

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Οικονομικών Σπουδών και Διοίκησης

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
«Επιστήμες Αγωγής»

Μεταπτυχιακή Διατριβή



Σχεδιασμός και Αξιολόγηση Σειράς Διδακτικών
Παρεμβάσεων που Βασίζονται στη Χρήση των Smartphones
στο Πλαίσιο της Διερευνητικής Μάθησης για τη Διδασκαλία
της Φυσικής

Ευγενία Ποτηριάδου

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια
Δρ. Καλυψώ Ιορδάνου

Ιούνιος 2022

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Οικονομικών Σπουδών και Διοίκησης

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

«Επιστήμες Αγωγής»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

**Σχεδιασμός και Αξιολόγηση Σειράς Διδακτικών
Παρεμβάσεων που Βασίζονται στη Χρήση των
Smartphones στο Πλαίσιο της Διερευνητικής Μάθησης
για τη Διδασκαλία της Φυσικής**

Ευγενία Ποτηριάδου

**Επιβλέπουσα Καθηγήτρια
Δρ. Καλυψώ Ιορδάνου**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στις Επιστήμες Αγωγής από τη Σχολή Οικονομικών Επιστημών και Διοίκησης του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Ιούνιος 2022

Στη μητέρα μου

Ευχαριστίες

Αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτρια της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής Δρ. Καλυψώ Ιορδάνου και καθηγήτριά μου στη Θεματική Ενότητα ΕΠΑ51 «Εφαρμοσμένη Εκπαιδευτική Έρευνα» για τη στοχευμένη καθοδήγηση και τις σαφείς κατευθυντήριες γραμμές κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας, για την ηθική υποστήριξη, τη διαρκή διαθεσιμότητά της, την ανατροφοδότηση που μου παρείχε στα δύσκολα και επίπονα στάδια της προσπάθειας αυτής και για την ευγένειά της. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον ακαδημαϊκό υπεύθυνο της Θεματικής Ενότητας «ΕΠΑ701: Διατριβή Μάστερ» Δρ. Μιχαλίνο Ζεμπύλα για την έγκριση του θέματος της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα τους φίλους και συναδέλφους που μοιραζόμαστε για πολλά έτη τις ίδιες ανησυχίες, Παναγιώτη Λάζο, υπεύθυνο ΕΚΦΕ Ηλιούπολης και Χρήστο Γεωργόπουλο, υπεύθυνο ΕΚΦΕ Αγίων Αναργύρων για τις επιστημονικές τους επισημάνσεις, τις γνώσεις τους και τις πολλές συζητήσεις.

Οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους μαθητές μου και τις μαθήτριά μου που συνεργάστηκαν με πάθος και πολλές ιδέες για την υλοποίηση της παρούσας έρευνας, στο διευθυντή του σχολείου όπου εργάζομαι, του 2^{ου} Γενικού Λυκείου Καματερού, κ. Σπύρο Ορφανάκη, για την άμεση αποδοχή και φιλοξενία της έρευνας καθώς και τους συναδέλφους μου για τη διαρκή εκδήλωση ενδιαφέροντος σχετικά με την πορεία της έρευνας.

Ευγνωμονώ και ευχαριστώ θερμά τη μητέρα μου για την αγάπη μιας ζωής και τα εφόδια που μου παρείχε σε όλη τη διάρκεια της επαγγελματικής και κοινωνικής μου διαδρομής.

Περίληψη

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στο σχεδιασμό και την αξιολόγηση σειράς διδακτικών παρεμβάσεων που βασίζονται στη χρήση των smartphones και της διερευνητικής μάθησης για τη διδασκαλία της Φυσικής. Η διερευνητική μάθηση ενσωματώθηκε στο γενικότερο πλαίσιο της καινοτομικής αντίληψης όπου η διδασκαλία κατευθύνεται από εννοιολογικούς, μεθοδολογικούς και πολιτισμικούς στόχους. Στο πλαίσιο αυτό, η χρήση των smartphones ανέδειξε τον τρόπο που οι μαθητές¹ αντιλαμβάνονται τα αποδεικτικά στοιχεία για να καταλήξουν σε επιστημονικό συμπέρασμα. Η σειρά διδακτικών παρεμβάσεων εφαρμόστηκε σε 22 μαθητές της πειραματικής ομάδας και σε 21 μαθητές της ομάδας ελέγχου, σε ένα γενικό λύκειο που βρίσκεται σε βορειοδυτικό προάστιο της Αθήνας σε διάρκεια πέντε εβδομάδων με δύο διδακτικές ώρες ανά εβδομάδα. Η έρευνα αποτέλεσε έναν πειραματικό σχεδιασμό. Τα ποσοτικά δεδομένα συγκεντρώθηκαν με ερωτηματολόγιο και με εξειδικευμένα φύλλα εργασίας τα οποία εστίαζαν στην έννοια των αποδεικτικών στοιχείων για την τεκμηρίωση μιας επιστημονικής θέσης, ενώ για τα ποιοτικά δεδομένα διεξήχθη δομημένη συνέντευξη και καταγράφηκε η γνώμη των μαθητών σχετικά με τα αποδεικτικά στοιχεία. Τα αποτελέσματα έδειξαν μεγαλύτερες επιδόσεις των μαθητών της πειραματικής ομάδας σε σύγκριση με τους μαθητές της ομάδας ελέγχου. Συγκεκριμένα, το ποσοστό των σωστών απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας στο ερωτηματολόγιο που αξιολογούσε την επίτευξη των εννοιολογικών, μεθοδολογικών και πολιτισμικών στόχων ήταν 51.2% ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για την ομάδα ελέγχου ήταν 48.8%. Επιπλέον, το ποσοστό των μαθητών της πειραματικής ομάδας που χρησιμοποίησαν αποδεικτικά στοιχεία και κατέληξαν σε σωστό επιστημονικό συμπέρασμα ήταν 68.79% ενώ το ποσοστό των μαθητών της ομάδας ελέγχου που δεν αξιοποίησαν αποδεικτικά στοιχεία και κατέληξαν σε σωστό επιστημονικό αποτέλεσμα ήταν 61.82%. Οι μαθητές αξιολόγησαν θετικά τα αποδεικτικά στοιχεία και θεώρησαν ότι αυτά υποστηρίζουν ισχυρά τα επιστημονικά μοντέλα. Εντοπίστηκε το είδος των αποδεικτικών στοιχείων που χρησιμοποίησαν οι μαθητές για να καταλήξουν σε ένα επιστημονικό συμπέρασμα. Τέλος, παρατηρήθηκε αύξηση του ενδιαφέροντος και της περιέργειας των μαθητών. Η χρήση των smartphones ως πειραματικά εργαλεία μπορεί να αποτελέσει το πλαίσιο

¹ Όπου στο κείμενο αναφέρεται μαθητής, μαθητές κλπ, νοείται μαθητής/μαθήτρια, μαθητές/μαθήτριες κλπ.

ανάπτυξης της επιστημονικής σκέψης των μαθητών που βασίζεται στη διερεύνηση, την επίλυση προβλήματος, την αξιοποίηση αποδεικτικών στοιχείων και να εξασφαλίσει την επίτευξη εννοιολογικών, μεθοδολογικών και πολιτισμικών στόχων.

Λέξεις κλειδιά: Smartphones, πειραματικά εργαλεία, IBSE, Grasp of Evidence, καινοτομική αντίληψη

Abstract

The present dissertation focuses on the design and evaluation of a series of teaching interventions based on the use of smartphones and inquiry-based education for the teaching of Physics. Inquiry-based education has been integrated into the wider context of the innovative concept where teaching is guided by conceptual, methodological and cultural goals. In this context, the use of smartphones has highlighted the way students perceive evidence to reach a scientific conclusion. The series of teaching interventions was applied to 22 students of the experimental group and to 21 students of the control group, in a general lyceum located in the northwestern suburb of Athens for five weeks with two teaching hours per week. The research followed an experimental design. The quantitative data were collected with a questionnaire and specialized worksheets which focused on the concept of the grasp of evidence, while for the qualitative data a structured interview was conducted and the students' opinion on the evidence was recorded. The results showed higher performance of the students of the experimental group compared to the students of the control group. Specifically, the percentage of correct answers given by the students of the experimental group to the questionnaire that assessed the achievement of the conceptual, methodological and cultural goals was 51.2% while the corresponding percentage for the control group was 48.8%. In addition, the percentage of students in the experimental group who used evidence and came to a correct scientific conclusion was 68.79% while the percentage of students in the control group who did not use evidence and came to a correct scientific result was 61.82%. The students evaluated the evidence positively and considered that they strongly support the scientific models. The type of evidence that the students used to reach a scientific conclusion was identified. The use of smartphones as experimental tools can be the framework for the development of students' scientific thinking based on inquiry, problem solving, utilization of evidence and ensure the achievement of conceptual, methodological and cultural goals.

Keywords: Smartphones, experimental tools, IBSE, Grasp of Evidence, innovative concept

Κατάλογος πινάκων

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΟΥ ΑΦΟΡΑ ΣΤΙΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ/ΤΡΙΩΝ ΣΤΙΣ ΔΥΟ ΠΡΩΤΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ.....	47
--	----

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ ΣΩΣΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΠΟΥ ΔΟΘΗΚΑΝ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΕΡΩΤΗΣΗ ΤΟΥ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ PRE-POST TEST.	48
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ ΣΩΣΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΠΟΥ ΔΟΘΗΚΑΝ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΕΡΩΤΗΣΗ ΤΟΥ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ PRE-POST TEST.	49
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. ΟΙ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ/ΤΡΙΩΝ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 1 ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ.	49
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. ΟΙ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ/ΤΡΙΩΝ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 2 ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ.	50
ΠΙΝΑΚΑΣ 6. ΟΙ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ/ΤΡΙΩΝ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 3 ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ.	51
ΠΙΝΑΚΑΣ 7. ΟΙ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ/ΤΡΙΩΝ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 4 ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ.	52
ΠΙΝΑΚΑΣ 8. ΟΙ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ/ΤΡΙΩΝ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 5 ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ.	53
ΠΙΝΑΚΑΣ 9. ΟΙ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ/ΤΡΙΩΝ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 6 ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ.	54
ΠΙΝΑΚΑΣ 10. ΟΙ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ/ΤΡΙΩΝ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 7 ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ.	55
ΠΙΝΑΚΑΣ 11. ΟΙ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ/ΤΡΙΩΝ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 8 ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ.	56
ΠΙΝΑΚΑΣ 12. ΟΙ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ/ΤΡΙΩΝ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 9 ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ.	57
ΠΙΝΑΚΑΣ 13: PAIRED SAMPLES STATISTICS – ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΩΣΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΠΡΙΝ & ΜΕΤΑ	59
ΠΙΝΑΚΑΣ 14: PAIRED SAMPLES CORRELATIONS.....	59
ΠΙΝΑΚΑΣ 15: PAIRED SAMPLES TEST	59
ΠΙΝΑΚΑΣ 16. ΣΩΣΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ, ΑΝΑ ΟΜΑΔΑ, (ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ & ΕΛΕΓΧΟΥ) ΜΕΤΑ ΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ	61
ΠΙΝΑΚΑΣ 17. GROUP STATISTICS – 1Η ΕΡΩΤΗΣΗ.....	62
ΠΙΝΑΚΑΣ 18. ΠΙΝΑΚΑΣ T-ΤΕΣΤ ΓΙΑ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ (INDEPENDENT SAMPLES TEST)	62
ΠΙΝΑΚΑΣ 19. GROUP STATISTICS – 2Η ΕΡΩΤΗΣΗ.....	63
ΠΙΝΑΚΑΣ 20. T-ΤΕΣΤ ΓΙΑ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ (INDEPENDENT SAMPLES TEST).....	63
ΠΙΝΑΚΑΣ 21. GROUP STATISTICS – 3Η ΕΡΩΤΗΣΗ.....	64
ΠΙΝΑΚΑΣ 22. T-ΤΕΣΤ ΓΙΑ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ (INDEPENDENT SAMPLES TEST).....	64
ΠΙΝΑΚΑΣ 23. GROUP STATISTICS – 4Η ΕΡΩΤΗΣΗ.....	65
ΠΙΝΑΚΑΣ 24. T-ΤΕΣΤ ΓΙΑ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ (INDEPENDENT SAMPLES TEST).....	65
ΠΙΝΑΚΑΣ 25. GROUP STATISTICS – 5Η ΕΡΩΤΗΣΗ.....	66

