδα πειραματισμού / experimental group). Οι βαθμοί των μαθητών/τριών στο μάθημα της Φυσικής στο Α' τετράμηνο εκείνης της σχολικής χρονιάς, κάλυπταν όλο το φάσμα (βαθμοί 10 – 20).

Επίσης, στην έρευνα συμμετείχαν και 78 μαθητές/τριες της Γ' Γυμνασίου του ίδιου σχολείου (ομάδα ελέγχου / control group) στους οποίους διανεμήθηκε το ίδιο ερωτηματολόγιο στάσεων προκειμένου να γίνει σύγκριση των στάσεων των μαθητών/τριών μεταξύ των δύο ομάδων. Η ομάδα ελέγχου, κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους, όσο και στα προηγούμενα έτη, είχε συμμετάσχει σε πειραματικές ασκήσεις Φυσικής, χωρίς όμως να έχει εντυφώσει στην διερεύνηση

Σχεδίαση εργαστηριακών δραστηριοτήτων

Αναπτύχθηκαν και εφαρμόστηκαν εργαστηριακές δραστηριότητες διερευνητικής φύσης, στο επιστημονικό πεδίο της φυσικής, με στοιχεία STEM, οι οποίες υποστηρίζονταν από φορητές ψηφιακές συσκευές (STEM IB-mLabs). Οι δραστηριότητες αφορούσαν τέσσερις θεματικές ενότητες της Φυσικής (Νόμος του Hooke, Κατακόρυφη ταλάντωση μάζας-ελατηρίου, Απλό εκκρεμές, και Τριβή) και κάθε ενότητα ακολουθούσε τη διερευνητική δομή, σύμφωνα με τις φάσεις που περιγράφονται από τους Pedaste et al. (2015) (Αφόρμηση, Ερώτηση, Διατύπωση Υποθέσεων, Σχεδίαση & Εκτέλεση Πειράματος, Ανάλυση, Αξιολόγηση, Γενίκευση, Επικοινωνία, Αναστοχασμός) (Διάγραμμα 1).



Διάγραμμα 1. Δομή κάθε εργαστηριακής παρέμβασης (θεματική ενότητα), κατά Pedaste et al. (2015)

Η κάθε θεματική ενότητα ολοκληρώνονταν σε τέσσερις συνεδρίες και η διάρκεια της κάθε συνεδρίας ήταν δύο διδακτικές ώρες, σε σύνολο 36 διδακτικών ωρών, σε διάστημα 4 μηνών. Οι συναντήσεις του εκπαιδευτικού ομίλου φυσικής πραγματοποιούνταν εβδομαδιαία, με χρονική διάρκεια δύο διδακτικών ωρών μετά το πέρας του σχολικού ωραρίου. Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 1, η πρώτη συνεδρία κάθε ενότητας αντιστοιχεί στις φάσεις του προσανατολισμού και της εννοιολόγησης, οι επόμενες δύο συνεδρίες στη φάση της έρευνας και η τελική συνεδρία στη φάση των συμπερασμάτων. Η φάση της συζήτησης λάμβανε χώρα καθ' όλη τη διάρκεια κάθε θεματικής ενότητας.

Με έναυσμα μια νοηματοδοτούμενη ιστορία, οι μαθητές/τριες που συμμετείχαν στις διερευνητικές δραστηριότητες, έθεταν διερευνήσιμα ερωτήματα, διατύπωναν προβλέψεις, σχεδίαζαν και εκτελούσαν πειράματα, ανέλυναν τα δεδομένα του πειραματισμού τους, και κατέληγαν σε συμπεράσματα. Όλες οι διερευνητικές διαδικασίες εμπεριέχαν συνεργασία και διάλογο μεταξύ των μαθητών/τριών και γίνονταν σε ένα γενικότερο εκπαιδευτικό πλαίσιο αναστοχασμού.

Ένα παράδειγμα μιας νοηματοδοτούμενης ιστορίας στη φάση του Προσανατολισμού για την θεματική ενότητα της «Κατακόρυφη ταλάντωση μάζας-ελατηρίου» ήταν η εξής:

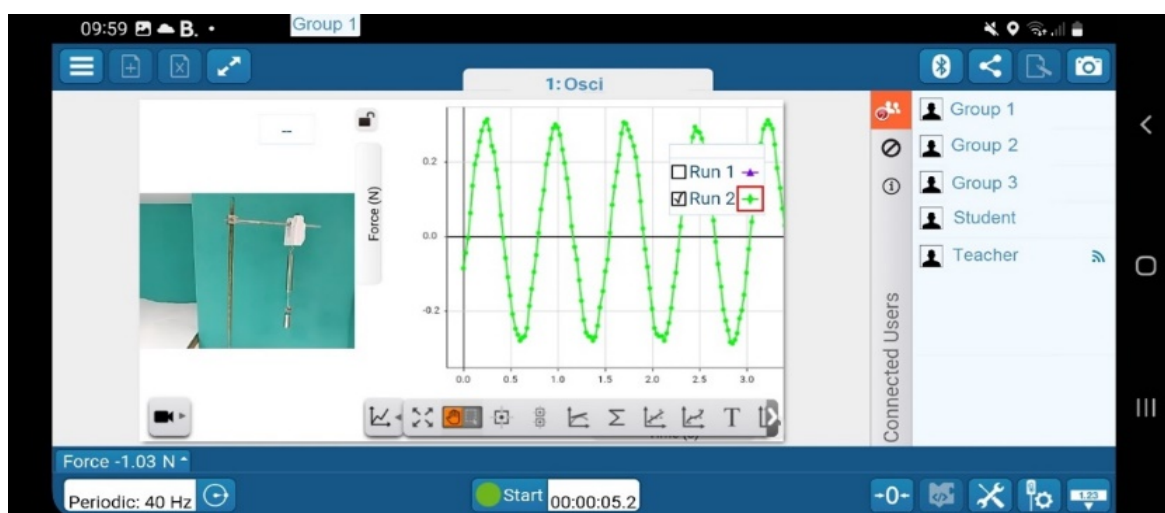
«Ο Γιάννης δεν έχει αποφασίσει αν του αρέσει ένα ποδήλατο βουνού ή ένα ποδήλατο πόλης, με τη διαφορά μεταξύ των δύο να είναι η ακαμψία του ελατηρίου της ανάρτησης. Ο Γιάννης αναγνώρισε την «ακαμψία» ενός ελατηρίου από τότε που διδάχτηκε το Νόμο του Hooke στο σχολείο. Ωστόσο, δεν μπορεί να τον συσχετίσει με την κίνηση του ποδηλάτου. Στο κατάστημα, τον ενημέρωσαν ότι τα ελατήρια ταλαντώνονται στις ανωμαλίες του δρόμου και θυμήθηκε ότι όταν κρεμούσε ένα βάρος σε ένα ελατήριο, αυτό κινούνταν «πάνω-κάτω». Έτσι, επέλεξε να αναλύσει την ταλάντωση ενός κατακόρυφου ελατηρίου. Με αφορμή την απόκτηση του ποδηλάτου, ο Γιάννης αναρωτήθηκε ποια στοιχεία επηρεάζουν την περίοδο ταλάντωσης.»

Με βάση την παραπάνω ιστορία, οι μαθητές/τριες παρακινούνταν να δημιουργήσουν διερευνήσιμες ερωτήσεις και υποθέσεις σχετικά με το πρόβλημα που αντιμετώπιζε ο πρωταγωνιστής της κάθε ιστορίας. Στη συνέχεια (στη 2η συνεδρία) οι μαθητές/τριες έλεγχαν τις υποθέσεις τους, μέσω του σχεδιασμού κατάλληλων πειραματικών διατάξεων και δραστηριοτήτων, με επιλογή του κατάλληλου εργαστηριακού εξοπλισμού από το εργαστήριο του σχολείου.

Στην 3η συνεδρία οι μαθητές/τριες εκτελούσαν το πείραμα και ανέλυναν τα πειραματικά τους ευρήματα. Οι μαθητές/τριες χρησιμοποιούσαν τις φορητές τους συσκευές (tablets) για να καταγράψουν και να αναλύσουν τα δεδομένα του πειραματισμού τους και στη συνέχεια κάθε ομάδα παρουσίαζε τα αποτελέσματά της στις υπόλοιπες ομάδες μαθητών. Αναστοχαστικές διαδικασίες λάμβαναν χώρα σε κάθε φάση της διερευνητικής διαδικασίας. Ωστόσο, στην 4η και τελευταία συνεδρία, οι μαθητές καλούνταν να αναστοχαστούν επί της συνολικής διερευνητικής διαδικασίας που ακολούθησαν, να συγκρίνουν τα ευρήματά τους με τις αρχικές τους υποθέσεις και να ανακοινώσουν τα συμπεράσματά τους στην ολομέλεια της τάξης, ενώ ακολουθούσε συζήτηση, ανατροφοδότηση και κριτική από τις υπόλοιπες ομάδες μαθητών/τριών.