ΠΙΝΑΚΑΣ 26. Τ-ΤΕΣΤ ΓΙΑ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ (INDEPENDENT SAMPLES TEST).....	67
ΠΙΝΑΚΑΣ 27. GROUP STATISTICS – 6Η ΕΡΩΤΗΣΗ.....	67
ΠΙΝΑΚΑΣ 28. Τ-ΤΕΣΤ ΓΙΑ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ (INDEPENDENT SAMPLES TEST).....	68
ΠΙΝΑΚΑΣ 29. GROUP STATISTICS – 7Η ΕΡΩΤΗΣΗ.....	69
ΠΙΝΑΚΑΣ 30. ΠΙΝΑΚΑΣ Τ-ΤΕΣΤ ΓΙΑ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ (INDEPENDENT SAMPLES TEST)	69
ΠΙΝΑΚΑΣ 31. GROUP STATISTICS – 8Η ΕΡΩΤΗΣΗ.....	70
ΠΙΝΑΚΑΣ 32. Τ-ΤΕΣΤ ΓΙΑ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ (INDEPENDENT SAMPLES TEST).....	70
ΠΙΝΑΚΑΣ 33. GROUP STATISTICS – 9Η ΕΡΩΤΗΣΗ.....	71
ΠΙΝΑΚΑΣ 34. Τ-ΤΕΣΤ ΓΙΑ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ (INDEPENDENT SAMPLES TEST).....	71
ΠΙΝΑΚΑΣ 35. GROUP STATISTICS – ΌΛΕΣ ΟΙ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ.....	72
ΠΙΝΑΚΑΣ 36. Τ-ΤΕΣΤ ΓΙΑ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ (INDEPENDENT SAMPLES TEST).....	73
ΠΙΝΑΚΑΣ 37. GROUP STATISTICS – ΌΛΕΣ ΟΙ ΣΩΣΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΣΩΣΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΑΝΑ ΟΜΑΔΑ (ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ & ΕΛΕΓΧΟΥ)	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 38. Τ-ΤΕΣΤ ΓΙΑ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ (INDEPENDENT SAMPLES TEST).....	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 39. ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΩΝ (ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΒΕΛΟΥΣ) ΓΙΑ ΤΑ ΑΠΟΔΕΙΚΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΕΔΩΣΑΝ ΟΙ 22 ΜΑΘΗΤΕΣ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΣΤΟ ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ "ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕ ΒΕΛΗ - 1"	79
ΠΙΝΑΚΑΣ 40. ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΩΝ (ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΒΕΛΟΥΣ) ΓΙΑ ΤΑ ΑΠΟΔΕΙΚΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΕΔΩΣΑΝ ΟΙ 22 ΜΑΘΗΤΕΣ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΣΤΟ ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ "ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕ ΒΕΛΗ - 2"	79
ΠΙΝΑΚΑΣ 41. ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΩΝ (ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΒΕΛΟΥΣ) ΓΙΑ ΤΑ ΑΠΟΔΕΙΚΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΕΔΩΣΑΝ ΟΙ 22 ΜΑΘΗΤΕΣ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΣΤΟ ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ "ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕ ΒΕΛΗ - 3"	80
ΠΙΝΑΚΑΣ 42. ΟΙ ΣΩΣΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΠΟΥ ΕΔΩΣΑΝ ΟΙ 22 ΜΑΘΗΤΕΣ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΚΑΙ ΟΙ 21 ΜΑΘΗΤΕΣ ΤΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΣΩΣΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ, ΣΤΟ ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ "ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕ ΒΕΛΗ - 1"	85
ΠΙΝΑΚΑΣ 43. ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΙ ΣΩΣΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΠΟΥ ΕΔΩΣΑΝ ΟΙ 22 ΜΑΘΗΤΕΣ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΚΑΙ ΟΙ 21 ΜΑΘΗΤΕΣ ΤΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΣΩΣΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ, ΣΤΟ ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ "ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕ ΒΕΛΗ - 2"	85
ΠΙΝΑΚΑΣ 44. ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΙ ΣΩΣΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΠΟΥ ΕΔΩΣΑΝ ΟΙ 22 ΜΑΘΗΤΕΣ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΚΑΙ ΟΙ 21 ΜΑΘΗΤΕΣ ΤΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΣΩΣΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ, ΣΤΟ ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ "ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕ ΒΕΛΗ - 3"	86

Κατάλογος γραφημάτων

ΓΡΑΦΗΜΑ 1. Ο ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΑΝΑ ΔΥΝΑΤΗ ΕΠΙΛΟΓΗ (Α/Β/Γ/Δ) ΠΟΥ ΕΔΩΣΑΝ ΟΙ ΜΑΘΗΤΕΣ/ΤΡΙΕΣ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ 1 ^η ΕΡΩΤΗΣΗ.	50
--	----

ΓΡΑΦΗΜΑ 2. Ο ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΑΝΑ ΔΥΝΑΤΗ ΕΠΙΛΟΓΗ (Α/Β/Γ/Δ) ΠΟΥ ΕΔΩΣΑΝ ΟΙ ΜΑΘΗΤΕΣ/ΤΡΙΕΣ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ 2 ^Η ΕΡΩΤΗΣΗ.	51
ΓΡΑΦΗΜΑ 3. Ο ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΑΝΑ ΔΥΝΑΤΗ ΕΠΙΛΟΓΗ (Α/Β/Γ/Δ) ΠΟΥ ΕΔΩΣΑΝ ΟΙ ΜΑΘΗΤΕΣ/ΤΡΙΕΣ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ 3 ^Η ΕΡΩΤΗΣΗ.	52
ΓΡΑΦΗΜΑ 4. Ο ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΑΝΑ ΔΥΝΑΤΗ ΕΠΙΛΟΓΗ (Α/Β/Γ/Δ) ΠΟΥ ΕΔΩΣΑΝ ΟΙ ΜΑΘΗΤΕΣ/ΤΡΙΕΣ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ 4 ^Η ΕΡΩΤΗΣΗ.	53
ΓΡΑΦΗΜΑ 5. Ο ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΑΝΑ ΔΥΝΑΤΗ ΕΠΙΛΟΓΗ (Α/Β/Γ/Δ) ΠΟΥ ΕΔΩΣΑΝ ΟΙ ΜΑΘΗΤΕΣ/ΤΡΙΕΣ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ 5 ^Η ΕΡΩΤΗΣΗ.	54
ΓΡΑΦΗΜΑ 6. Ο ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΑΝΑ ΔΥΝΑΤΗ ΕΠΙΛΟΓΗ (Α/Β/Γ/Δ) ΠΟΥ ΕΔΩΣΑΝ ΟΙ ΜΑΘΗΤΕΣ/ΤΡΙΕΣ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ 6 ^Η ΕΡΩΤΗΣΗ.	55
ΓΡΑΦΗΜΑ 7. Ο ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΑΝΑ ΔΥΝΑΤΗ ΕΠΙΛΟΓΗ (Α/Β/Γ/Δ) ΠΟΥ ΕΔΩΣΑΝ ΟΙ ΜΑΘΗΤΕΣ/ΤΡΙΕΣ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ 7 ^Η ΕΡΩΤΗΣΗ.	56
ΓΡΑΦΗΜΑ 8. Ο ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΑΝΑ ΔΥΝΑΤΗ ΕΠΙΛΟΓΗ (Α/Β/Γ/Δ) ΠΟΥ ΕΔΩΣΑΝ ΟΙ ΜΑΘΗΤΕΣ/ΤΡΙΕΣ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ 8 ^Η ΕΡΩΤΗΣΗ.	57
ΓΡΑΦΗΜΑ 9. Ο ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΑΝΑ ΔΥΝΑΤΗ ΕΠΙΛΟΓΗ (Α/Β/Γ/Δ) ΠΟΥ ΕΔΩΣΑΝ ΟΙ ΜΑΘΗΤΕΣ/ΤΡΙΕΣ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ 9 ^Η ΕΡΩΤΗΣΗ.	58
ΓΡΑΦΗΜΑ 10. Ο ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ ΣΩΣΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΑΝΑ ΕΡΩΤΗΣΗ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΑ ΟΛΟ ΤΟ ΔΕΙΓΜΑ.	58

Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες	4
Περίληψη	5
Abstract	7
Κατάλογος πινάκων	7

Κατάλογος γραφημάτων	9
Εισαγωγή	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ SMARTPHONES ΩΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ	16
1.1 Η χρήση των smartphones στις Φυσικές Επιστήμες.....	16
1.2 Η χρήση των smartphones ως πειραματικά εργαλεία.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ IBSE	22
2.1 Η Διερευνητική μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες (Inquiry-Based Science Education, IBSE): περιγραφή και ορισμοί.....	22
2.2 Σχεδιάζοντας τη διδασκαλία με βάση τη μεθοδολογία IBSE.....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΚΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ	27
3.1 Η καινοτομική αντίληψη και τα Αναλυτικά Προγράμματα	27
3.2 Τα χαρακτηριστικά της καινοτομικής αντίληψης στο Αναλυτικό Πρόγραμμα των Φυσικών Επιστημών	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Η ΕΝΝΟΙΑ «GRASP OF EVIDENCE»: Η ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΤΩΝ ΑΠΟΔΕΙΚΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	34
4.1 Η έννοια «Grasp of Evidence»: Η πρόσληψη αποδεικτικών στοιχείων	34
4.2 Επισκόπηση του πλαισίου της έννοιας «Grasp of Evidence»	36
4.3 Το νέο πλαίσιο της έννοιας «Grasp of Evidence»	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	40
5.1 Σχεδιασμός της Έρευνας.....	40
5.2 Συμμετέχοντες	42
5.3 Εργαλεία	43
5.4 Διαδικασία Διεξαγωγής της Έρευνας	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	47
Το 1 ^ο ερευνητικό ερώτημα.....	47
Περιγραφική Ανάλυση για το 1 ^ο Ερευνητικό Ερώτημα	47
Επαγωγική Ανάλυση για το 1 ^ο Ερευνητικό Ερώτημα	49
Το 2 ^ο ερευνητικό ερώτημα.....	60
Περιγραφική Ανάλυση για το 2 ^ο Ερευνητικό Ερώτημα	60
Επαγωγική Ανάλυση για το 2 ^ο Ερευνητικό Ερώτημα	61
Το 3 ^ο ερευνητικό ερώτημα.....	77
Το 4 ^ο ερευνητικό ερώτημα.....	84
Το 5 ^ο ερευνητικό ερώτημα.....	86

Συζήτηση - Συμπεράσματα.....	100
Βιβλιογραφικές Αναφορές.....	104
Παραρτήματα.....	114
Παράρτημα Α: Ερωτηματολόγιο pre-test και post-test	114
Παράρτημα Β: Κατηγορίες διδακτικών στόχων.....	121
Παράρτημα Γ: Διαγράμματα με βέλη.....	124
Παράρτημα Δ: Δομημένη συνέντευξη.....	133
Παράρτημα Ε: Φύλλα Εργασίας.....	135
Παράρτημα ΣΤ: Τα κείμενα.....	170
Παράρτημα Ζ: Σχέδιο Δραστηριοτήτων.....	175

Εισαγωγή

Τα κινητά τηλέφωνα, smartphones, προσφέρουν πολλές δυνατότητες ως πειραματικά εργαλεία για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, αλλά μέχρι τώρα, η έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί για το συγκεκριμένο θέμα είναι περιορισμένη (Hochberg, Becker, Louis, Klein, & Kuhn, 2020). Παρόλο που η χρήση τους στην εκπαίδευση αυξάνεται με εκθετικό ρυθμό και υπάρχουν ερευνητές που έχουν

μελετήσει τη χρήση των κινητών τηλεφώνων στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών, ωστόσο, δεν έχει γίνει κατευθυνόμενη προσπάθεια για τη συλλογή και τη σύνθεση αυτών των μελετών (Crompton, Burke, Gregory, & Gräbe, 2016). Η Ανααμίδου (2008) υποδεικνύει την ανάγκη για μια ευρύτερη και συστηματική μελέτη της χρήσης των κινητών τηλεφώνων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών καθώς έτσι οι εκπαιδευτικοί θα κατανοήσουν καλύτερα τους τρόπους με τους οποίους τα κινητά τηλέφωνα μπορούν να αξιοποιηθούν στη διδασκαλία και να ενσωματώσουν τη νέα γνώση στη δική τους πρακτική. Η μέχρι τώρα έρευνα έχει δείξει ότι δεν υπάρχει εκτεταμένη γνώση και εμπειρία σχετικά με την ενσωμάτωση των κινητών τηλεφώνων σε διεργασίες μάθησης στο πλαίσιο πειραμάτων Φυσικής και σε πραγματικές συνθήκες τάξης (Oliveira et al., 2019).

Οι μαθητές σήμερα διαθέτουν smartphones που είναι εξοπλισμένα με αρκετούς αισθητήρες που τους δίνουν τη δυνατότητα να σχεδιάζουν και να πραγματοποιούν πειράματα και στη συνέχεια, με τη βοήθεια των κατάλληλων εφαρμογών του smartphone τους, να συλλέγουν και επεξεργάζονται τις μετρήσεις τους (Tzamalīs, Kateris, Lazos, Tsoukos, & Velentzas, 2021). Ανάμεσα στους αισθητήρες που υπάρχουν στα smartphones είναι το επιταχυνσιόμετρο, το γυροσκόπιο, ο αισθητήρας θερμότητας, το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης (GPS), αισθητήρας φωτός εγγύτητας κλπ, και μπορούν να αξιοποιηθούν σε πειράματα Φυσικής, συγκεκριμένα στη Μηχανική, τον Ηλεκτρομαγνητισμό, την Οπτική, τις Ταλαντώσεις και τα Κύματα (Patrinoopoulos & Kefalis, 2015).