Οι εργαστηριακές δραστηριότητες, είχαν υβριδικό χαρακτήρα (δια ζώσης και διαδικτυακά). Επίσης ακολουθήθηκαν αρχές ανεστραμμένης τάξης αξιοποιώντας τόσο διαδικτυακές δραστηριότητες όσο και πειραματικές προσεγγίσεις. Το υλικό οργανώθηκε στην πλατφόρμα eclass, ενώ χρησιμοποιήθηκε τόσο συμβατικός εξοπλισμός εργαστηρίου (ελατήρια, βάρη, βάσεις, σφιγκτήρες κ.λπ.) όσο και φορητή ψηφιακή τεχνολογία (PASCO Smart Carts, Force Acceleration Sensors σε συνδυασμό με το σχετικό λογισμικό SPARKvue καθώς και το PHYPHOX εγκατεστημένο σε φορητές συσκευές).

Τα Smart Carts της PASCO, είναι συσκευές που ενσωματώνουν αισθητήρες για την καταγραφή της δύναμης που τους ασκείται καθώς και της θέσης, της ταχύτητας, και της επιτάχυνσής τους σε τρεις άξονες. Αυτές οι συσκευές επικοινωνούν με το λογισμικό σουίτας PASCO SPARKvue μέσω Bluetooth για τη συλλογή δεδομένων σε tablet/smartphone/laptop. Τα δεδομένα μπορούν να οπτικοποιηθούν σε διάφορες μορφές (γραφήματα, πίνακες, αριθμητικούς δείκτες κ.λπ.). Στην Εικόνα 1 απεικονίζεται ένα στιγμιότυπο μιας οθόνης tablet στο οποίο στα αριστερά φαίνεται η πειραματική διάταξη της κατακόρυφης ταλάντωσης μάζας αναρτημένης από ελατήριο και στο μέσον της η συγχρονική απεικόνιση των μετρήσεων. Οι μαθητές/τριες που απουσίαζαν από το εργαστήριο είχαν τη δυνατότητα να συνδεθούν από το σπίτι τους, αξιοποιώντας τη λειτουργία κοινής συνεδρίας (shared session) που προσφέρει η πλατφόρμα. Παράλληλα, μπορούσαν να λαμβάνουν τις μετρήσεις τους στις φορητές συσκευές τους. Συγκεκριμένα, στην Εικόνα 1, στο δεξί μέρος της, απεικονίζεται η συμμετοχή τριών ομάδων μαθητών/τριών και του εκπαιδευτικού στο πείραμα διαζώσης στο εργαστήριο, καθώς και ενός μαθητή που απουσιάζει και έχει συνδεθεί εξ αποστάσεως.



Εικόνα 1. Στιγμιότυπο οθόνης tablet στο οποίο τρέχει το λογισμικό SPARKvue.

Οι μαθητές/τριες εργάζονταν σε ομάδες των τριών ή τεσσάρων ατόμων και υποστηρίζονταν από φύλλα εργασίας (ΦΕ), τα οποία σχεδιάστηκαν λαμβάνοντας υπόψη την περιορισμένη εμπειρία των μαθητών/τριών στην ομαδική εργασία, στις διαδικασίες του πειραματισμού, στη μάθηση με βάση τη διερεύνηση καθώς και σε εφαρμογές φορητών συσκευών. Στα φύλλα εργασίας η καθοδήγηση του εκπαιδευτικού μειώνονταν από κάθε θεματική ενότητα στην επόμενη, ώστε οι διερευνητικές δραστηριότητες να είναι όλο και πιο ανοικτές. Η διαφοροποίηση στον βαθμό της καθοδήγησης κάθε φορά βασίστηκε σε σχετική μελέτη του Μολοχίδη κ.α. (2007) και αφορούσε στο αν ο μαθητής (Μ), ο καθηγητής (Κ) ή μαζί (Κ-Μ ή Μ-Κ) σχεδίαζαν την πειραματική διάταξη, εκτελούσαν την πειραματική διαδικασία, κατέληγαν στα

συμπεράσματα κλπ. Στον Πίνακα 1 φαίνεται για κάθε θεματική ενότητα ποιος εφάρμοζε κάθε στάδιο της διερεύνησης, όπου «Κ» σημαίνει ότι ο καθηγητής παρείχε πλήρη καθοδήγηση, όπου «Κ-Μ» ο καθηγητής συνεργαζόταν με τους μαθητές/τριες αλλά ο καθηγητής είχε αυξημένο ρόλο, όπου «Μ-Κ» οι μαθητές/τριες είχαν αυξημένο ρόλο αλλά συνεργαζόταν με τον καθηγητή που έδινε κάποιες κατευθύνσεις, και όπου «Μ» όπου οι μαθητές/τριες διεκπεραίωναν μόνοι τους το αντίστοιχο στάδιο της διερεύνησης.

Εργαλεία συλλογής δεδομένων

Ερωτηματολόγιο TOSRA

Η συλλογή των δεδομένων έγινε με το ερωτηματολόγιο TOSRA (Fraser, 1978; 1981), το οποίο έχει μεταφραστεί και προσαρμοστεί στα Ελληνικά από τους Gkagkas & Hatzikraniotis (2023). Από το εν λόγω ερωτηματολόγιο, επιλέχθηκαν δύο κλίμακες (με 8 και 10 ερωτήσεις αντίστοιχα) οι οποίες σχετίζονται με τις δεξιότητες διερεύνησης. Αυτές είναι:

- η κλίμακα α) «Στάσεις απέναντι στην επιστημονική έρευνα, Σ» (Attitude to Scientific Inquiry), και
- η κλίμακα β) «Υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων, Υ» (Adoption of Scientific Attitudes).

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται η αλληλουχία των φύλλων εργασίας για κάθε θεματική ενότητα.

Η κλίμακα «Στάσεις απέναντι στην επιστημονική έρευνα, Σ» περιλαμβάνει ερωτήσεις οι οποίες αποτιμούν την αποδοχή της επιστημονικής έρευνας ως τρόπο σκέψης.

Πίνακας 1. Αλληλουχία των Φύλλων εργασίας σε κάθε θεματική ενότητα.

		Θεματική ενότητα			
		1η	2η	3η	4η
Στάδια διερεύνησης					
ΦΕ 1	Ποιος θέτει το πρόβλημα;	K	K-M	M-K	M
	Ποιος διατυπώνει το ερώτημα της έρευνας;	K	K-M	M-K	M
	Ποιος διατυπώνει την υπόθεση της έρευνας;	K-M	M-K	M-K	M-K
ΦΕ 2	Ποιος σχεδιάζει την πειραματική διάταξη;	K	K-M	M-K	M-K
	Ποιος επιλέγει τα υλικά;	K	K-M	M-K	M-K
	Ποιος επιλέγει την πειραματική διαδικασία;	K	K-M	M-K	M
	Ποιος κάνει τις μετρήσεις;	K-M	M-K	M	M
	Ποιος αναλύει τις μετρήσεις;	M-K	M-K	M	M
	Ποιος κάνει τις διαπιστώσεις;	M-K	M-K	M	M

	Ποιος ερμηνεύει τα αποτελέσματα και καταλήγει σε συμπεράσματα;	M-K	M-K	M	M
ΦΕ3	Ποιος συγκεντρώνει τις αναλύσεις όλων των μετρήσεων;	M-K	M	M	M
	Ποιος συνοψίζει όλα τα συμπεράσματα;	M-K	M	M	M
	Ποιος αξιολογεί τη διαδικασία και αναστοχάζεται;	K-M	M-K	M	M
	Ποιος επιλέγει τους τρόπους επικοινωνίας;	M-K	M	M	M

Σημείωση: 1η θεματική ενότητα: Νόμος Hooke, 2η θεματική ενότητα: Κατακόρυφη ταλάντωση μάζας αναρτημένης σε ελατήριο, 3η θεματική ενότητα: Απλό εκκρεμές, και 4η θεματική ενότητα: Τριβή

Πιο συγκεκριμένα, αποτιμάται η στάση των μαθητών/τριών απέναντι στον επιστημονικό πειραματισμό και στην αποδοχή της διερεύνησης ως μεθόδου απόκτησης πληροφοριών για τον φυσικό κόσμο. Η κλίμακα "Υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων, Υ" περιλαμβάνει ερωτήσεις οι οποίες εκτιμούν την υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων από τους/τις μαθητές/τριες. Πιο συγκεκριμένα, αξιολογείται ο βαθμός προθυμίας των μαθητών να αναθεωρήσουν τις διαμορφωμένες απόψεις τους για τον φυσικό κόσμο όταν έρχονται αντιμέτωποι με επιστημονικά τεκμήρια. Ο Πίνακας 2 συγκεντρώνει τα ερωτήματα από τις δύο κλίμακες.