Οι μεθοδολογίες της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών ακολουθούν συνήθως διερευνητικές προσεγγίσεις οι οποίες περιλαμβάνουν μεθόδους ανοιχτής έρευνας (open-inquiry) που έχουν τις βάσεις τους στην κοινωνικο-πολιτισμική θεωρία και τον κοινωνικό κονστρουκτιβισμό (Bano, Zowghi, Kearney, Schuck, & Aubusson, 2018; Burden & Kearney, 2016; Salomon & Perkins, 1998). Δεδομένου ότι η χρήση κινητών τηλεφώνων προσαρμόζεται καλά στις κοινωνικο-πολιτισμικές αντιλήψεις και σε στρατηγικές μάθησης όπως είναι η εξατομικευμένη διδασκαλία, η αυθεντική μάθηση και η συνεργασία, είναι ενδιαφέρον να μελετηθεί η χρήση τους στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Odabasi, Uzunboyu, Popova, Kosarenko, & Ishmuradova, 2019). Οι εργαστηριακές πρακτικές που βασίζονται στη διερευνητική μάθηση και τη χρήση κινητών τηλεφώνων, οδηγούν σε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα και βελτιώνουν τις δεξιότητες που σχετίζονται με την πειραματική διαδικασία (Arabacioglu & Unver, 2016).

Σημαντικό ρόλο στη διδασκαλία της Φυσικής έχει η πρακτική εργασία των μαθητών, τα μετωπικά πειράματα και η εργαστηριακή εργασία που πραγματοποιείται στα σχολικά εργαστήρια Φυσικής (Holubova, 2022). Η μεθοδολογία Inquiry-Based Science Education (IBSE) έχει σκοπό την ενεργή οικειοποίηση και χρήση των ακόλουθων μεθόδων και διαδικασιών της Φυσικής: εμπειρικές μεθόδους, συστηματικές παρατηρήσεις, λήψη πειραματικών μετρήσεων, στρατηγική προσδιορισμού του προβλήματος, επαληθευσσιμότητα, αξιοπιστία, υπόθεση, χρήση μαθηματικών, χρήση νέων τεχνολογιών, κριτική ανάλυση της πληροφορίας που δημοσιεύεται στα μέσα μαζικής επικοινωνίας και επαγωγική προσέγγιση (Holubova, 2022). Παρόλο που η διδακτική μεθοδολογία IBSE έχει μελετηθεί ευρέως στη βιβλιογραφία και έχει εφαρμοστεί σε κάποιες ευρωπαϊκές χώρες, ωστόσο τα βασικά χαρακτηριστικά της δεν έχουν ενσωματωθεί στα περισσότερα ευρωπαϊκά εκπαιδευτικά συστήματα και οι εκπαιδευτικοί αντιμετωπίζουν δυσκολίες στο να κατανοήσουν τι ακριβώς τους ζητείται να κάνουν (Tsivitanidou et al., 2018). Η προσέγγιση IBSE των τριών φάσεων παρέχει στους εκπαιδευτικούς μια ρεαλιστική μέθοδο εφαρμογής της διερευνητικής μάθησης και έχει βρεθεί ότι είναι αποτελεσματική στους μαθητές (Bolte et al., 2012). Η μεθοδολογία των τριών φάσεων περιλαμβάνει το εισαγωγικό σενάριο, την έρευνα και τη λήψη αποφάσεων (Kung, 2012; Lehtonen, 2012).

Η 1η φάση του μοντέλου IBSE, το εισαγωγικό σενάριο, είναι η πρόκληση των εσωτερικών κινήτρων των μαθητών και λαμβάνει χώρα σε ένα γνωστό για τους μαθητές πλαίσιο – το πλαίσιο είναι η κοινωνία και όχι το πρόγραμμα σπουδών ή το σχολικό εγχειρίδιο. Η 2η φάση, η έρευνα, σχετίζεται με επίτευξη των γνωστικών στόχων, την καλλιέργεια δεξιοτήτων στο πλαίσιο της επιστημονικής διαδικασίας, την ανάπτυξη προσωπικών χαρακτηριστικών (δημιουργικότητα, πρωτοβουλία, επιμονή κ.λπ.) και την κοινωνική ανάπτυξη των μαθητών μέσω της ομαδικής εργασίας. Η 3η φάση, η λήψη αποφάσεων, επιτρέπει στους μαθητές να εφαρμόσουν τη γνώση που απέκτησαν σε ένα νέο κοινωνικό-επιστημονικό πλαίσιο (Bolte & Rauch, 2014).

Τα αναλυτικά προγράμματα των φυσικών επιστημών που βασίζονται στην καινοτομική προσέγγιση, εξασφαλίζουν μια διδασκαλία με πολιτισμικό προσανατολισμό ενταγμένη σε ένα κοινωνικό πλαίσιο (Matthews, 2007). Η καινοτομική αντίληψη επιφέρει αλλαγές και επαναπροσδιορίζει τις τρεις διαστάσεις (εννοιολογική, μεθοδολογική και πολιτισμική) της σχολικής επιστημονικής γνώσης. Έτσι, η διδακτέα ύλη αναδιατάσσεται με βάση τρεις στόχους: εννοιολογικούς, μεθοδολογικούς και πολιτισμικούς (Κολιόπουλος, 2006), ενώ θεωρείται αναγκαία η

οργανική ένταξη στοιχείων ιστορίας, ζητημάτων καθημερινής ζωής και τεχνολογικής πραγματικότητας (πολιτισμική διάσταση) στις διάφορες θεματικές ενότητες (Δόσης, 2014).

Οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να δημιουργήσουν μαθησιακά περιβάλλοντα βασισμένα στον τρόπο που οι μαθητές αντιλαμβάνονται τα αποδεικτικά στοιχεία και θα τους βοηθήσουν στη λήψη σωστών αποφάσεων σχετικά με την επιλογή των ισχυρών αποδεικτικών στοιχείων (Chinn, Duncan, & Av-Shalom, 2021).

Η έννοια «Grasp of Evidence» εκφράζει τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές προσλαμβάνουν τα αποδεικτικά στοιχεία και αποτελεί τη βάση για έρευνα, σχεδιασμό και αξιολόγηση εκπαιδευτικών πρακτικών που περιλαμβάνουν επιστημονικά αποδεικτικά στοιχεία (Duncan, Chinn, & Barzilai, 2018).

Δεν έχουν εντοπιστεί μέχρι τώρα ερευνητικά δεδομένα που να μελετούν σε συνδυασμό τα παραπάνω θέματα. Με βάση τα παραπάνω, η εργασία επικεντρώθηκε στον σχεδιασμό και την αξιολόγηση σειράς διδακτικών παρεμβάσεων η οποία βασίστηκε στη χρήση smartphones στο πλαίσιο της διερευνητικής μάθησης και συγκεκριμένα της διδακτικής μεθοδολογίας IBSE των τριών σταδίων. Παράλληλα, εφαρμόστηκαν οι αρχές και η λογική της καινοτομικής αντίληψης για το σχεδιασμό αναλυτικών προγραμμάτων και επιχειρήθηκε να αποτυπωθεί ο τρόπος με τον οποίο οι μαθητές προσλαμβάνουν και αξιοποιούν τα αποδεικτικά στοιχεία για να καταλήξουν σε ένα επιστημονικό συμπέρασμα. Στόχος της έρευνας ήταν η αποτίμηση της διαφοράς στην επίδοση των μαθητών μετά την ολοκλήρωση της διδακτικής παρέμβασης, η αποτελεσματικότητα των αποδεικτικών στοιχείων σχετικά με την επιλογή του σωστού επιστημονικού μοντέλου, η αποτίμηση της διαφοράς στην επίδοση ανάμεσα στους μαθητές που αξιοποίησαν αποδεικτικά στοιχεία και σε εκείνους που δεν τα χρησιμοποίησαν και τέλος, η αποτύπωση του ενδιαφέροντος και της περιέργειας των μαθητών μετά από την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης.

Τα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας εργασίας είναι:

α) Υπήρξε διαφορά στη μαθησιακή επίδοση των μαθητών (της πειραματικής ομάδας) μετά την ολοκλήρωση (μεταέλεγχος) της διδακτικής παρέμβασης βασισμένης στη χρήση των κινητών τηλεφώνων και τη διδακτική μεθοδολογία της διερευνητικής μάθησης IBSE (Inquiry Based Science Education) σε σχέση με την επίδοσή τους πριν την παρέμβαση (προέλεγχος);

β) Υπήρξε διαφορά στη μαθησιακή επίδοση των μαθητών που συμμετείχαν στην εφαρμογή των διδακτικών παρεμβάσεων βασισμένων στη χρήση των κινητών

τηλεφώνων και τη διδακτική μεθοδολογία της διερευνητικής μάθησης IBSE (πειραματική ομάδα) σε σχέση τους μαθητές και τις μαθήτριες που συμμετείχαν στην εφαρμογή της παραδοσιακής διδασκαλίας της Φυσικής (ομάδα ελέγχου);

γ) Σε ποιο βαθμό η αξιοποίηση αποδεικτικών στοιχείων από την πειραματική ομάδα οδήγησε στη διατύπωση της σωστής² θεωρίας ή της σωστής κατανόησης μιας έννοιας, δηλαδή στην επιστημονική γνώση;

δ) Υπήρξε διαφορά ανάμεσα στην πειραματική ομάδα και στην ομάδα ελέγχου όσον αφορά στη χρήση αποδεικτικών στοιχείων;

ε) Παρατηρήθηκε αύξηση του ενδιαφέροντος και της περιέργειας των μαθητών για το πεδίο της Μηχανικής του μαθήματος της Φυσικής Α΄ Λυκείου μετά από την εφαρμογή της σειράς των διδακτικών παρεμβάσεων;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ SMARTPHONES ΩΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

1.1 Η χρήση των smartphones στις Φυσικές Επιστήμες

Σήμερα, οι περισσότεροι μαθητές δεν μπορούν να φανταστούν τη ζωή χωρίς smartphone ή tablet. Οι συσκευές αυτές, δημιουργούν νέες δυνατότητες διδασκαλίας και μάθησης, ειδικά στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών (Hochberg et al., 2020) και επιτρέπουν στους μαθητές να πραγματοποιούν διάφορες δραστηριότητες όπως, ακρόαση μουσικής, παρακολούθηση βίντεο, χρήση GPS, λήψη και επεξεργασία

² Ως σωστή θεωρία ορίζεται η αποδεκτή θεωρία από την επιστημονική κοινότητα που δραστηριοποιείται στο πεδίο της Φυσικής.

φωτογραφιών και βίντεο, λήψη σημειώσεων και παιχνίδια. Τα προγράμματα περιήγησης και οι εφαρμογές στα κινητά τηλέφωνα θεωρούνται ως πιθανά εργαλεία διδασκαλίας και μάθησης (Hwang, Lai, Liang, Chu, & Tsai, 2018), τόσο εντός της τάξης όσο και έξω από αυτήν. Η χρήση κινητού τηλεφώνου διευκολύνει και ενισχύει τη μάθηση ενώ παράλληλα αποδίδει παιδαγωγικά οφέλη όπως η ενίσχυση των κινήτρων, των επιτευγμάτων των μαθητών και της επικοινωνίας (Baydas & Yilmaz, 2018). Η χρήση κινητών τηλεφώνων έχει θετική επίδραση στις μαθησιακές επιδόσεις των μαθητών σε συγκεκριμένα αντικείμενα όπως οι Φυσικές Επιστήμες (Bellou, Papachristos, & Mikropoulos, 2018), προσαρμόζεται σε διδακτικές μεθόδους όπως η διερευνητική μάθηση (Suárez, Specht, Prinsen, Kalz, & Ternier, 2018), προωθεί τη συνεργασία, ενισχύει την κριτική σκέψη και παρέχει κίνητρα μάθησης (Chang & Hwang, 2019).

Παρόλη την ευκολία πρόσβασης και τις πολλές δυνατότητες που προσφέρουν τα κινητά τηλέφωνα, η αξιοποίησή τους στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών είναι περιορισμένη ενώ παράλληλα φθίνει το ενδιαφέρον και η ενασχόληση των μαθητών με τις Φυσικές Επιστήμες (Bano et al., 2018). Έρευνες των Bano et al. (2018), Crompton et.al. (2016), Zhai, Zhang, & Li (2018) και Zydney & Warner (2016) έδειξαν ότι οι εκπαιδευτικές εφαρμογές, τα εξ αποστάσεως πειράματα και η χρήση αισθητήρων που υπάρχουν στα κινητά τηλέφωνα, μπορούν να υποστηρίξουν τη διαδικασία διδασκαλίας-μάθησης των Φυσικών Επιστημών. Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση με την αξιοποίηση κινητών τηλεφώνων ενισχύει την εμπλοκή των μαθητών στη βάση της διερευνητικής μάθησης και της επίλυσης προβλημάτων (Nikou & Economides, 2018).