Η κατάταξη των απαντήσεων των μαθητών/τριών έγινε με τη βοήθεια μιας τριβάθμιας κλίμακας Likert «Καθόλου αληθινό», «Μέτρια αληθινό», και «Πολύ αληθινό» και οι διατυπώσεις όλων των ερωτημάτων μετασχηματίστηκαν ώστε να αποκτήσουν θετική διάσταση. Αυτή η τροποποίηση έγινε με σκοπό να βοηθήσει τους μαθητές/τριες να απαντήσουν με μεγαλύτερη συνέπεια, αποφεύγοντας την ενδεχόμενη σύγχυσή τους από την εναλλαγή μεταξύ θετικών και αρνητικών δηλώσεων. Κάτι τέτοιο ενισχύει την αξιοπιστία των δεδομένων, μειώνοντας τις πιθανότητες παρερμηνείας και λανθασμένων απαντήσεων.

Πίνακας 2. Οι δύο κλίμακες του ερωτηματολογίου TOSRA που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα.

Κλίμακα	Ερωτήσεις
Στάσεις των μαθητών/τριών απέναντι στην επιστημονική έρευνα	<p>Σ1. Προτιμώ να ανακαλύψω γιατί συμβαίνει κάτι, κάνοντας μια πειραματική δραστηριότητα παρά να μου το περιγράψουν προφορικά άλλοι.</p> <p>Σ2. Προτιμώ να κάνω πειραματικές δραστηριότητες από το να τις διαβάζω.</p> <p>Σ3. Προτιμώ να κάνω πειράματα παρά να μαθαίνω πληροφορίες από τον καθηγητή.</p>

	<p>Σ4. Προτιμώ να κάνω μια πειραματική δραστηριότητα για να διαπιστώσω μόνος μου τι συμβαίνει, παρά να συμφωνώ με οτιδήποτε μου λένε οι άλλοι.</p> <p>Σ5. Προτιμώ να λύσω ένα πρόβλημα εκτελώντας ένα πείραμα, παρά να μου πουν την απάντηση άλλοι.</p> <p>Σ6. Είναι προτιμότερο να βρω μια απάντηση κάνοντας μια πειραματική δραστηριότητα παρά να ρωτήσω τον καθηγητή να μου δώσει μια απάντηση.</p> <p>Σ7. Προτιμώ να κάνω πείραμα σχετικά με ένα θέμα παρά να διαβάσω σχετικά με αυτό σε ένα επιστημονικό περιοδικό.</p> <p>Σ8. Είναι προτιμότερο να ανακαλύπτεις μέσα από πειράματα τα επιστημονικά δεδομένα, παρά να σου τα λένε.</p>
Υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων	<p>Υ1. Μου αρέσει να διαβάζω πράγματα που είναι αντίθετα με τις ιδέες που έχω ως τώρα.</p> <p>Υ2. Μου αρέσει να εκτελώ ξανά ένα πείραμα για να ελέγξω εάν προκύπτει το ίδιο αποτέλεσμα.</p> <p>Υ3. Έχω περιέργεια για τον κόσμο στον οποίο ζούμε.</p> <p>Υ4. Το να ανακαλύπτω καινούρια πράγματα είναι σημαντικό για εμένα.</p> <p>Υ5. Μου αρέσει να ακούω διαφορετικές απόψεις από τις δικές μου.</p> <p>Υ6. Το βρίσκω ενδιαφέρον να ακούω για καινούριες ιδέες.</p> <p>Υ7. Στις πειραματικές δραστηριότητες μου αρέσει να χρησιμοποιώ καινούριες μεθόδους που δεν έχω ξαναχρησιμοποιήσει.</p> <p>Υ8. Είμαι πρόθυμος να αλλάζω τις ιδέες που έχω σχετικά με ένα θέμα όταν οι αποδείξεις δείχνουν ότι αυτές οι ιδέες δεν είναι καλές.</p> <p>Υ9. Στις πειραματικές δραστηριότητες αναφέρω/σημειώνω τα αποτελέσματα που περίμενα να δω, καθώς επίσης και αυτά που δεν ήταν αναμενόμενα.</p> <p>Υ10. Μου αρέσει να ακούω τη γνώμη των άλλων όταν εκτελώ πειράματα.</p>

Ημιδομημένες συνεντεύξεις

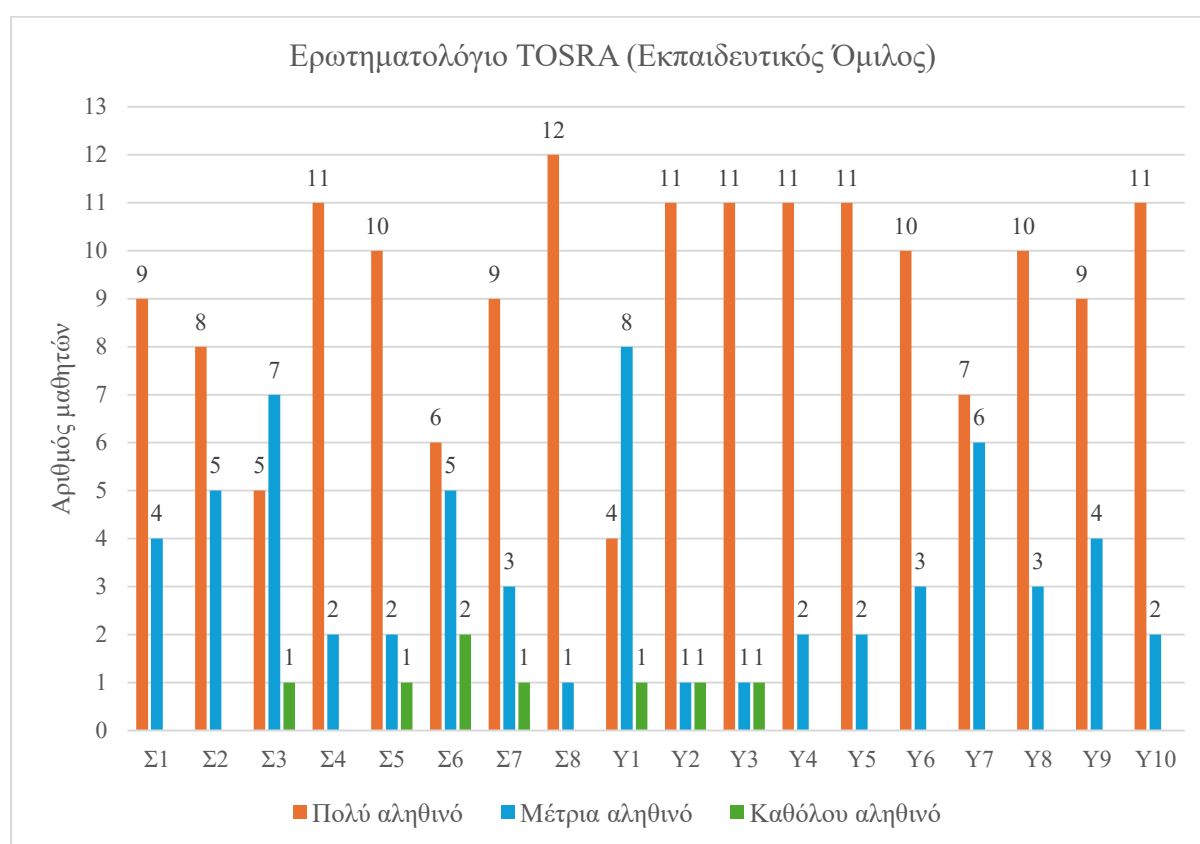
Ημιδομημένες συνεντεύξεις με τους μαθητές/τριες υλοποιήθηκαν μετά τη χορήγηση του ερωτηματολογίου TOSRA με σκοπό την περαιτέρω και σε μεγαλύτερο βάθος διερεύνηση των απαντήσεων των μαθητών/τριών στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου. Οι ημιδομημένες συνεντεύξεις πραγματοποιήθηκαν με γνώμονα του ότι το δείγμα ήταν πολύ μικρό για να αναλυθούν ποσοτικά οι απαντήσεις τους στο

ερωτηματολόγιο. Η χρήση ημιδομημένων συνεντεύξεων συμβάλει στον εντοπισμό ιδιαίτερα χρήσιμων στοιχείων ως προς τις στάσεις των μαθητών/τριών απέναντι στην επιστημονική έρευνα και στην υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

α) Οι στάσεις των μαθητών/τριών του εκπαιδευτικού ομίλου απέναντι στην επιστημονική έρευνα και ο βαθμός στον οποίο υιοθετούν επιστημονικές στάσεις.

Τα αποτελέσματα από τον διαμοιρασμό του ερωτηματολογίου TOSRA παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 2, όπου σχεδόν στο σύνολο των ερωτήσεων οι μαθητές/τριες απάντησαν πολύ θετικά (πολύ αληθινό) ή θετικά (μέτρια αληθινό).



Διάγραμμα 2. Απαντήσεις των μαθητών/τριών του εκπαιδευτικού ομίλου φυσικής στα ερωτήματα του ερωτηματολογίου TOSRA (N=13)

Οι αρνητικές στάσεις των μαθητών/τριών ήταν ελάχιστες και αποτυπώθηκαν μόνο σε λίγα ερωτήματα. Γενικά, φαίνεται ότι η αποδοχή των επιστημονικών πρακτικών από τους μαθητές/τριες είναι πάρα πολύ υψηλή, αφού σε 11 ερωτήματα, και οι δεκατρείς μαθητές/τριες επιλέγουν «πολύ αληθινό» ή «μέτρια αληθινό», σε 6 ερωτήματα δώδεκα μαθητές/τριες κάνουν την ίδια επιλογή («πολύ» ή «μέτρα» αληθινό) και σε 1 ερώτημα,

ένδεκα από τους δεκατρείς μαθητές/τριες συμφωνούν πολύ ή μέτρια. Επίσης, σε δεκαέξι από τα δεκαοκτώ ερωτήματα η επιλογή «πολύ αληθινό» είναι η ισχύουσα.

Από τις απαντήσεις των μαθητών/τριών φαίνεται ότι προτιμούν ισχυρά να διαπιστώνουν οι ίδιοι τι συμβαίνει εκτελώντας πειράματα, να επιλύουν προβλήματα μόνοι τους και να επιδίδονται σε πειραματισμό προκειμένου να ανακαλύψουν κάτι, παρά να το μαθαίνουν από άλλου (κλίμακα "Στάσεις των μαθητών/τριών απέναντι στην επιστημονική έρευνα», ερωτήσεις Σ1-Σ8). Οι ημιδομημένες συνεντεύξεις που ακολούθησαν, διευκρίνισαν σε μεγαλύτερο βαθμό τους λόγους των επιλογών των μαθητών/τριών. Έπειτα από την ερώτηση στους μαθητές/τριες «Γιατί προτιμάς να ανακαλύψεις γιατί συμβαίνει κάτι, κάνοντας μια πειραματική δραστηριότητα παρά να σου το περιγράψουν προφορικά άλλοι;», η μαθήτρια¹ S1 απάντησε «Γιατί έτσι δοκιμάζω τις δυνατότητές μου», ενώ ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η απάντηση της μαθήτριας S2 «γιατί μπορεί να μην είναι αλήθεια αυτό που μας λένε οι άλλοι», αφού δείχνει να αναζητά επιστημονικές πρακτικές για την εγκυρότητα δεδομένων και συμπερασμάτων. Οι μαθήτριες S5, S6 και S9 απάντησαν ότι «έτσι είναι πιο εύκολο να κατανοήσουμε κάτι, με τις θεωρίες δεν είναι τόσο εύκολο. Μας αρέσει περισσότερο αυτή η διαδικασία», τονίζοντας την προτίμησή τους να εμπλέκονται σε πειραματικές δραστηριότητες σε σχέση με το να συμμετέχουν ως παθητικοί δέκτες στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Επίσης, όσον αφορά στην ισχυρή συμφωνία της στο ερώτημα «Σ2. Προτιμώ να κάνω πειραματικές δραστηριότητες από το να διαβάζω», η μαθήτρια S1 διευκρίνισε ότι «με το πείραμα αντιλαμβάνομαι πιο εύκολα τις έννοιες, ενώ το βρίσκω και πιο δημιουργικό», η μαθήτρια S4 είπε ότι «Το διάβασμα είναι βαρετό, ενώ το πείραμα πιο διασκεδαστικό, ευχάριστο και διαδραστικό», ενώ η μαθήτρια S7 δήλωσε ότι «με το πείραμα καταλαβαίνω λεπτομέρειες του θέματος και μπορώ να συνδέσω αυτό που κάνω με τη θεωρία». Τέλος η μαθήτρια S12 δήλωσε ότι «όταν διαβάζω ξεχνώ πιο γρήγορα, ενώ με το πείραμα, τα θυμάμαι». Ενδιαφέρουσα επίσης ήταν και η θέση της μαθήτριας S13 που ανέφερε ότι «το πείραμα απαιτεί περισσότερη σκέψη. Εδώ που τα λέμε, έτσι κι αλλιώς, πριν από κάθε πείραμα πρέπει να διαβάσω». Από τις απαντήσεις φαίνεται ότι οι μαθητές/τριες αναγνωρίζουν τη συμβολή της ενεργούς συμμετοχής τους στις πειραματικές δραστηριότητες, στην κατανόηση του γνωστικού περιεχομένου. Αντίστοιχα, όσον αφορά στη συμφωνία με το γεγονός ότι «είναι προτιμότερη η επίλυση ενός προβλήματος με την εκτέλεση ενός πειράματος, παρά απλώς να συμφωνούμε με τη λύση άλλων», η μαθήτρια S5 επισημαίνει ότι «εμπιστεύομαι τη γνώμη μου. Ακούμε την άποψη του άλλου, αλλά έχουμε και τη δική μας οπτική, ώστε να μην πιστεύουμε τυφλά ό,τι μας λένε», η μαθήτρια S9 δήλωσε ότι «καλό είναι να έχουμε αμφιβολίες. Επίσης, με το να μου λένε κάτι οι άλλοι δεν λειτουργεί η σκέψη μου», ενώ η μαθήτρια S11 είπε ότι «Κάνοντας ένα πείραμα, συνεργάζομαι με άλλους. Κάποιος μόνος του μπορεί να κάνει λάθος». Ιδιαίτερα ενθαρρυντικές είναι οι απαντήσεις των μαθητών/τριών ως προς την στάση τους απέναντι στην επιστημονική έρευνα αφού φαίνεται ότι δεν αποδέχονται

¹ Επειδή στο δείγμα η αναλογία μαθητών / μαθητριών ήταν 2 / 11, θα αναφερόμαστε στη συνέχεια μόνον με το θηλυκό άρθρο σε ατομικό επίπεδο, για λόγους δεοντολογίας της έρευνας.

τις απόψεις των συμμαθητών τους, οι οποίες δεν προκύπτουν από τεκμήρια έρευνας. Παράλληλα, η μαθήτρια S12 στην δήλωσή της «*το να μας δίνει τη λύση κάποιος άλλος, είναι μια πιο γρήγορη διαδικασία*», εντοπίζει τον χρόνο και ενδεχομένως την προσπάθεια που απαιτείται για την επίλυση ενός προβλήματος μέσω της υλοποίησης πειράματος.

Αναφορικά με το πώς δικαιολογούν τις επιλογές τους οι μαθητές/τριες στο εάν προτιμούν να πειραματίζονται ή να τους δίνει την απάντηση ο καθηγητής (που διερευνάται με τις ερωτήσεις Σ3 και Σ6) η επιλογή των μαθητών/τριών «μέτρια αληθινό» ήταν ισοδύναμη με την επιλογή «πολύ αληθινό». Οι μαθήτριες S4 και S6 διατύπωσαν ταυτόσημες θέσεις ότι δηλαδή «*το πείραμα είναι μεν πιο κατανοητό, έχει πλεονεκτήματα, αλλά ο καθηγητής μπορεί να τα λέει πιο σωστά, αφού έχει τις γνώσεις για κάτι τέτοιο*». Η μαθήτρια S8 επεσήμανε ότι «*Το καλύτερο είναι, πρώτα να κάνουμε ένα πείραμα και μετά να το εξηγεί και ο καθηγητής, αλλά και το αντίστροφο*». Η μαθήτρια S9 ανέφερε ότι «*μαθαίνω καλύτερα με το πείραμα. Όταν μου τα λέει ο καθηγητής, δεν τα θυμάμαι*». Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών υποδηλώνουν ότι αναγνωρίζουν πως τα βέλτιστα μαθησιακά αποτελέσματα επιτυγχάνονται όταν η συμμετοχή τους σε πειραματικές δραστηριότητες συνδυάζεται με την καθοδήγηση και την εξήγηση από τον εκπαιδευτικό.

Συνοψίζοντας, από τις απαντήσεις των μαθητών/τριών στις ερωτήσεις της ημιδομημένης συνέντευξης αναφορικά με τον παράγοντα «*Στάσεις των μαθητών/τριών απέναντι στην επιστημονική έρευνα*», διαπιστώνεται ότι οι λόγοι που οι μαθητές/τριες επιλέγουν σε μεγαλύτερο βαθμό τις πειραματικές διαδικασίες έναντι της παραδοσιακής διδασκαλίας είναι επειδή τις βρίσκουν πιο ενδιαφέρουσες, τους βοηθούν να κατανοήσουν καλύτερα ένα θέμα, και επειδή αποτελούν μία βιωματική μάθηση που τους επιτρέπει να διατηρήσουν για περισσότερο καιρό στη μνήμη τους τη νέα γνώση. Επίσης, βρίσκουν ότι το πείραμα είναι συνεργατικό, διαδραστικό, ευχάριστο, ενώ τους προκαλεί να σκεφτούν κριτικά και να επιλέξουν εναλλακτικές λύσεις. Ωστόσο, αν και δεν εμπιστεύονται τυφλά τη γνώμη των άλλων και δηλώνουν ότι θέλουν να αμφιβάλλουν, δηλώνουν πως εμπιστεύονται τον καθηγητή τους, δηλαδή έναν άνθρωπο που έχει τις γνώσεις πάνω στο θέμα και ο οποίος έχει τον σημαντικό ρόλο να προσφέρει επεξηγήσεις, πριν ή μετά το πείραμα, όπως επίσης και καθοδήγηση. Σε κάθε περίπτωση, το βασικό κριτήριο για να αποδεχτούν ή όχι κάτι, είναι τα τεκμήρια που εντοπίζουν οι ίδιοι στον πειραματισμό και όχι στα λόγια άλλων.