1.2 Η χρήση των smartphones ως πειραματικά εργαλεία

Οι συσκευές αυτές δημιουργούν νέες δυνατότητες στη διδασκαλία και τη μάθηση, ειδικά στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν όχι μόνο για επικοινωνία ή περιήγηση στο διαδίκτυο αλλά και ως φορητά εργαστήρια τσέπης, καθώς διαθέτουν ένα μεγάλο αριθμό ενσωματωμένων αισθητήρων (Hochberg et al., 2020). Αποτελούν χρήσιμες συσκευές για τη συλλογή δεδομένων χάρη στους ενσωματωμένους αισθητήρες που έχουν, όπως είναι το επιταχυνσιόμετρο, το γυροσκόπιο, το μαγνητόμετρο, το GPS, το μικρόφωνο και η κάμερα (Nikolopoulou & Kousloglou, 2019).

Το πλεονέκτημα της χρήσης smartphone ή tablet ως πειραματικών εργαλείων δεν έγκειται μόνο στην ικανότητα λήψης ακριβέστερων μετρήσεων σε σχέση με τις συμβατικές πειραματικές διατάξεις, αλλά στην ικανότητα πραγματοποίησης ποικίλων πειραμάτων καθώς και στη δυνατότητα πραγματοποίησης της πειραματικής διαδικασίας με ταυτόχρονη ανάλυση δεδομένων και λήψη μετρήσεων. Με τους ενσωματωμένους αισθητήρες που υπάρχουν στα smartphones, είναι δυνατή η διερεύνηση φαινομένων στη μηχανική, την ακουστική, τον ηλεκτρομαγνητισμό, την οπτική, ακόμη και τη ραδιενέργεια. Η ερμηνεία των δεδομένων που λαμβάνονται από τον αισθητήρα γίνεται γρήγορα και εύκολα, καθώς οι εφαρμογές παρέχουν αυτόματα πίνακες τιμών, γραφήματα ή άλλες μορφές αναπαράστασης δεδομένων στην οθόνη της συσκευής. Επιπλέον, η εύκολη πρόσβαση στα κινητά τηλέφωνα (καθώς σχεδόν ο κάθε μαθητής έχει το δικό του κινητό) επιτρέπει την ανάθεση εργασίας στο σπίτι δεδομένου ότι τα πειράματα αυτά μπορούν να πραγματοποιηθούν και εκτός σχολικής τάξης (Hochberg et al., 2020).

Έτσι, μπορεί να δημιουργηθούν οι προϋποθέσεις για απρόσκοπτη μάθηση προσανατολισμένη στο πείραμα με τη χρήση κινητών τηλεφώνων. Πολλές έννοιες των Φυσικών Επιστημών μελετώνται πλέον μέσα από εφαρμογές των συσκευών αυτών (Hochberg, Kuhn, & Müller, 2018). Το περιοδικό Physics Teacher έχει δημιουργήσει μια στήλη σχετικά με την αξιοποίηση των κινητών τηλεφώνων ως πειραματικά εργαλεία από το 2012 (J. Kuhn & Vogt, 2015). Παρά τη φαινομενική έκρηξη της χρήσης των κινητών τηλεφώνων ως πειραματικά εργαλεία, έχουν πραγματοποιηθεί λίγες μελέτες (Becker, Klein, & Kuhn, 2018; Hochberg et al., 2018; J. Kuhn & Vogt, 2015; Mazzella & Testa, 2016) σχετικά με τα μαθησιακά αποτελέσματα της χρήσης αυτής στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στη μέση εκπαίδευση (Bano et al., 2018; Oliveira et al., 2019).

Το 2018, στο Journal of Science Education and Technology, οι (Hochberg et al., 2018) δημοσίευσαν μια μελέτη η οποία αποτελούσε μια εμπειρική διερεύνηση και περιείχε εμπειρικά αποδεικτικά στοιχεία σχετικά με την αποτελεσματικότητα της χρήσης των κινητών τηλεφώνων στη διδασκαλία της Φυσικής. Συγκεκριμένα, αναπτύχθηκαν πειράματα που χρησιμοποιούν τους αισθητήρες της επιτάχυνσης των κινητών τηλεφώνων για τη διερεύνηση ενός σημαντικού φαινομένου της Κλασικής Μηχανικής, των μηχανικών ταλαντώσεων. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας έδειξαν αρκετά υψηλότερα επίπεδα στο ενδιαφέρον, την περιέργεια και τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών (Hochberg et al., 2020). Οι Kuhn και Vogt

(2013) χρησιμοποιούν επίσης τα κινητά τηλέφωνα ως πειραματικά εργαλεία και περιγράφουν πειράματα Φυσικής σχετικά με την επιτάχυνση βαρύτητας, φαινόμενα περίθλασης τηλεχειριστηρίων υπέρυθρου καθώς και πειράματα ακουστικής. Υποστηρίζουν ότι η χρήση κινητών τηλεφώνων ως πειραματικά εργαλεία εξασφαλίζουν συνθήκες αυθεντικής μάθησης καθώς και ότι τα πειραματικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται καθημερινά, για τη διερεύνηση φαινομένων Φυσικής, οδηγούν σε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα. Οι Baldock και Johnson (2016) χρησιμοποιούν το επιταχυνσιόμετρο που είναι ενσωματωμένο στο κινητό για να υπολογίσουν το συντελεστή τριβής ολίσθησης, μ_k , ενός αντικειμένου που ολισθαίνει κατά μήκος ενός κεκλιμένου επιπέδου. Οι Patrinoopoulos και Kefalis (2015) χρησιμοποιούν τον αισθητήρα γυροσκοπίου ενός smartphone, π.χ. S3, για τη μελέτη της σύνθετης κίνησης ενός κυλίνδρου σε κεκλιμένο επίπεδο, παριστάνουν τη γραφική παράσταση της γωνιακής ταχύτητας συναρτήσει του χρόνου, $\omega(t)$ και υπολογίζουν τη ροπή αδράνειας του κυλίνδρου.

Οι Kuhn και Vogt (2013a) εξερευνούν διαφορετικούς τύπους ήχου χρησιμοποιώντας το μικρόφωνο ενός smartphone και μια κατάλληλη εφαρμογή. Αντικείμενα που προκαλούν κύματα όπως οι χορδές, οι μεμβράνες ή οι ράβδοι, προκαλούν διακυμάνσεις πίεσης του αέρα στη γειτονική περιοχή, οι οποίες διαδίδονται μέσα στο δωμάτιο με τη μορφή ηχητικών κυμάτων. Ανάλογα με τον μηχανισμό ενεργοποίησης, είναι δυνατή η διάκριση μεταξύ τεσσάρων τύπων ηχητικών κυμάτων: τόνος, ήχος, θόρυβος και κρότος. Στην καθημερινή γλώσσα, οι μη ειδικοί χρησιμοποιούν τους όρους «τόνος» και «ήχος» ως συνώνυμα. Ωστόσο, από τη σκοπιά της Φυσικής υπάρχουν πολύ σαφείς διαφορές μεταξύ των δύο όρων. Τα πειράματα που παρουσιάζονται στο συγκεκριμένο άρθρο επιτρέπουν στους μαθητές να διερευνήσουν και να κατανοήσουν αυτές τις διαφορές. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαπασών και μουσικά όργανα. Τα δεδομένα καταγράφονται χρησιμοποιώντας ένα smartphone εξοπλισμένο με την κατάλληλη εφαρμογή και οι τιμές που λαμβάνονται στο smartphone εμφανίζονται σε ένα στιγμιότυπο οθόνης και στη συνέχεια προβάλλονται απευθείας στο smartphone ή εξάγονται σε ένα πρόγραμμα γραφικών υπολογιστή για εκτύπωση.

Οι Staacks, Hütz, Heinke, και Stampfer (2019) πρότειναν ένα πείραμα που επιτρέπει στους μαθητές τον προσδιορισμό της ταχύτητας του ήχου με τη χρήση του αισθητήρα που υποστηρίζει το μικρόφωνο καθώς αυτό προσφέρει την καλύτερη χρονική ανάλυση καταγράφοντας δείγματα με συχνότητα, συνήθως, 48 Hz. Η μεγάλη

αυτή συχνότητα εξασφαλίζει εγγραφές ήχου υψηλής ποιότητας. Οι Sans et al. (2015) μελέτησαν τη χρήση διαφόρων αισθητήρων που είναι ενσωματωμένοι στα κινητά τηλέφωνα σε πειράματα Φυσικής. Για παράδειγμα, χρησιμοποίησαν το ψηφιακό γυροσκόπιο του smartphone για να μελετήσουν ένα σύστημα συζευγμένων ταλαντωτών και παρουσίασαν μια παρόμοια μελέτη χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα περιβάλλοντος φωτός του smartphone. Επιπλέον, χρησιμοποίησαν το μικρόφωνο του smartphone για να μετρήσουν το φαινόμενο Doppler στα ηχητικά κύματα και σχεδίασαν νέα πειράματα χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα μαγνητικού πεδίου προκειμένου να μελετήσουν φαινόμενα Ηλεκτρομαγνητισμού.

Οι Mazzella και Testa (2016) περιγράφουν τέσσερα πειράματα Φυσικής με τη χρήση κινητού τηλεφώνου θέλοντας να αντιμετωπίσουν συχνές εσφαλμένες αντιλήψεις που έχουν οι μαθητές σχετικά με έννοιες όπως για παράδειγμα η επιτάχυνση. Συγκεκριμένα, οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολία στον προσδιορισμό της σωστής σχέσης ανάμεσα στη θέση, την ταχύτητα και την επιτάχυνση, αδυνατούν να συσχετίσουν τη μεταβολή της ταχύτητας με το αντίστοιχο χρονικό διάστημα, συγχέουν τις έννοιες ταχύτητα και επιτάχυνση καθώς και τις έννοιες ταχύτητα και μεταβολή ταχύτητας (Trowbridge & McDermott, 1981). Στο πρώτο πείραμα, οι Mazzella & Testa (2016) χρησιμοποιούν κεκλιμένο επίπεδο και μελετούν τη σχέση ανάμεσα στην επιτάχυνση του smartphone και τη γωνία του κεκλιμένου επιπέδου σε συνθήκες ισορροπίας. Επίσης, μελετούν τις γραφικές παραστάσεις επιτάχυνσης-χρόνου καθώς το smartphone κινείται επάνω και κάτω κατά μήκος του κεκλιμένου επιπέδου. Στο δεύτερο πείραμα χρησιμοποιούν εκκρεμές για τη μελέτη της επιτρόχιας επιτάχυνσης ενός ταλαντούμενου smartphone καθώς και για τον προσδιορισμό των γραφικών παραστάσεων γραμμικής ταχύτητας συναρτήσεως του χρόνου, $v(t)$, και επιτρόχιας γωνίας συναρτήσεως του χρόνου, $\theta(t)$. Μετρούν, επιπλέον, την περίοδο της ταλάντωσης και την επιτάχυνση της βαρύτητας. Στο τρίτο πείραμα χρησιμοποιούν και πάλι το κεκλιμένο επίπεδο για τη μελέτη των γραφικών παραστάσεων μετατόπιση-χρόνος, $s(t)$, ταχύτητα-χρόνος, $v(t)$, επιτάχυνση-χρόνος, $a(t)$ και υπολογίζουν την επιτάχυνση από αυτές τις γραφικές παραστάσεις. Στο τέταρτο πείραμα χρησιμοποιούν το εκκρεμές για να προσδιορίσουν την εξάρτηση της περιόδου ταλάντωσης από το μήκος του εκκρεμούς, μετρούν την επιτάχυνση βαρύτητας g και προσδιορίζουν την εξίσωση που δίνει την περίοδο του εκκρεμούς. Στη συγκεκριμένη έρευνα οι μαθητές συμμετείχαν σε δύο τύπους δραστηριοτήτων: δραστηριότητες με τη χρήση smartphone και σε δραστηριότητες χωρίς τη χρήση smartphone. Έγινε σύγκριση της ομάδας που

χρησιμοποίησε smartphone με την ομάδα που δε χρησιμοποίησε, ως προς την αποτελεσματικότητα των δραστηριοτήτων με τη χρήση smartphone στην κατανόηση της έννοιας της επιτάχυνσης από τους μαθητές. Τα αποτελέσματα έδειξαν μικρές διαφορές ανάμεσα στις δύο ομάδες. Οι μαθητές που πραγματοποίησαν δραστηριότητες με τη χρήση smartphone ήταν πιο ικανοί να σχεδιάσουν ένα πείραμα για να μετρήσουν την επιτάχυνση και να περιγράψουν σωστά την επιτάχυνση σε μια κίνηση ελεύθερης πτώσης. Ωστόσο, οι μαθητές και των δύο ομάδων είχαν πολλές δυσκολίες στο να σχεδιάσουν το διάγραμμα της επιτάχυνσης κατά μήκος της τροχιάς της κίνησης που μελετήθηκε. Τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι οι δραστηριότητες που βασίζονται στη χρήση smartphone μπορεί να είναι αποτελεσματικά υποκατάστατα των παραδοσιακών πειραματικών διατάξεων και να αποτελούν πολύτιμη βοήθεια για τους εκπαιδευτικούς που θέλουν να εφαρμόσουν εργαστηριακές δραστηριότητες σε επίπεδο δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Ωστόσο, για να επιτευχθεί μια βαθύτερη εννοιολογική κατανόηση της έννοιας της επιτάχυνσης, πρέπει να αντιμετωπιστούν ορισμένα ζητήματα: ποιο είναι το σύστημα αναφοράς του ενσωματωμένου αισθητήρα smartphone, σχέσεις μεταξύ γραφημάτων επιτάχυνσης που λαμβάνονται από το smartphone και της πειραματικής διάταξης και διανυσματική αναπαράσταση της μετρούμενης επιτάχυνσης (Mazzella & Testa, 2016).