Όσον αφορά την κλίμακα «*Υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων*», οι απαντήσεις των μαθητών/τριών δείχνουν ότι είναι περίεργοι για τον κόσμο γύρω τους, θέλουν πολύ να μαθαίνουν άλλες ιδέες/γνώσεις, ακόμη κι αν αυτές έρχονται σε ρήξη με τις υπάρχουσες δικές τους, διότι έτσι θεωρούν ότι αυξάνεται η κριτική τους σκέψη τους και διευρύνονται οι ορίζοντές τους. Επίσης, τους αρέσει να επαναλαμβάνουν ένα πείραμα, να σημειώνουν ακόμη και τα μη αναμενόμενα ευρήματα, αλλά και να εφαρμόζουν νέες πειραματικές μεθόδους. Οι διευκρινήσεις που δίνουν οι μαθητές/τριες στις ημιδομημένες συνεντεύξεις, φωτίζουν τους λόγους των επιλογών τους. Όσον αφορά στην περιέργεια και στην ανακάλυψη (ερωτήσεις Y3 & Y4), η μαθήτρια S6 δήλωσε

ότι «Καθημερινά αναρωτιέμαι για πάρα πολλά πράγματα. Όχι μόνο στη Φυσική», η μαθήτρια S8 δήλωσε ότι «Ζούμε σε έναν κόσμο γεμάτο ερωτήματα. Δεν μπορείς να τα γνωρίζεις όλα. Δεν έχω βγει ακόμη στον κόσμο, δεν τον έχω δει μόνη μου χωρίς κάποιον δίπλα μου και θέλω να το κάνω», η μαθήτρια S11 δήλωσε ότι «Μου αρέσει να ανακαλύπτω νέα πράγματα, γιατί οι νέες γνώσεις μου δίνουν άλλο τρόπο σκέψης. Ανοίγω τους ορίζοντές μου» και η μαθήτρια S13 ότι «θέλω να κάνω νέες ανακαλύψεις που θα βοηθούν τον κόσμο».

Όσον αφορά τα πειράματα (ερωτήσεις Y2, Y7, Y9 και Y10), οι μαθητές/τριες έδωσαν διευκρινήσεις στις ημιδομημένες συνεντεύξεις τους. Η μαθήτρια S2 δήλωσε ότι «Μου αρέσει να κάνω ξανά ένα πείραμα για να ελέγξω αν βγαίνει το ίδιο αποτέλεσμα, γιατί μπορεί να παρέλειψα κάτι και έχω την ευκαιρία να το διορθώσω», η μαθήτρια S3 δήλωσε ότι «επαναλαμβάνω ένα πείραμα, όπως το κάνω και στα διαγωνίσματα, ώστε να έχω πιο σίγουρα αποτελέσματα», η μαθήτρια S7 δήλωσε ότι «στα πειράματα μου αρέσει να χρησιμοποιώ καινούργιες μεθόδους που δεν έχω ξαναχρησιμοποιήσει, γιατί μια νέα μέθοδος μπορεί αν είναι πιο αποτελεσματική, πιο εύκολη, πιο ενδιαφέρουσα». Ωστόσο οι μαθήτριες S4, S7, και S8 προβληματίστηκαν δηλώνοντας «από την άλλη, αν είμαι σίγουρος για μία μέθοδο, γιατί να την αλλάξω;», στάση που δικαιολογεί ενδεχομένως ότι στο αντίστοιχο ερώτημα Y7 έχει καταγραφεί ισορροπία στο ερωτηματολόγιο, ανάμεσα στο «πολύ αληθινό» και «μέτρια αληθινό». Η μαθήτρια S9 ανέφερε επίσης ότι «Στις πειραματικές δραστηριότητες αναφέρω/σημειώνω και αυτά που δεν ήταν αναμενόμενα, γιατί έτσι ανακαλύπτω νέα πράγματα στο πείραμα», ενώ η μαθήτρια S10 ανέφερε ότι «αν πρέπει σώνει και καλά να βρω μια συγκεκριμένη τιμή στο πείραμα, θα προσανατολιστώ να τη βρω». Τέλος, όσον αφορά το πείραμα, η μαθήτρια S8 επεσήμανε ότι «Μου αρέσει να ακούω τη γνώμη των άλλων όταν εκτελώ πειράματα, γιατί η γνώμη των άλλων μπορεί να βοηθήσει να εκτελεστεί το πείραμα πιο εύκολα, είναι καλύτερη η συνεργασία και το ομαδικό πνεύμα», ενώ για το ίδιο θέμα, η μαθήτρια S13 σημείωσε ότι «όλοι πρέπει να βοηθούν στο πείραμα. Έτσι, μπορώ να δω πώς σκέφτεται ο άλλος. Μπορώ να ζανασκεφτώ τι σκέφτηκα εγώ. Τελικά το να ακούω τη γνώμη των άλλων βοηθάει στη συζήτηση και συνεργασία».

Όσον αφορά την αποδοχή των ιδεών των άλλων (ερωτήσεις Y1, Y5, Y6, Y8), οι μαθητές/τριες κατέθεσαν πολύ ενδιαφέρουσες απόψεις. Η μαθήτρια S1 ανέφερε χαρακτηριστικά «Μου αρέσει να διαβάζω πράγματα που είναι αντίθετα με τις ιδέες που έχω ως τώρα, γιατί το να πιστεύεις κάτι σημαίνει ότι έχεις μελετήσει κάτι και το έχεις πιστέψει και άρα για να το αλλάξεις πρέπει ο άλλος να έχει επιχειρήματα». Η μαθήτρια S2 δήλωσε ότι «Μπορεί να είμαι λάθος, ενώ αν έχω μελετήσει να έχω πιο ολοκληρωμένη άποψη. Ό,τι πληροφορία μπορώ να λάβω, τη θέλω. Μου αρέσει ο διάλογος, η συζήτηση. Διευρύνω τις απόψεις μου». Η μαθήτρια S5 ανέφερε ότι «Μου αρέσει να ακούω διαφορετικές απόψεις από τις δικές μου γιατί μπορεί η δική μου άποψη να είναι λάθος», ενώ πολλοί μαθητές/τριες υπογράμμισαν ότι μπορούν να αποδεχτούν άποψη διαφορετική από τη δική τους «αρκεί ο άλλος να μην είναι αλαζόνας, να μπορεί να συνεννοηθεί μαζί μου, να σέβεται και τη δική μου άποψη». Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσίασε η άποψη μαθήτριας με καταγωγή εκτός Ελλάδας «Μεγάλωσα σε διαφορετική κουλτούρα κι έχω μάθει να ακούω το διαφορετικό, εδώ στην Ελλάδα, το

πώς σκέφτονται και οι άλλοι, αλλιώς πώς θα ζούσα στη νέα μου πατρίδα;». Η μαθήτρια S9 αναφέρει «Είμαι πρόθυμη να αλλάξω τις ιδέες που έχω σε ένα θέμα όταν οι αποδείξεις δείχνουν ότι δεν είναι αυτές καλές, γιατί βασίζομαι στις αποδείξεις. Χωρίς αποδείξεις, εγώ δεν αλλάζω ιδέες». Πάνω στο ίδιο θέμα, η μαθήτρια S13 δήλωσε ότι «Η επιστήμη μου αρέσει πολύ γιατί βασίζεται σε κάτι που έχουμε βρει και δεν είναι η γνώμη και η άποψη του καθενός. Αν η επιστήμη δείχνει κάτι άλλο, δεν θα χαρώ σίγουρα αλλά θα είμαι πρόθυμη να το δεχτώ. Οι αποδείξεις είναι το βασικό και η έρευνα». Από τις απαντήσεις φαίνεται ότι οι μαθητές/τριες υιοθετούν επιστημονικές στάσεις αναγνωρίζοντας την σημασία της συνεργασίας και τη συμβολή διαφορετικών ιδεών στην προώθηση της επιστημονική έρευνας, καθώς και την αξία των επιστημονικών τεκμηρίων για την εξαγωγή έγκυρων συμπερασμάτων.

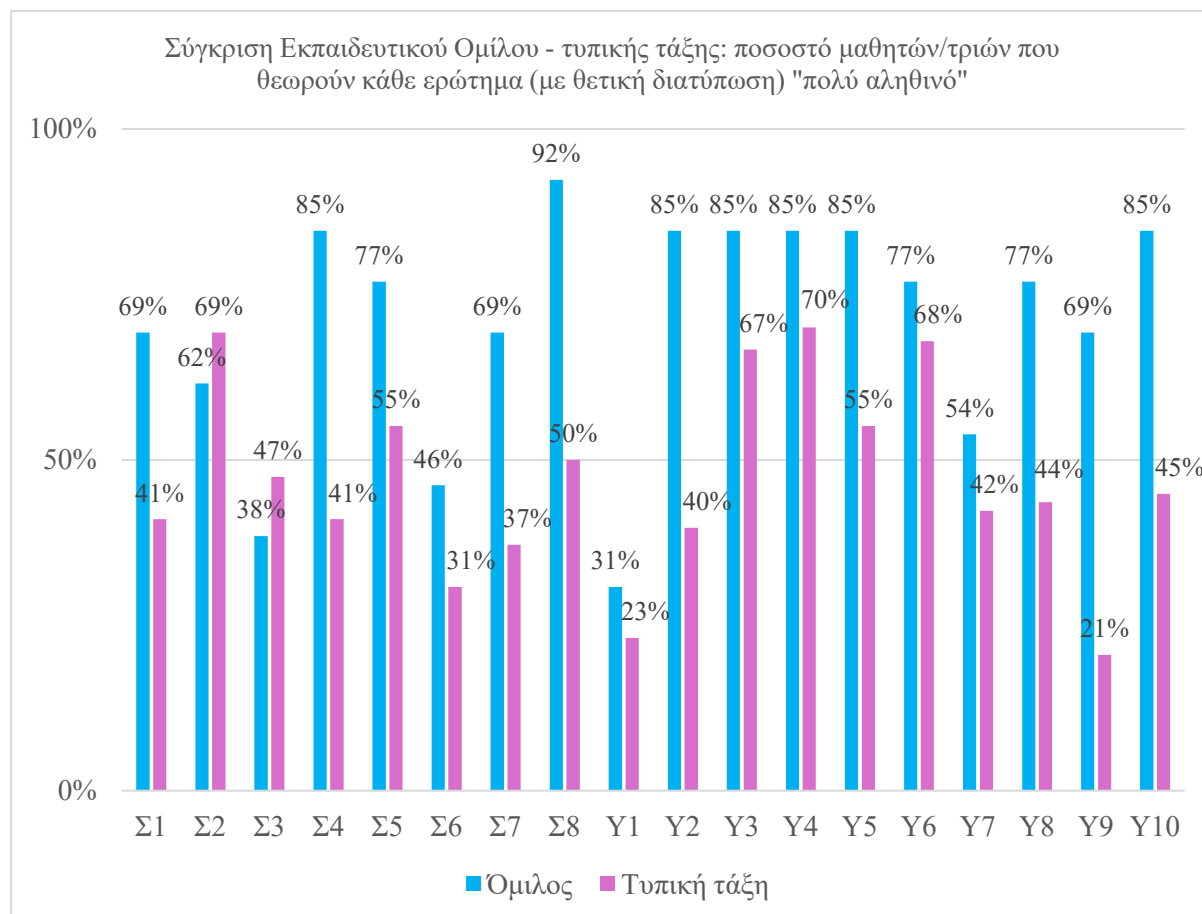
Συνολικά, όσον αφορά τον παράγοντα «Υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων», φάνηκε από τις απαντήσεις των μαθητών/τριών ότι δήλωσαν περίεργοι για τον κόσμο γύρω τους και ότι θέλουν πολύ να μαθαίνουν άλλες ιδέες/γνώσεις γιατί έτσι θεωρούν πως αυξάνεται η κριτική τους σκέψη και ότι διευρύνονται οι ορίζοντές τους. Οι μαθητές/τριες έπειτα από την εφαρμογή της παρέμβασης φαίνεται να ακούν ιδέες κι αν είναι διαφορετικές από τις δικές τους, καθώς αυτό αποτελεί μια αφορμή για συζήτηση/επιχειρηματολογία/συνεργασία. Μάλιστα, είναι διατεθειμένοι να αλλάξουν τις δικές τους απόψεις εάν αυτές είναι τεκμηριωμένα λανθασμένες και φυσικά να αποδεχτούν ιδέες μόνο εάν είναι έγκυρα τεκμηριωμένες. Οι μαθητές/τριες θέλουν να επαναλαμβάνουν τα πειράματα και να αναφέρουν ακόμη και μη αναμενόμενα αποτελέσματα, αρκεί τα πειράματα να είναι σημαντικά για εκείνους ή τον κόσμο γύρω τους.

β) Διαφορές στις στάσεις των μαθητών/τριών της ομάδας πειραματισμού απέναντι στην επιστημονική έρευνα και στην υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων σε σχέση με τους μαθητές/τριες που δεν συμμετείχαν στις διερευνητικές δραστηριότητες (ομάδα ελέγχου).

Προκειμένου να είναι πιο εύκολη η σύγκριση, μεταξύ των δυο δειγμάτων των μαθητών/τριών δεδομένου ότι το μέγεθος τους ήταν διαφορετικό, ο αριθμός των απαντήσεων σε κάθε βαθμό της τριβάθμιας κλίμακας Likert ανά ερώτημα του ερωτηματολογίου (καθόλου αληθινό, μέτρια αληθινό, πολύ αληθινό), μετατράπηκε σε ποσοστό επί του συνόλου των απαντήσεων σε κάθε ερώτημα. Τα αποτελέσματα καταγράφονται στο Διάγραμμα 3 όπου διακρίνεται το ποσοστό των μαθητών/τριών που επέλεξαν «πολύ αληθινό» σε κάθε ένα στοιχείο του ερωτηματολογίου, τόσο αυτών που ανήκαν στον εκπαιδευτικό όμιλο (ομάδα πειραματισμού), όσο και αυτών της τυπικής τάξης (ομάδα ελέγχου).

Όπως παρατηρείται, σε όλα σχεδόν τα ερωτήματα του ερωτηματολογίου, το ποσοστό των μαθητών/τριών που συμφωνούν πολύ, είναι αρκετά ως πολύ μεγαλύτερο από το αντίστοιχο των μαθητών/τριών μιας τυπικής τάξης, που δεν έχουν εμπλακεί σε δραστηριότητες διερευνητικού τύπου. Ενδεικτικά, όσον αφορά την κλίμακα «Στάσεις των μαθητών/τριών απέναντι στην επιστημονική έρευνα», εντυπωσιακές είναι οι διαφορές στα ερωτήματα: «Σ1. Προτιμώ να ανακαλύψω γιατί συμβαίνει κάτι, κάνοντας μια πειραματική δραστηριότητα παρά να μου το περιγράψουν προφορικά άλλοι», «Σ4.

Προτιμώ να κάνω μια πειραματική δραστηριότητα για να διαπιστώσω μόνος μου τι συμβαίνει, παρά να συμφωνώ με οτιδήποτε μου λένε οι άλλοι», «Σ5. Προτιμώ να λύσω ένα πρόβλημα κάνοντας ένα πείραμα, παρά να μου πουν την απάντηση άλλου», «Σ7. Προτιμώ να κάνω πείραμα σχετικά με ένα θέμα παρά να διαβάσω σχετικά με αυτό σε ένα επιστημονικό περιοδικό» και «Σ8. Είναι προτιμότερο να ανακαλύπτεις μέσα από πειράματα τα επιστημονικά δεδομένα, παρά να σου τα λένε».



Διάγραμμα 3. Ποσοστό μαθητών/τριών εκπαιδευτικού ομίλου και τυπικής τάξης, που βρίσκουν «πολύ αληθινό» κάθε στοιχείο του ερωτηματολογίου TOSRA.

Όσον αφορά την κλίμακα «Υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων», οι μεγαλύτερες διαφορές καταγράφονται στα στοιχεία «Υ2. Μου αρέσει να εκτελώ ξανά ένα πείραμα για να ελέγξω εάν προκύπτει το ίδιο αποτέλεσμα», «Υ5. Μου αρέσει να ακούω διαφορετικές απόψεις από τις δικές μου», «Υ8. Είμαι πρόθυμος να αλλάζω τις ιδέες που έχω σχετικά με ένα θέμα όταν οι αποδείξεις δείχνουν ότι αυτές οι ιδέες δεν είναι καλές», «Υ9. Στις πειραματικές δραστηριότητες αναφέρω/σημειώνω τα αποτελέσματα που περίμενα να δω, καθώς επίσης και αυτά που δεν ήταν αναμενόμενα» και «Υ10. Μου αρέσει να ακούω τη γνώμη των άλλων όταν εκτελώ πειράματα».