Η χρήση των κινητών τηλεφώνων ως πειραματικά εργαλεία οδηγεί στην αποτελεσματικότητα των μαθητών σχετικά με την ικανότητά τους να ανταποκρίνονται στις πειραματικές διαδικασίες. Επιπλέον, η διερευνητική μάθηση στο πλαίσιο της πειραματικής διδασκαλίας είναι δυνατό να υποστηριχτεί με τη χρήση κινητών τηλεφώνων (Arabacioglu & Unver, 2016).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ IBSE

2.1 Η Διερευνητική μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες (Inquiry-Based Science Education, IBSE): περιγραφή και ορισμοί

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες έχει δοθεί έμφαση στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών η οποία βασίζεται στη διερεύνηση (Inquiry-Based Science Education, IBSE). Η διερευνητική μάθηση δίνει ευκαιρίες στους μαθητές να εξετάσουν ένα πρόβλημα, να αναζητήσουν πιθανές λύσεις, να παρατηρούν, να θέτουν ερωτήματα, να ελέγχουν ιδέες, να σκέφτονται δημιουργικά και να συνδέουν τη νέα γνώση με την προηγούμενη και την ήδη υπάρχουσα εμπειρία τους. Με την εμπλοκή τους στη διερευνητική μάθηση, οι μαθητές εξοικειώνονται με την επιστημονική μέθοδο που χρησιμοποιούν οι κοινότητες των επιστημόνων για τη διερεύνηση φαινομένων και

αξιολογούν τον τρόπο που κατανοούν υπό το φως των αποδεικτικών στοιχείων που έχουν στη διάθεσή τους (Gillies, 2020).

Η διερευνητική μάθηση στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, Inquiry-Based Science Education, IBSE, αποτελεί μια διδακτική μεθοδολογία που έχει σχεδιαστεί με σκοπό να δώσει κίνητρα για την ανάπτυξη ικανοτήτων (αναφορικά με το περιεχόμενο, τις δεξιότητες και τις στάσεις) και να αποτρέψει την απλή συσσώρευση και απομνημόνευση της επιστημονικής γνώσης (Mata-Torres, Cal, & Greca, 2022). Η μεθοδολογία IBSE βασίζεται στην ιδέα ότι οι μαθητές δεν μπορούν να κατανοήσουν την επιστήμη και τη φύση των υπό διερεύνηση φαινομένων χωρίς άμεσο πειραματισμό (National Research Council, 2012). Η εργασία με τη συγκεκριμένη μεθοδολογία συνεπάγεται ότι οι μαθητές πρέπει να είναι ικανοί τόσο να θέτουν επιστημονικά ερωτήματα όσο και διατυπώνουν το υπό διερεύνηση πρόβλημα. Περιλαμβάνει επίσης το σχεδιασμό και τη διαδικασία της έρευνας, την ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, τη χρήση εγκάρσιου περιεχομένου όπως γνώση Μαθηματικών και Τεχνολογίας Πληροφοριών και Επικοινωνίας, ΤΠΕ, επιστημονική εξήγηση ενός γεγονότος, ανάπτυξη μοντέλων, αξιολόγηση των αποτελεσμάτων συνοψίζοντας τη διαθέσιμη πληροφορία και τέλος, επικοινωνία (Couso-Lagarón, 2014).

Στο πλαίσιο της διερευνητικής μάθησης οι μαθητές προβλέπουν, σχεδιάζουν, συλλέγουν δεδομένα, οργανώνουν την εμπειρία, αναζητούν νέα πρότυπα και σχέσεις και διατυπώνουν νέα προβλήματα (Worth, 2010). Κατανοούν επιστημονικές έννοιες, αποκτούν δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων καθώς και συνηθειών στον τρόπο σκέψης που θα τους ακολουθήσουν σε όλη τους τη ζωή (Lin et al., 2021; Worth, 2010). Η μεθοδολογία IBSE στοχεύει να παρέχει στους μαθητές τη γνώση μέσω της έρευνας και δεν επιδιώκει την πρόσληψη της γνώσης που προέρχεται απευθείας από τους εκπαιδευτικούς (Lazonder & Harmsen, 2016). Ένα βασικό στοιχείο των διάφορων ορισμών της μεθοδολογίας IBSE είναι ότι οι μαθητές εμπλέκονται ενεργά, hands-on και mind-on, στη μαθησιακή διαδικασία με έμφαση στις παρατηρήσεις και τα πειράματα ως πηγές αποδεικτικών στοιχείων που οδηγούν σε αξιόπιστα συμπεράσματα (Salchegger, Wallner-Paschon, & Bertsch, 2021). Η έννοια της πρακτικής, hands-on, εξάσκησης αντικατοπτρίζεται επίσης στον ορισμό της PISA (OECD, 2016): «*Η διερευνητική μάθηση για τις Φυσικές Επιστήμες αφορά στη συμμετοχή των μαθητών σε πειράματα και πρακτικές, hands-on, δραστηριότητες καθώς και στην ενθάρρυνσή τους ώστε να μπορέσουν να αναπτύξουν μια εννοιολογική κατανόηση των επιστημονικών ιδεών*» (σ. 69).

Ο ακόλουθος ορισμός των Εθνικών Προτύπων Επιστημονικής Εκπαίδευσης (National Science Education Standards, NSES) αναλύει τη μεθοδολογία IBSE σε συγκεκριμένες δραστηριότητες, έχει εφαρμοστεί και αναφερθεί συχνά στη βιβλιογραφία και έχει συνεισφέρει στην ενημέρωση και την ανάπτυξη των ερωτηματολογίων PISA (Jerrim, Oliver & Sims, 2019):

Η έρευνα είναι μια πολύπλευρη δραστηριότητα η οποία περιλαμβάνει την παρατήρηση, τη διατύπωση ερωτημάτων, τη μελέτη βιβλίων και άλλων πηγών πληροφορίας, το σχεδιασμό της έρευνας, την επανεξέταση της υπάρχουσας γνώσης υπό το φως των πειραματικών αποδεικτικών στοιχείων, τη χρήση εργαλείων για τη συλλογή, ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων και κοινοποίηση των αποτελεσμάτων (National Research Council, 1996b).

Η διερευνητική μάθηση απαιτεί περισσότερο χρόνο προετοιμασίας από την πλευρά του εκπαιδευτικού και περισσότερη δημιουργικότητα, ωστόσο, για τους μαθητές, είναι πιο ενδιαφέρουσα σε σχέση με την παθητική παρακολούθηση διαλέξεων (Koudelkova, 2022).

2.2 Σχεδιάζοντας τη διδασκαλία με βάση τη μεθοδολογία IBSE

Η μάθηση μέσω διερεύνησης είναι ένας ετερογενής όρος και είναι επίσης γνωστός με άλλες ονομασίες όπως: καθοδηγούμενη μάθηση (guided learning), καθοδηγούμενη διερεύνηση (guided inquiry) ή διερευνητική μάθηση (inquiry-based learning). Οι μεθοδολογίες αυτές είναι επαγωγικές και όχι μόνο έχουν διαφορετικά ονόματα, αλλά αντιπροσωπεύουν και διαφορετικές μεθόδους διδασκαλίας (Corbett, 2014). Στο PROFILES Project (2012) παρέχονται διαφορετικές προοπτικές διδασκαλίας που σχετίζονται με τον όρο Διερευνητική Επιστημονική Μάθηση (IBSE) σύμφωνα με τις σύγχρονες πρακτικές της μεθοδολογίας IBSE και τις εξελίξεις στο πεδίο αυτό, παγκοσμίως και περιγράφονται αναλυτικά δραστηριότητες και πειράματα στα διαφορετικά επίπεδα της διερευνητικής μεθόδου IBSE.

Η διδακτική μεθοδολογία της διερευνητικής μάθησης για τις Φυσικές Επιστήμες αυξάνει το ενδιαφέρον των μαθητών, τα μαθησιακά επιτεύγματα και διεγείρει τα κίνητρα τόσο για μαθητές όσο και για εκπαιδευτικούς (Padilla et al., 2012). Η αλλαγή στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, περνώντας από απαγωγικές (deductive) σε διερευνητικές, επαγωγικές (inductive) μεθόδους, έχει άμεση

επίραση στον τρόπο που διδάσκουν οι εκπαιδευτικοί οι οποίοι είναι οι βασικοί παράγοντες της διδακτικής διαδικασίας των Φυσικών Επιστημών. Οι ικανότητες του εκπαιδευτικού, η αυτοαποτελεσματικότητά του, ο προσωπικός τρόπος που έχει να εφαρμόζει τις νέες μεθόδους διδασκαλίας, τα κίνητρα που αυτές οι μέθοδοι δίνουν καθώς και ο συλλογικός αναστοχασμός με άλλους εκπαιδευτικούς είναι απαραίτητα στοιχεία για την επιτυχία κάθε επιστημονικής εκπαιδευτικής μεταρρύθμισης (Rocard, 2007).

Στο πλαίσιο μεταπτυχιακού προγράμματος για εκπαιδευτικούς δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης οι οποίοι πρόκειται να διδάξουν Φυσικές Επιστήμες, οι Padilla et al. (2012) παρουσίασαν την εμπειρία των εκπαιδευόμενων και αξιολόγησαν τις επιδόσεις τους με ερωτηματολόγιο. Οι εκπαιδευόμενοι σχεδίασαν μια ενότητα σχετικά με την υπερθέρμανση του πλανήτη σύμφωνα με τη μεθοδολογία IBSE των τριών σταδίων: 1) Εισαγωγικό Σενάριο, 2) Έρευνα στο Εργαστήριο και 3) Λήψη Αποφάσεων. Τίθεται το ακόλουθο πρόβλημα προς επίλυση: «Θα βυθιστούν οι παράκτιες περιοχές μας λόγω της υπερθέρμανσης του πλανήτη;». Οι δεξιότητες που αναμένεται να αποκτηθούν είναι: ερευνητικές δεξιότητες, δεξιότητες χειρισμού, συνεργασίας, εννοιολογική κατανόηση, θεωρητική ανάπτυξη και εφαρμογή, πειραματική ανάλυση σφαλμάτων και δεξιότητες επικοινωνίας. Το περιεχόμενο του προγράμματος σπουδών σχετίζεται με τη Χημεία, και ειδικότερα με τη μελέτη των ιδιοτήτων του νερού στη στερεά κατάσταση, την πυκνότητα, τους δεσμούς υδρογόνου και άλλα. Το 1^ο στάδιο της μεθοδολογίας IBSE αποτελεί το «Σενάριο» όπου ο εκπαιδευτικός περιγράφει σύντομα την υπερθέρμανση του πλανήτη και παρουσιάζει στους μαθητές το πρόβλημα: Ποια είναι η πιθανότητα να χάσουμε την ακτογραμμή μας εάν αυξηθεί η στάθμη της θάλασσας; Στο 2^ο στάδιο, οι μαθητές πρέπει να επιλύσουν ένα πρόβλημα που βασίζεται στη διερεύνηση αξιοποιώντας μια δραστηριότητα επίλυσης προβλημάτων. Αυτή η δραστηριότητα συνίσταται στην αναζήτηση σχετικών πληροφοριών που υποστηρίζουν τις γνώσεις του μαθητή και στην εφαρμογή ενός πειραματικού σχεδίου, προκειμένου να μάθουν περισσότερα για τις ιδιότητες του μείγματος νερού-πάγου. Τέλος, στο 3^ο στάδιο, οι μαθητές συσχετίζουν δεδομένα που συλλέχθηκαν από την αναζήτηση και την έρευνά τους (παρατηρήσεις στο εργαστήριο, επεξεργασία δεδομένων και υπολογισμοί) προκειμένου να δώσουν μια τεκμηριωμένη γνώμη στο αρχικό ερώτημα που τέθηκε. Τα αποτελέσματα του εκπαιδευτικού προγράμματος των Padilla et al. (2012) έδειξαν ότι αυτό επηρέασε θετικά την ικανότητα και την αυτοπεποίθηση των εκπαιδευόμενων εκπαιδευτικών να προωθήσουν τη διδασκαλία των Φυσικών

Επιστημών που σχετίζεται με τη μεθοδολογία IBSE και ως εκ τούτου αύξησε την αυτο-αποτελεσματικότητά τους ως προς τη διδασκαλία με έναν τρόπο καινοτόμο και πιο μαθητοκεντρικό.