Τέλος, σε δύο στοιχεία «Σ2. Προτιμώ να κάνω πειραματικές δραστηριότητες από το να τα διαβάζω» και «Σ3. Προτιμώ να κάνω πειράματα παρά να μαθαίνω πληροφορίες από τον καθηγητή», το ποσοστό των μαθητών/τριών της τυπικής τάξης ξεπερνά το

αντίστοιχο του εκπαιδευτικού ομίλου, κάτι που μάλλον είναι φυσιολογικό, καθώς φαίνεται να αντικατοπτρίζεται έτσι η μεγάλη επιθυμία των μαθητών/τριών της τυπικής τάξης να εμπλακούν σε πειραματικές διαδικασίες. Επίσης θα πρέπει να επισημανθεί ότι οι διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των μαθητών/τριών της τυπικής τάξης και του εκπαιδευτικού ομίλου αποτελούν απλώς μια ένδειξη της ανάπτυξης θετικών στάσεων έναντι της επιστήμης από μαθητές/τριες που εμπλέκονται σε δραστηριότητες διερεύνησης, καθώς οι λόγοι μπορεί να είναι άλλοι, που δεν έχουν συνεκτιμηθεί.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Εδώ και δεκαετίες καταγράφεται σταθερή μείωση του ενδιαφέροντος των μαθητών/τριών για τις Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά. Αντίστοιχα παρατηρείται μείωση και στο ποσοστό των φοιτητών σε προπτυχιακά και μεταπτυχιακά προγράμματα Φυσικών Επιστημών και άλλων γνωστικών αντικειμένων, που συμπεριλαμβάνονται στην εκπαίδευση STEM, η οποία έχει ως βασικό στόχο την σύνδεσή της εκπαίδευσης με τις σύγχρονες απαιτήσεις της αγοράς εργασίας (Astin, 1997· Welch, 2010). Η προώθηση θετικών στάσεων ως προς την επιστήμη, στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών, θεωρείται σημαντικός στόχος, λόγω του κρίσιμου ρόλου τους στην επίδραση θετικής βούλησης των μαθητών/τριών για μάθηση και της θετικής συσχέτισής τους με τη σχολική επίδοση. Αυτός είναι και ο λόγος που η μελέτη των στάσεων έχει κινήσει το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών (Gkagkas & Hatzikraniotis, 2023). Άλλωστε, οι στάσεις είναι μια δυναμική και όχι στατική διαδικασία, που σημαίνει ότι μπορούν να μεταβληθούν μέσω σκόπιμων εκπαιδευτικών παρεμβάσεων.

Οι αρνητικές στάσεις των μαθητών/τριών απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες οφείλονται σε αρκετούς παράγοντες. Αυτοί σχετίζονται με τον τρόπο διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών στο σχολείο, με την προσωπικότητα των μαθητών/τριών, αλλά και με εξωτερικούς παράγοντες που σχετίζονται με το επίπεδο της εκπαίδευσης ή και τις ανταμοιβές που απονέμουν διαφορετικές χώρες σε σταδιοδρομίες που σχετίζονται με σπουδές στη Φυσική (Soh et al., 2010). Ως εκ τούτου, οι μαθητές/τριες δεν γεννιούνται με προδιάθεση είτε συμπάθειας είτε αντιπάθειας προς την επιστήμη, αλλά διαμορφώνουν τις στάσεις τους μέσω της μαθησιακής τους εμπειρίας και των εκπαιδευτικών ερεθισμάτων που λαμβάνουν (Koballa, 1998).

Στην παρούσα έρευνα, όπως αποτυπώθηκε από τις απαντήσεις των μαθητών/τριών στο ερωτηματολόγιο TOSRA και από τις μετέπειτα ημιδομημένες συνεντεύξεις τους, φάνηκε ότι οι μαθητές/τριες ήταν θετικοί σε όλες τις δηλώσεις-ερωτήσεις των δυο κλιμάκων «Στάσεις μαθητών/τριών απέναντι στην επιστημονική έρευνα», και «Υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων». Οι στάσεις τους ήταν πιο θετικές σε σύγκριση με αυτές των συμμαθητών/τριών τους, του ίδιου σχολείου που συμμετείχαν σε τυπική τάξη. Τα δεδομένα υποδηλώνουν ότι οι μαθητές/τριες που συμμετείχαν σε διερευνητικές δραστηριότητες STEM IB-mLabs:

(α) Προτιμούν να ανακαλύπτουν γιατί συμβαίνει κάτι, μέσω πειραματικών δραστηριοτήτων παρά να τους το περιγράψουν προφορικά, ακόμη και αν πρόκειται για τον εκπαιδευτικό τους, ή να το διαβάζουν, ακόμη και αν πρόκειται για επιστημονικό περιοδικό. Επιπλέον, προτιμούν να επιλύουν προβλήματα εκτελώντας πειράματα, παρά να τους προσφέρουν τη λύση άλλοι, συμπεριλαμβανομένου του καθηγητή τους. Οι λόγοι που στοιχειοθετούν αυτές τις στάσεις τους, είναι γενικά δύο: Αφενός, δεν μπορούν να εμπιστευτούν απλώς λεγόμενα άλλων όταν πρόκειται για επιστημονικά θέματα και αφετέρου θεωρούν ότι κατανοούν καλύτερα τις έννοιες όταν τις προσεγγίζουν πειραματικά. Αξίζει να επισημανθεί ωστόσο, ότι οι μαθητές/τριες δείχνουν σαφώς μεγαλύτερη εμπιστοσύνη στον καθηγητή τους ή σε επιστημονικά περιοδικά, σε σχέση με τις απόψεις ή δεδομένα που τους παρέχουν «άλλοι».

(β) Τους αρέσει να ακούν ή να διαβάζουν απόψεις που είναι διαφορετικές από τις δικές τους και να εκτίθενται σε νέες ιδέες που τους ωθούν να αλλάξουν τις δικές τους, εφόσον αποδεικνύονται καλύτερες. Επιπλέον, έχουν περιέργεια για τον κόσμο γύρω τους και τους αρέσει η ανακάλυψη νέων γνώσεων. Βασικός λόγος που το αναφέρουν είναι ότι με αυτόν τον τρόπο διευρύνουν τους ορίζοντες τους και καλλιεργούν και τον τρόπο σκέψης τους.

(γ) Τους αρέσει να επαναλαμβάνουν πειράματα και μάλιστα με νέες μεθόδους, λαμβάνοντας υπόψη τη γνώμη των συμμαθητών/τριών τους, ώστε να διασφαλίσουν την ορθότητα του αποτελέσματος.

Επίσης ένα σημαντικό εύρημα είναι ότι οι μαθητές/τριες που συμμετείχαν στις δραστηριότητες STEM IB-mLabs όπως καταγράφεται στις ημιδομημένες συνεντεύξεις, παρουσιάζουν χαρακτηριστικά συνυφασμένα με τον επιστημονικό τρόπο σκέψης. Αυτά περιλαμβάνουν την αμφισβήτηση ατεκμηρίωτων απόψεων ή δεδομένων, τη διάθεση για αντιμετώπιση καταστάσεων από διαφορετικές οπτικές γωνίες, καθώς και την επιθυμία για συνεργασία στο πλαίσιο μιας έρευνας.

Η σημαντική διαφορά στις θετικές στάσεις απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες, μεταξύ των μαθητών/τριών που συμμετείχαν στα εργαστήρια STEM IB-mLabs και των συμμαθητών/τριών τους σε τυπικές τάξεις, αποτελεί ένδειξη ότι οι στάσεις υιοθετούνται είτε ενεργά είτε έμμεσα και επομένως μπορούν να διδαχθούν, κάτι που επιβεβαιώνεται από τη διεθνή βιβλιογραφία (ενδεικτικά: Koballa, 1989· Sugrah et al., 2023). Επίσης το μαθησιακό περιβάλλον αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στη διαμόρφωση των στάσεων των μαθητών/τριών. Έχει διαπιστωθεί ότι η θετική στάση απέναντι στην επιστήμη σχετίζεται με την ενεργή συμμετοχή, τις καλές σχέσεις με άλλους μαθητές/τριες και εκπαιδευτικούς και τη χρήση ποικιλίας διδακτικών στρατηγικών με υποστήριξη και τον μικρότερο δυνατό έλεγχο από πλευράς εκπαιδευτικών (Karpudewan & Meng, 2017· Myers & Fouts, 1992). Επιπλέον, η βασική διδακτική μέθοδος που εφαρμόστηκε στα εργαστήρια STEM IB-mLabs, δηλαδή η μάθηση με βάση τη διερεύνηση, φαίνεται να συνέβαλε καθοριστικά στην ανάπτυξη των θετικών στάσεων. Εμπειρικές μελέτες παρέχουν στοιχεία ότι τα εποικοδομητικά περιβάλλοντα μάθησης, τα προγράμματα που εμπλέκουν τους μαθητές/τριες σε αυθεντικά επιστημονικά προβλήματα και η εφαρμογή προγραμμάτων

σπουδών μάθησης με βάση τη διερεύνηση στις Φυσικές Επιστήμες μπορούν να έχουν θετικό αντίκτυπο και να βελτιώσουν σημαντικά τις στάσεις και τις απόψεις των μαθητών/τριών για την επιστήμη (Nichols & Miller, 1994· Shymansky et al., 1990· Welch, 2010).