Το National Research Council (1996a), το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των ΗΠΑ, παρέχει μέσω των Εθνικών Προτύπων Εκπαίδευσης Επιστημών τα πέντε βασικά στοιχεία της διερεύνησης ως διδακτικής μεθοδολογίας:

1. Οι μαθητές μελετούν ερωτήματα με επιστημονικό προσανατολισμό.
2. Δίνεται προτεραιότητα σε αποδεικτικά στοιχεία για την ανάπτυξη και αξιολόγηση ερμηνειών.
3. Διατύπωση ερμηνειών που προέρχονται από αποδεικτικά στοιχεία με σκοπό την απάντηση σε επιστημονικά ερωτήματα.
4. Αξιολόγηση ερμηνειών υπό το φως εναλλακτικών ερμηνειών.
5. Κοινοποίηση και αιτιολόγηση των προτεινόμενων ερμηνειών.

Σύμφωνα με την Corbett (2014), η προηγούμενη περιγραφή των πέντε στοιχείων είναι χρήσιμη εκτός της τάξης, αλλά δεν θα μπορούσε να εφαρμοστεί εύκολα ή ομαλά μέσα στην τάξη καθώς υπάρχουν πάρα πολλές λεπτομέρειες και όχι αρκετά ισχυρό πλαίσιο ώστε να μπορούν οι εκπαιδευτικοί να εσωτερικεύσουν και να μεταδώσουν στους μαθητές τη γνώση μέσω της διερεύνησης.

Ο Oliveira (2010) επισήμανε ότι οι μαθητοκεντρικές ερωτήσεις προκάλεσαν μεγαλύτερες και σαφέστερα διατυπωμένες απαντήσεις από τους μαθητές, έθεσαν τις βάσεις για ένα υψηλότερο επίπεδο σκέψης των μαθητών, τους πρόσφεραν ευκαιρίες για να εργαστούν ως ειδικοί και τους ενθάρρυναν να διεξάγουν αυθεντικές έρευνες. Η αμφισβήτηση βρίσκεται επίσης στο επίκεντρο της διερευνητικής μάθησης (Chin & Osborne, 2010). Σύμφωνα με τους Abrami et al. (2008), όσο σημαντική και αν θεωρείται η ανάπτυξη δεξιοτήτων κριτικής σκέψης, οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να λάβουν μέτρα ώστε να κάνουν τους στόχους που σχετίζονται με την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης ξεκάθαρους και σαφείς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΚΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ

3.1 Η καινοτομική αντίληψη και τα Αναλυτικά Προγράμματα

Τα παραδοσιακά Αναλυτικά Προγράμματα και η διδακτική των Φυσικών Επιστημών όπως είχαν διαμορφωθεί μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1980, αποτελούσαν κληρονομιά της Βιομηχανικής Επανάστασης και ήταν προσαρμοσμένα σε απαιτήσεις που είχαν τις ρίζες τους μακριά από το εκπαιδευτικό σύστημα (Lewis, 1972; Matthews, 2007). Η κύρια απαίτηση ήταν η επαγγελματική εξειδίκευση όπως επίσης συνέβη τα χρόνια από το 1957 έως το 1987 στις ΗΠΑ μετά την επιτυχή σοβιετική εκτόξευση του Sputnik στις 4 Οκτωβρίου του 1957. Ο Matthews (2007) αναφέρει ότι παρόλη την έντονη νομοθετική και οικονομική πίεση, υπήρχε μια κρίση στο χώρο της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών γνωστή ως «η κρίση του γραμματισμού στις φυσικές επιστήμες» (σ. 119). Η αφορμή, ωστόσο, για να κινητοποιηθεί η κυβέρνηση των ΗΠΑ και να λάβει μέτρα ήταν η έκθεση *A Nation at Risk* που δημοσιεύτηκε το 1983 (Gardner et al., 1983).

Απάντηση στην κρίση αυτή δίνουν τα Αναλυτικά Προγράμματα των Φυσικών επιστημών που αξιοποιούν την καινοτομική προσέγγιση της διδασκαλίας, μιας διδασκαλίας με πολιτισμικό προσανατολισμό ενταγμένης σε ένα κοινωνικό πλαίσιο (Matthews, 2007). Τα προγράμματα αυτά διέπονται από τρεις βασικές ιδέες: την

έρευνα, την εξασφάλιση κινήτρων και την επίλυση προβλήματος (Κολιόπουλος, Αντωνίου, Μαυροπούλου & Μπαγάκης, 1985). Οι καινοτομικές αλλαγές στα προγράμματα αυτά προήρθαν τόσο από την ανάγκη να επεκταθεί η εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών σε πληθυσμό μικρότερων ηλικιών όσο και από την απαίτηση για αυξημένο αριθμό καταρτισμένων επαγγελματιών επιστημόνων (Κολιόπουλος, 2006).

Οι νέες αντιλήψεις που επηρεάζουν τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σχετίζονται με δύο παράγοντες. Ο πρώτος παράγοντας αφορά στις επιστημολογικές αναλύσεις του περιεχομένου και της διάδοσης των Φυσικών Επιστημών, οι οποίες επιφέρουν αλλαγές και επαναπροσδιορίζουν τις τρεις διαστάσεις (εννοιολογική, μεθοδολογική και πολιτισμική) της σχολικής επιστημονικής γνώσης. Έτσι, η διδακτέα ύλη αναδιατάσσεται με βάση τις θεμελιώδεις αρχές των Φυσικών Επιστημών (εννοιολογική διάσταση), αναβαθμίζεται ο ρόλος του πειράματος και επιδιώκεται η ανάπτυξη των μεθοδολογικών δεξιοτήτων (μεθοδολογική διάσταση), ενώ θεωρείται αναγκαία η οργανική ένταξη στοιχείων ιστορίας, ζητημάτων καθημερινής ζωής και τεχνολογικής πραγματικότητας (πολιτισμική διάσταση) στις διάφορες θεματικές ενότητες (Δόσης, 2014; Κολιόπουλος, 2006). Ο δεύτερος παράγοντας σχετίζεται με τα θεωρητικά ρεύματα που αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο της γνωστικής ψυχολογίας, τα οποία είχαν σκοπό την ερμηνεία του τρόπου με τον οποίο τα παιδιά αφομοιώνουν τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Η θεωρία του Piaget χρησιμοποιήθηκε ως εργαλείο για το σχεδιασμό αναλυτικών προγραμμάτων που βασίζονταν σε δραστηριότητες σύμφωνες με το βαθμό νοητικής ανάπτυξης των παιδιών (Bliss, 2001; Κολιόπουλος, 2006 & 2001).

3.2 Τα χαρακτηριστικά της καινοτομικής αντίληψης στο Αναλυτικό Πρόγραμμα των Φυσικών Επιστημών

Βασικό ζητούμενο στο σχεδιασμό Αναλυτικών Προγραμμάτων είναι ο μετασχηματισμός της επιστημονικής γνώσης σε σχολική. Στην παραδοσιακή αντίληψη για το σχεδιασμό Αναλυτικών Προγραμμάτων υπάρχει ο κίνδυνος της απλής αναπαραγωγής του διδακτικού υλικού που είναι προϊόν έρευνας. Επίσης, η συγκεκριμένη αντίληψη δε διαθέτει ευέλικτες στρατηγικές ώστε να αντιμετωπίζεται ποικιλία αρχικών βιωματικών ιδεών που έχουν οι μαθητές. Το πρόβλημα αναζήτησης ενός αποτελεσματικού μετασχηματισμού της επιστημονικής σε σχολική γνώση, σε

επίπεδο Αναλυτικού Προγράμματος, επιχειρεί να επιλύσει η καινοτομική αντίληψη (Κολιόπουλος, 2006). Σύμφωνα με τον Κολιόπουλο (2006) η καινοτομική αντίληψη αξιοποιεί τρεις διαστάσεις της επιστημονικής γνώσης, την εννοιολογική, τη μεθοδολογική και την πολιτισμική και δημιουργεί αντίστοιχους διδακτικούς στόχους.

Αποτέλεσμα του διδακτικού μετασχηματισμού των τριών διαστάσεων της επιστημονικής γνώσης (εννοιολογικής, μεθοδολογικής, πολιτισμικής) είναι τα ακόλουθα τέσσερα χαρακτηριστικά της καινοτομικής αντίληψης όσον αφορά στο Αναλυτικό Πρόγραμμα των Φυσικών Επιστημών:

i. Η διαμόρφωση ευρέων θεματικών ή εννοιολογικών ενοτήτων.

Στο πλαίσιο της καινοτομικής αντίληψης ενοείται η διαμόρφωση ευρέων θεματικών ή εννοιολογικών ενοτήτων και η δόμηση του περιεχομένου γύρω από μία έννοια ή το λεγόμενο *καθοδηγούν θέμα*. Έτσι, τα Αναλυτικά Προγράμματα που σχεδιάζονται με βάση την καινοτομική αντίληψη, δε χαρακτηρίζονται από τη διασπορά και τον κατακερματισμό θεμάτων και εννοιολογικών πλαισίων όπως συμβαίνει στην παραδοσιακή αντίληψη αλλά από τη θεώρηση του εννοιολογικού πλαισίου ως οργανωτικής αρχής τους. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της αντίληψης αυτής είναι το γαλλικό πρόγραμμα «Libres Parcours» (Ελεύθερες Διαδρομές). Ένα άλλο παράδειγμα με χαρακτηριστικά καινοτομικής αντίληψης, όπου είναι φανερή η θεματική ή εννοιολογική οργάνωση, είναι το ελληνικό αναλυτικό πρόγραμμα που αποτυπώνεται στο σχολικό εγχειρίδιο των Δαπόντε, Κασέτα, Μουρίκη και Σκιαθίτη (Δαπόντες, Κασέτας, Μουρίκης & Σκιαθίτης, 1997; Κολιόπουλος, 2006).

ii. Η «σε βάθος» πραγμάτευση ενός εννοιολογικού πλαισίου με παράλληλη εισαγωγή στοιχείων ποιοτικής φυσικής.

Σύμφωνα με τον Κολιόπουλο (2006) η διαμόρφωση των ευρέων θεματικών ή εννοιολογικών ενοτήτων ακολουθεί η σε βάθος πραγμάτευση ενός εννοιολογικού πλαισίου ή μικρού αριθμού εννοιολογικών πλαισίων. Η κατανόηση των εννοιών των φυσικών επιστημών είναι εφικτή μέσα από τις σχέσεις της μιας έννοιας με τις υπόλοιπες έννοιες του εννοιολογικού συστήματος, αναδεικνύοντας έτσι τη *συστημική* διάσταση στο νόημα των επιστημονικών εννοιών. Στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, το εννοιολογικό πλαίσιο εξασφαλίζει μια διαλεκτική σχέση *ποιοτικού-ποσοτικού*. Η ημιποσοτική προσέγγιση των εννοιών επιτυγχάνεται μέσω των ποιοτικών

χαρακτηριστικών του εννοιολογικού πλαισίου και παράλληλα, τα χαρακτηριστικά αυτά συναρτώνται άμεσα με την ποσοτική προσέγγιση.

iii. Η επίδραση της «υποθετικο-παραγωγικής» μεθοδολογικής προσέγγισης.

Η υποθετικο-παραγωγική λογική της επιστήμης βασίζεται στην αντίληψη πως πριν από οποιαδήποτε παρατήρηση, πείραμα ή θεωρητικό έλεγχο υπάρχει μια υπόθεση (Carnap, 1994) που έχει τις απαρχές της στο προϋπάρχον σώμα γνώσης (Popper, 1999). Τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει από το πείραμα ή την παρατήρηση εμπεριέχουν μια συγκεκριμένη κοσμοαντίληψη. Ή, σύμφωνα με τον Feyerabend (2000), τα πειραματικά δεδομένα είναι εμποτισμένα με τη θεωρία. Σε αντίθεση με τους επαγωγιστές σύμφωνα με τους οποίους η επιστημονική γνώση θεμελιώνεται στις παρατηρήσεις, κατά την υποθετικο-παραγωγική επιστημονική μέθοδο, η θεωρία προηγείται της παρατήρησης (Chalmers, 2012).

Βασικό χαρακτηριστικό της υποθετικο-παραγωγικής μεθόδου είναι η επανάληψη. Αρχικά, τίθεται ένα πρόβλημα στο πλαίσιο της υπάρχουσας γνώσης. Διατυπώνεται η υπόθεση η οποία έχει το χαρακτήρα πιθανής απάντησης στο πρόβλημα. Η υπόθεση ελέγχεται από το πείραμα και αναμένεται να είναι σύμφωνη με την υπάρχουσα κοσμοαντίληψη, αυτό που ο Kuhn (1987) αποκαλεί «κανονική επιστήμη». Όταν, όμως, η υπόθεση δε δίνει τις προβλεπόμενες λύσεις και δεν εντάσσεται στο υπόβαθρο της κανονικής επιστήμης, τότε εκδηλώνεται μια προβληματική κατάσταση όπου οι παραλλαγές μια θεωρίας πολλαπλασιάζονται και η ασάφεια μεγεθύνεται. Ο Kuhn αποκαλεί την περίοδο αυτή «κρίση» και τη μετάβαση σε ένα νέο Παράδειγμα «επιστημονική επανάσταση» (Kuhn, 1987; Αναπολιτάνος, Αραμπατζής, Καρακώστας, & Κιντή, 2003). Όταν η επιτευχθεί η εσωτερική συνοχή, η υπόθεση παίρνει τη μορφή της θεωρίας και τα αποτελέσματα ανακοινώνονται. Η θεωρία υπόκειται σε ένα είδος «φυσικής επιλογής» ανάμεσα σε άλλες ανταγωνιστικές θεωρίες. Η επικρατούσα θεωρία αποτελεί το νέο πλαίσιο μέσα στο οποίο ερμηνεύονται πειραματικά ή θεωρητικά δεδομένα και γίνονται προβλέψεις. Η διαδικασία αρχίζει από την αρχή με νέα θεωρία ή βελτίωση της παλιάς (Dodig-Crnkovic & Crnkovic, 2003).

Μια από τις πιο σημαντικές ιδιότητες της επιστήμης είναι ο *προσωρινός χαρακτήρας* της ο οποίος εκφράζεται από την επανεξέταση και τη συνεχή διόρθωση. Όλες οι επιστημονικές αλήθειες είναι προσωρινές. Ωστόσο, για να αποκτήσει μια υπόθεση το κύρος μιας θεωρίας, θα πρέπει να γίνει αποδεκτή από την επιστημονική κοινότητα. Στα πεδία όπου δεν υπάρχουν κοινά αποδεκτές θεωρίες (π.χ., ερμηνεία της

εξέλιξης του Σύμπαντος – όπου η θεωρία του Big Bang είναι η επικρατέστερη) ο αριθμός των εναλλακτικών υποθέσεων συνιστά το σώμα της επιστημονικής γνώσης (Dodig-Crnkovic, 2002).

Ωστόσο, η υποθετικο-παραγωγική μέθοδος της επιστημονικής γνώσης (με βασικό εκφραστή τον K. Popper) δεν ταυτίζεται με αυτή της σχολικής γνώσης. Σύμφωνα με τον Κουλαΐδη (2001), η σχολική γνώση δεν είναι απλοποιημένη εκδοχή της φυσικο-επιστημονικής γνώσης αλλά *βαθύτερος μετασχηματισμός* της. Τα στοιχεία της επιστημονικής γνώσης υφίστανται *αναπλαισίωση* όταν μεταφέρονται από το πεδίο παραγωγής της γνώσης στο πεδίο της σχολικής γνώσης. Κατά την αναπλαισίωση, η διαδικασία του συμπερασμού συνδυάζει τόσο την πορεία από το γενικό προς το ειδικό όσο και την επιβεβαίωση (Κολιόπουλος, 2006; Κουλαΐδης, 2001).

Έτσι, σε αντίθεση με την παραδοσιακή αντίληψη που η επίδραση της υποθετικο-παραγωγικής μεθόδου επικεντρώνεται στη συστηματική συλλογή παρατηρήσεων και συναγωγή συμπερασμάτων, στην καινοτομική αντίληψη η υποθετικο-παραγωγική προσέγγιση δίνει έμφαση στην *επίλυση προβλημάτων*. Βέβαια, στην καινοτομική αντίληψη τα προς επίλυση προβλήματα που τίθενται, δεν αφορούν ούτε τις τυπικές ασκήσεις ούτε τις εργαστηριακές ασκήσεις όπου ζητείται να εκτελεσθούν πιστά μια σειρά από εντολές και να καταλήξουν οι μαθητές σε ένα «προαναγγελθέν» συμπέρασμα. Αντίθετα, αναβαθμίζεται ο ρόλος του πειράματος το οποίο πλέον θεωρείται ο φυσικός τόπος επίλυσης των προβλημάτων. Κατά συνέπεια, αναβαθμίζεται ο ρόλος των μεθοδολογικών δεξιοτήτων κυρίως αυτών που αφορούν την πειραματική πρακτική, χωρίς ωστόσο, να αποτελούν οι ίδιες αυτοσκοπό αλλά διευκολύνουν την επίλυση προβλημάτων (Κολιόπουλος, 2006).

Οι καινοτομικές αντιλήψεις σχετικά με την πειραματική πρακτική εκφράζονται μέσω της τρίτης μεθόδου, της διερευνητικής. Οι Pekmez, Johnson, & Gott (2005) αποκαλούν το μοντέλο της πειραματικής διδασκαλίας που εκφράζει τη *διερευνητική μέθοδο*, «μοντέλο απόδοσης» («performance model»). Το μοντέλο αυτό απεικονίζει την κατανόηση τόσο της διαδικασίας όσο και του περιεχομένου. Συνεπώς, η πειραματική δραστηριότητα χρησιμοποιείται ως πλαίσιο επεξήγησης καθώς και για την επιλογή και οργάνωση δεξιοτήτων που αφορούν τις διανοητικές λειτουργίες. Ο απώτερος σκοπός είναι να αναπτύξουν οι μαθητές *δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων* (Mudau & Tabane, 2014; Pekmez et al., 2005).

- iv. *Η οργανική ένταξη της πολιτισμικής διάστασης των φυσικών επιστημών στις διάφορες θεματικές ενότητες.*

Η πολιτισμική διάσταση της σχολικής επιστημονικής γνώσης αφορά σε ζητήματα καθημερινής ζωής, τεχνολογίας ή σε θέματα ιστορίας των φυσικών επιστημών. Η ένταξή της στο πλαίσιο της καινοτομικής αντίληψης γίνεται με εντελώς διαφορετικό τρόπο από ό,τι στην παραδοσιακή αντίληψη. Η πολιτισμική διάσταση στην καινοτομική αντίληψη, συνιστά το πλαίσιο διαπραγμάτευσης τόσο της εννοιολογικής όσο και της μεθοδολογικής συνιστώσας της επιστημονικής γνώσης. Επιπλέον, αποτελεί τη βάση σχεδιασμού μιας ευρείας ενότητας ή ακόμη και ολόκληρου του αναλυτικού προγράμματος (Κολιόπουλος, 2006).

Τα Αναλυτικά Προγράμματα Φυσικής και Χημείας στη Γαλλία για τη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση προτείνουν την εισαγωγή στοιχείων ιστορίας της επιστήμης (Κολιόπουλος, 2006). Δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην «πολιτισμική» διάσταση, η οποία δεν είναι σαφώς καθορισμένη αλλά αναφέρεται κυρίως σε στοιχεία επιστημολογικής φύσης. Επίσης, τα λίγα παραδείγματα δραστηριοτήτων που προτείνονται από τα αναλυτικά προγράμματα και τα σχολικά εγχειρίδια τα οποία βασίζονται στην ιστορία της επιστήμης, λειτουργούν ως μέσον για τη μάθηση του επιστημονικού περιεχομένου και δίνουν μια απλοϊκή και εσφαλμένη εικόνα για τη φύση της επιστήμης. Η ελλιπής και εσφαλμένη αυτή εικόνα οφείλεται στις προσεγγίσεις που ακολουθήθηκαν, στο λεξιλόγιο που χρησιμοποιήθηκε καθώς και σε συγκεκριμένη επιλογή ιστορικών στοιχείων. Τα στοιχεία αυτά συνήθως αναφέρονται σε ένα πρόσωπο το οποίο είναι το πιο γνωστό σε ένα πεδίο της επιστήμης. Οι ανακαλύψεις παρουσιάζονται ότι συμβαίνουν μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα και αναφέρονται σε συγκεκριμένη ημερομηνία, είναι επινοήσεις μιας μόνο εξαιρετικής ιδιοφυίας, μιας ξεχωριστής ιδέας ή ενός πειράματος αποφασιστικής σημασίας. Η αντιμετώπιση αυτή των ιστορικών στοιχείων συσκοτίζει τη σημασία της επιστημονικής μεθοδολογίας καθώς και τη σημασία της κοινωνικής και πολιτισμικής διάστασης της επιστήμης. Παραβλέπει την ποικιλομορφία των επιστημονικών ζητημάτων (θεωρητική, πειραματική, τεχνική, επιστημολογική διάσταση), τις θεωρητικές, επιστημολογικές και μεταφυσικές υποθέσεις των επιστημόνων οι οποίες κατευθύνουν τη δουλειά τους καθώς και τον προβληματισμό σχετικά με την αναγνώριση των στοιχείων εκείνων που χαρακτηρίζουν την επιστήμη σε σχέση με άλλα πολιτισμικά πεδία (ιδιαίτερη φύση της επιστημονικής διερεύνησης, αποδείξεις και μέθοδοι).

Η εξέταση της δυνατότητας επικοινωνίας και λειτουργικής σχέσης ανάμεσα στην *ιστορία της επιστήμης* και τη *φύση της επιστήμης* αποτελεί βασικό θέμα έρευνας. Η ιστορική και επιστημολογική ανάλυση υποδεικνύουν τη διάκριση διαφορετικών στόχων μάθησης. Στη συνέχεια, οι στόχοι αυτοί δίνουν τη δυνατότητα δημιουργίας διαφορετικών δραστηριοτήτων (Maurines & Beaufils, 2013).

Στην καινοτομική αντίληψη, η πολιτισμική συνιστώσα της σχολικής επιστημονικής γνώσης σχετίζεται με την έννοια του επιστημονικού αλφαριθμητισμού ή της επιστημονικής καλλιέργειας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα προγράμματος που έχει ως στόχο την ανάπτυξη επιστημονικά καλλιεργημένων ατόμων είναι το «Επιστήμη, Τεχνολογία, Κοινωνία» (Science, Technology, Society ή STS) που εμφανίστηκε τη δεκαετία του '80 (Κολιόπουλος, 2001). Η σχέση Επιστήμης, Τεχνολογίας, Κοινωνίας, δεν είναι γραμμική αλλά τα τρία αυτά πεδία αλληλεπιδρούν με έναν δυναμικό και σύνθετο τρόπο. Ο σύγχρονος άνθρωπος θα πρέπει να διαθέτει τις απαραίτητες γνώσεις έτσι ώστε να είναι σε θέση να παίρνει τις κατάλληλες αποφάσεις στο πλαίσιο των διαφορετικών οντολογικών ρόλων του (ως πολίτης, καταναλωτής, εργαζόμενος και ιδιώτης) (Solomon, 2001).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Η ΕΝΝΟΙΑ «GRASP OF EVIDENCE»: Η ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΤΩΝ ΑΠΟΔΕΙΚΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1 Η έννοια «Grasp of Evidence»: Η πρόσληψη αποδεικτικών στοιχείων

Ο σύγχρονος κόσμος της πληροφορίας είναι γνωστικά και επιστημονικά περίπλοκος, γεμάτος από συγκρούσεις, παραπληροφόρηση και ποικίλες μορφές αδύναμων αποδεικτικών στοιχείων. Για να προετοιμαστούν οι μαθητές για έναν τέτοιο κόσμο, θα πρέπει οι εκπαιδευτικοί να τους δώσουν τη δυνατότητα να χειριστούν αυτή τη γνωστική και επιστημονική πολυπλοκότητα. Έτσι, οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να δημιουργήσουν μαθησιακά περιβάλλοντα βασισμένα στον τρόπο που οι μαθητές αντιλαμβάνονται τα αποδεικτικά στοιχεία και να τους/τις προετοιμάσουν στη λήψη σωστών αποφάσεων σχετικά με τον εντοπισμό και την αναγνώριση των ισχυρών και αδύναμων αποδεικτικών στοιχείων (Chinn et al., 2021).

Η έννοια «Grasp of Evidence» και η κατανόηση των αποδεικτικών στοιχείων βασίζεται στην έννοια «Grasp of practice» του Ford (2008) για την κατανόηση της πρακτικής. Η κατανόηση της πρακτικής συνεπάγεται την εσωτερίκευση δύο κεντρικής σημασίας και αλληλένδετων ρόλων, κρίσιμων για τη θεμελίωση της επιστημονικής γνώσης: κατασκευή και κριτική ισχυρισμών (Ford, 2008). Η έννοια «Grasp» υπονοεί ότι η απαιτούμενη γνώση δεν είναι απλά δηλωτική αλλά περιλαμβάνει τη γνώση του τρόπου εμπλοκής στην κριτική και του τρόπου επιλογής και αιτιολόγησης της κατάλληλης κριτικής. Μια τέτοια κατανόηση κατασκευάζεται κοινωνικά και αποτελεί

αντικείμενο διαπραγμάτευσης σε μια κοινότητα ασκούμενων επιστημόνων ή σε μια τάξη μαθητών (Duncan et al., 2018; Ford, 2008).