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αυξανόμενη υποστήριξη της μάθησης με βάση τη διερεύνηση στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών, επειδή δίνει τη δυνατότητα ανάπτυξης θετικών στάσεων των μαθητών/τριών απέναντι στην επιστήμη και ταυτόχρονα μπορεί να συμβάλει σε μια βαθύτερη κατανόηση των εννοιών της επιστήμης από τους μαθητές/τριες (Suárez et al., 2018). Η μάθηση με βάση τη διερεύνηση προσφέρει εμπειρίες σχετικές με την επιστήμη, προάγει την ανάπτυξη μιας γνωσιολογικής επίγνωσης για το πώς λειτουργεί η επιστήμη και αναπτύσσει θετικές στάσεις απέναντί της (Chinn & Malhotra, 2002· Shymansky et al., 1983).

Η διερευνητική προσέγγιση επιτρέπει στους μαθητές/τριες να συνδέσουν τις δραστηριότητες στην τάξη με τις προσωπικές τους εμπειρίες, ενισχύοντας τα κίνητρό τους για μάθηση. Στη μελέτη των Rissing & Cogan (2009) παρατηρήθηκαν σημαντικά οφέλη στις στάσεις των μαθητών/τριών που συμμετείχαν σε εργαστήριο με διερευνητικές πρακτικές. Επίσης, τα ευρήματα της μελέτης του Gibson (1998) υποδηλώνουν ότι τα επιστημονικά προγράμματα που χρησιμοποιούν μια προσέγγιση βασισμένη στην έρευνα (research based) μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές/τριες με υψηλό ενδιαφέρον για την επιστήμη να διατηρήσουν αυτό το ενδιαφέρον κατά τη διάρκεια της φοίτησής τους στο γυμνάσιο.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Μολοχίδης, Α., Καριώτογλου, Π., & Ψύλλος, Δ. (2007). Η Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου ως σχεδιαστική αρχή ανάπτυξης επιμορφωτικών προγραμμάτων: Αξιολόγηση μιας μελέτη περίπτωσης. Στο Α. Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος & Γ. Τσαπαρλής (Επιμ.) *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και νέες τεχνολογίες στην εκπαίδευση*, 15-18 Μαρτίου 2007, Ιωάννινα.
- Astin, A. (1997). How “good” is your institution’s retention rate? *Research in Higher Education*, 38(6), 647-658. <https://doi.org/10.1023/A:1024903702810>
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science education*, 86(2), 175-218. <https://doi.org/10.1002/sce.10001>
- Kingir, S., Tas, Y., Gok, G., & Vural, S. S. (2013). Relationships among constructivist learning environment perceptions, motivational beliefs, self-regulation and science achievement. *Research in Science & Technological Education*, 31(3), 205–226. <https://doi.org/10.1080/02635143.2013.825594>
- Fraser, B. J. (1981). *Test of Science-Related Attitude (TOSRA)*. Melbourne: Australian Council for Educational Research.
- Fraser, B.L. (1978). Development of a test of science-related attitudes. *Science Education*, 62(4), 509-515. <https://doi.org/10.1002/sce.3730620411>

Freedman, M. P. (1997). Relationship among laboratory instruction, attitude toward science, and achievement in science knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(4), 343-357.

[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199704\)34:4<343::AID-TEA5>3.0.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199704)34:4<343::AID-TEA5>3.0.CO;2-R)

Gall, M. D., Borg, W. R., & Gall J. P. (8^η εκδ. 2006). *Educational Research: An introduction*. Pearson. ISBN : 978-0205488490.

Gauld, C. (1982). The Scientific Attitude and Science Education: A Critical Reappraisal. *Science education*, 66(1), 109-21. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660113>

Gibson, H. L. (1998). Case studies of an inquiry-based science programs' impact on students' attitude towards science and interest in science careers. *Paper presented at the 71st Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. San Diego, CA, April 19-22, 1998. Ανακτήθηκε στις 15 Μαρτίου 2024, από το <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED417980.pdf>

Gkagkas, V. & Hatzikraniotis, E. (2023). Assessing Science Related Attitudes in Greek Upper Highschool Students. Στο L. G. Chova, C. G. Martínez, J. Lees (επιμ.) *INTED2023 Proceedings*. 17th International Technology, Education and Development Conference at Valencia, Spain, 6-8 March, 2023, pp. 4393-4400. <https://doi.org/10.21125/inted.2023.1161>

Gungor, A., Eryilmaz, A., & Fakioğlu, T. (2007). The relationship of freshmen's physics achievement and their related affective characteristics. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(8), 1036-1056. <https://doi.org/10.1002/tea.20200>

Hastuti, P. W., Nurohman, S., & Setianingsih, W. (2018). The development of science worksheet based on inquiry science issues to improve critical thinking and scientific attitude. *Journal of Physics: Conference Series* 1097, 012004. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1097/1/012004>

Karpudewan, M., & Meng, C. K. (2017). The effects of classroom learning environment and laboratory learning environment on the attitude towards learning science in the 21st-century science lessons. *Malaysian Journal of Learning and Instruction*, 25-45.

<https://doi.org/10.32890/mjli.2017.7795>

Klopfer, L.E. (1971), Evaluation of learning in science, στο S. Bloom, J.T. Hastings, & G.F. Madaus (επιμ.) *Handbook on summative and formative evaluation of student learning*. pp. 559-642, New York, NY: McGraw-Hill. ISBN: 978-0070061149.

Koballa, T. R. (1989). Changing and measuring attitudes in the science classroom, *Research Matters to the Science Teacher*, No 8901. National Association for Research in Science Teaching. Ανακτήθηκε στις 15 Μαρτίου 2024, από το <https://narst.org/research-matters/changing-measuring-attitudes-science-classroom>

Munby, H. (1983). Thirty studies involving the "Scientific Attitude Inventory": What confidence can we have in this instrument?. *Journal of research in science teaching*, 20(2), 141-162. <https://doi.org/10.1002/tea.3660200206>

Myers III, R. E., & Fouts, J. T. (1992). A cluster analysis of high school science classroom environments and attitude toward science. *Journal of Research in Science teaching*, 29(9), 929-937. <https://doi.org/10.1002/tea.3660290904>

- Napier, J. D., & Riley, J. P. (1985). Relationship between affective determinants and achievement in science for seventeen-year-olds. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(4), 365-383. <https://doi.org/10.1002/tea.3660220407>
- Nichols, J. D., & Miller, R. B. (1994). Cooperative learning and student motivation. *Contemporary educational psychology*, 19(2), 167-178. <https://doi.org/10.1006/ceps.1994.1015>
- Papanastasiou, E.C., Zembylas, M. The Effect of Attitudes on Science Achievement: A Study Conducted Among High School Pupils in Cyprus. *International Review of Education* 48, 469–484 (2002). <https://doi.org/10.1023/A:1021334424571>
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L.A., de Jong, T., van Riesen, S.A.N., Kamp, E.T., Manoli, C.C., Zacharia, Z.C., Tsourlidaki, E. (2015). Phases of Inquiry-Based Learning: Definitions and the Inquiry Cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Rissing, S. W., & Cogan, J. G. (2009). Can an inquiry approach improve college student learning in a teaching laboratory?. *CBE—Life Sciences Education*, 8(1), 55-61. <https://doi.org/10.1187/cbe.08-05-0023>
- Salta, K., & Tzougraki, C. (2004). Attitudes toward chemistry among 11th grade students in high schools in Greece. *Science Education*, 88(4), 535-547. <https://doi.org/10.1002/sce.10134>
- Shymansky, J. A., Kyle Jr, W. C., & Alport, J. M. (1983). The effects of new science curricula on student performance. *Journal of research in Science Teaching*, 20(5), 387-404. <https://doi.org/10.1002/tea.3660200504>
- Shymansky, J. A., Hedges, L. V., & Woodworth, G. (1990). A reassessment of the effects of inquiry-based science curricula of the 60's on student performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(2), 127-144. <https://doi.org/10.1002/tea.3660270205>
- Soh, T. M. T., Arsad, N. M., & Osman, K. (2010). The relationship of 21st century skills on students' attitude and perception towards physics. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 7, 546-554. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.10.073>
- Suarez, A., Specht, M., Prinsen, F., Kalz, M., & Ternier, S. (2018). A review of the types of mobile activities in mobile inquiry-based learning. *Computers & Education*, 118, 38-55. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.11.004>
- Sugrah, N., Suyanta, & Wiyarsi, A. (2023). Promoting students' critical thinking and scientific attitudes through socio-scientific issues-based flipped classroom. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 11: (1), 140–165. <https://doi.org/10.31129/LUMAT.11.1.1856>
- Welch, A. G. (2010). Using the TOSRA to assess high school students' attitudes toward science after competing in the FIRST robotics competition: An exploratory study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 6(3), 187-197. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75239>