Επιπλέον, η έννοια «Grasp of Evidence» παρέχει το πλαίσιο για την ανάπτυξη μιας συλλογιστικής βασισμένης στην αξιοποίηση αποδεικτικών στοιχείων και διαμορφώνει τα Επιστημονικά Πρότυπα Επόμενης Γενιάς (Next Generation Science Standards, NGSS) (Duncan et al., 2018). Ένας από τους βασικούς στόχους της επιστήμης της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών είναι να ενσωματώσει τέτοιες συλλογιστικές σε περιβάλλοντα διερευνητικής μάθησης για τα μαθήματα των φυσικών επιστημών. Οι McNeill & Berland (2017) έχουν σχεδιάσει μαθησιακά περιβάλλοντα θεμελιωμένα στα επιστημονικά αποδεικτικά στοιχεία και επιδιώκουν την κατανόηση του φυσικού κόσμου από τους μαθητές α) επιλέγοντας ένα υποσύνολο από ένα εύρος πληροφοριών το οποίο θα χρησιμοποιηθεί ως επιστημονική απόδειξη και β) σχεδιάζοντας δραστηριότητες για την τάξη όπου οι μαθητές εργάζονται ομαδοσυνεργατικά με σκοπό την κατανόηση του φυσικού κόσμου. Η πρόκληση για μια διδασκαλία του μέλλοντος είναι να σχεδιαστεί επάνω σε ένα σύνολο κατευθυντήριων γραμμών οι οποίες ευθυγραμμίζονται με τις επιστημονικές πρακτικές (Krajcik, Codere, Dahsah, Bayer & Mun, 2014), να αξιοποιεί τα «επιστημονικά αποδεικτικά στοιχεία» και να βασίζεται σε πραγματικές προκλήσεις μέσα στην τάξη (Davis & Krajcik, 2005). Έτσι το πλαίσιο «Grasp of Evidence», ο τρόπος δηλαδή με τον οποίο γίνονται αντιληπτά τα αποδεικτικά στοιχεία, αποτελεί τη βάση για έρευνα, σχεδιασμό και αξιολόγηση εκπαιδευτικών πρακτικών που περιλαμβάνουν επιστημονικά αποδεικτικά στοιχεία (Duncan et al., 2018).

Υπάρχουν δύο τρόποι κατανόησης των αποδεικτικών στοιχείων τα οποία πρόκειται να αξιοποιηθούν σε επιστημονικούς ισχυρισμούς. Ο ένας αφορά στον τρόπο που οι απλοί άνθρωποι, οι μη ειδικοί, αντιλαμβάνονται τα αποδεικτικά στοιχεία. Ο άλλος αφορά στον τρόπο χρήσης των αποδεικτικών στοιχείων από τους ειδικούς και πραγματοποιείται στη βάση τεσσάρων βασικών αποδεικτικών πρακτικών: στην ανάλυση, την αξιολόγηση, την ερμηνεία και την ενσωμάτωση (Duncan et al., 2018). Η πρόσληψη των αποδεικτικών στοιχείων από τους μη ειδικούς γίνεται στο πλαίσιο των δραστηριοτήτων της καθημερινής ζωής (Feinstein, 2011). Οι μη ειδικοί διαφέρουν σημαντικά από τους ειδικούς ως προς τις ικανότητές τους να κατανοούν και να αξιολογούν στοιχεία (Keren, 2018). Οι μη ειδικοί δεν θα έχουν ποτέ τη βαθιά πειθαρχική και μεθοδολογική γνώση που απαιτείται για να κατανοήσουν τις λεπτομέρειες των πειραματικών σχεδιασμών και πρωτοκόλλων στους διάφορους

τομείς της επιστήμης. Στην πραγματικότητα, ακόμη και οι επιστήμονες δε διαθέτουν τις γνώσεις αυτές για πεδία εκτός του αντικειμένου εξειδίκευσής τους (Solomon, 2015). Συνεπώς, οι προσδοκίες ότι οι μη ειδικοί θα έχουν την αντίληψη να αξιολογήσουν και να ενσωματώσουν ανεξάρτητα αποδεικτικά στοιχεία από πολυάριθμες επιστημονικές μελέτες για να καταλήξουν σε επιστημονικούς ισχυρισμούς, είναι μη ρεαλιστικές (Barzilai & Chinn, 2017; Chinn et al., 2021).

4.2 Επισκόπηση του πλαισίου της έννοιας «Grasp of Evidence»

Η έρευνα που έχει διεξαχθεί στο πεδίο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών έχει αναλύσει εκτενώς τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές προσλαμβάνουν τα διάφορα αποδεικτικά στοιχεία για να τα χρησιμοποιήσουν στις σχολικές δραστηριότητες στο πλαίσιο των μαθημάτων αυτών (Berland & McNeill, 2010; Driver, Newton, & Osborne, 2000; Sandoval & Millwood, 2005). Άλλες έρευνες μελέτησαν τη χρήση αποδεικτικών στοιχείων για την κατασκευή, την αναθεώρηση και την αξιολόγηση επιστημονικών μοντέλων (Bamberger & Davis, 2013; Passmore & Svoboda, 2012). Επίσης, έχουν γίνει έρευνες σχετικά με την αξιολόγηση της αξιοπιστίας των αποδεικτικών στοιχείων από τους μαθητές και τις μαθήτριες (Salmerón, Macedo-Roue & Rouet, 2015).

Ωστόσο, παρά την εκτεταμένη έρευνα, η κατασκευή των αποδεικτικών στοιχείων παραμένει σχετικά ασαφής και αδιαφοροποίητη στην κοινότητα των ερευνητών που ασχολούνται με τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Ο συγκεκριμένος όρος χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει μια ποικιλία διαφορετικών ειδών πληροφοριών, όπως προσωπική εμπειρία, εμπειρικά δεδομένα, δεδομένα που προέρχονται από προσομοίωση, επιστημονικές αναφορές σε μέσα μαζικής επικοινωνίας κ.λπ. Αυτή η αδιαφοροποίητη και ενοποιημένη αντίληψη των αποδεικτικών στοιχείων συσκοτίζει σημαντικές πτυχές των αποδεικτικών στοιχείων που είναι απαραίτητες για μια ισχυρή και παραγωγική κατανόηση των αποδεικτικών στοιχείων (Duncan et al., 2018).

Μια συνέπεια της σχετικά αδιαφοροποίητης αντίληψης των αποδεικτικών στοιχείων είναι ότι αυτά όπως εμφανίζονται κατά τη μαθησιακή διαδικασία, δεν αντιπροσωπεύουν αυθεντικά αποδεικτικά στοιχεία στην επιστήμη. Τα αυθεντικά αποδεικτικά στοιχεία στην επιστήμη χαρακτηρίζονται από την ποικιλία, την

πληρότητα, τη μεθοδολογία, τη δυνατότητα αναπαραγωγής, την τεχνική πολυπλοκότητα, ισχυρή σύνδεση ανάμεσα σε συλλογισμούς κ.λπ. (Duncan et al. 2018). Οι McNeill & Berland (2017) ανέπτυξαν και σχεδίασαν ένα σύνολο τριών μεθοδολογικών προσεγγίσεων για τη χρήση στοιχείων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών για την αντιμετώπιση τριών προβλημάτων της διδακτικής πρακτικής. Το πρώτο πρόβλημα αφορά στην αντίθεση που υπάρχει ανάμεσα στην παρουσίαση των ιδεών και των εννοιών της επιστήμης οι οποίες δίνονται στην τελική τους μορφή και στις συνεχώς εξελισσόμενες επιστημονικές θεωρίες οι οποίες θεμελιώνονται με βάση αποδεικτικά στοιχεία. Το δεύτερο πρόβλημα αφορά στην τάση που υπάρχει να θεωρούνται τα δεδομένα ως πληροφορίες που δίνουν απαντήσεις στα προβλήματα και να μη γίνεται αντιληπτό ότι τα δεδομένα επιδέχονται πολλαπλές ερμηνείες και κριτικές. Το τρίτο πρόβλημα είναι η έμφαση που δίνεται στην απομνημόνευση διακριτών ιδεών οι οποίες δίνονται στην τελική τους μορφή. Για το συγκεκριμένο πρόβλημα, οι McNeill & Berland (2017) προτείνουν μια μεθοδολογική προσέγγιση η οποία εισάγει αποδεικτικά στοιχεία ως τη βάση σε ένα διάλογο επιχειρημάτων μέσα στο κοινωνικό πλαίσιο μιας κοινότητας οικοδόμησης της γνώσης από μαθητές που θα υποστηρίξουν ή θα αντικρούσουν ισχυρισμούς.

Οι προηγούμενες τρεις μεθοδολογικές προσεγγίσεις αποτελούν σημαντική πρόοδο στην έννοια των αποδεικτικών στοιχείων, ωστόσο, υπολείπονται μιας πλήρους ανάλυσης της χρήσης τους στην εκπαίδευση. Δεν αποκαλύπτουν πρακτικές κριτικής αποδεικτικών στοιχείων, δηλαδή, δεν εξετάζουν ζητήματα ποιότητας αποδεικτικών στοιχείων και γνωστικά κριτήρια που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι μαθητές για να αξιολογήσουν τα στοιχεία στο πλαίσιο των δραστηριοτήτων οικοδόμησης γνώσης στην τάξη. Επιπλέον, συγκεκριμένες μεθοδολογικές προσεγγίσεις δεν εξετάζουν τι πρέπει να καταλάβουν οι μαθητές σχετικά με τα αποδεικτικά στοιχεία (Duncan et al., 2018).

Ένα δεύτερο πρόσφατο πλαίσιο αντιμετωπίζει ρητά το ρόλο του γνωστικού αντικείμενου που διδάσκεται και την επίδρασή του στη συλλογιστική με αποδεικτικά στοιχεία. Η Samarapungavan (2018) υποστήριξε ότι οι τρέχουσες προσεγγίσεις στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών έχουν υποβαθμίσει τον κεντρικό ρόλο του γνωστικού αντικείμενου στην κατανόηση των αποδεικτικών στοιχείων. Για να συμβάλει στη γεφύρωση αυτού του χάσματος, ανέπτυξε ένα πλαίσιο που περιλαμβάνει τέσσερις πτυχές αποδεικτικής συλλογιστικής: σχέσεις θεωρίας και απόδειξης, σχέσεις απόδειξης και δεδομένων, σχέσεις απόδειξης και θεωρίας και τις κοινωνικές διαστάσεις της επικοινωνίας αποδεικτικών στοιχείων στη δημόσια σφαίρα. Για κάθε

μία από τις συγκεκριμένες πτυχές, η Samarapungavan (2018) πρότεινε ένα σύνολο ερωτήσεων που σχετίζονται με το γνωστικό αντικείμενο και συγκεκριμένα με το μάθημα της Βιολογίας.

Επεκτείνοντας τις ιδέες των McNeill & Berland (2017) και Samarapungavan (2018), οι Duncan et al. (2018) προτείνουν ένα νέο πλαίσιο αποσαφήνισης της έννοιας και της χρήσης των αποδεικτικών στοιχείων για τα μαθήματα των φυσικών επιστημών. Το πλαίσιο αυτό περιγράφεται στη συνέχεια.

4.3 Το νέο πλαίσιο της έννοιας «Grasp of Evidence»

Το πλαίσιο της έννοιας των αποδεικτικών στοιχείων που σχεδίασαν οι (Duncan et al., 2018) περιλαμβάνει πέντε διαστάσεις αποδεικτικών πρακτικών που σχετίζονται με τις δύο πτυχές της αντίληψης των αποδεικτικών στοιχείων που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 4.1: α) την κατανόηση της χρήσης των αποδεικτικών στοιχείων από τους ειδικούς στη βάση τεσσάρων βασικών αποδεικτικών πρακτικών (ανάλυση, αξιολόγηση, ερμηνεία και ενσωμάτωση) και β) την κατανόηση της χρήσης αποδεικτικών στοιχείων από μη ειδικούς που αποτελεί και την πέμπτη αποδεικτική πρακτική:

1) Ανάλυση: Η ανάλυση αποτελεί εκείνη την πρακτική κατά την οποία ο συλλογισμός με αποδεικτικά στοιχεία προϋποθέτει την κατανόηση των συστατικών τους (π.χ. στόχους, μεθόδους, αποτελέσματα, συμπεράσματα) και τις αλληλεπιδράσεις τους (Shanahan, Shanahan & Misischia, 2011).

2) Αξιολόγηση: Η πρακτική της αξιολόγησης περιλαμβάνει την αξιολόγηση της ποιότητας των αποδεικτικών στοιχείων όσον αφορά το σχεδιασμό και τα αναλυτικά συμπεράσματα υφιστάμενων ή μελλοντικών μελετών. Η αξιολόγηση αποδεικτικών στοιχείων αποτελεί μια κεντρική αποδεικτική πρακτική στην επιστήμη (Staley, 2004).

3) Ενσωμάτωση: Κατά την ερμηνεία, τα στοιχεία δημιουργούνται και αξιολογούνται σε σχέση με μία ή περισσότερες πιθανές εξηγήσεις, μοντέλα ή θεωρίες υπό εξέταση (Galison, 1997; Kuhn, 2008).

4) Ερμηνεία: Η ερμηνεία περιλαμβάνει την κατανόηση της φύσης και της ισχύος των σχέσεων μεταξύ των αποδεικτικών στοιχείων και των ανταγωνιστικών ισχυρισμών και μοντέλων (Bogen, 2018). Η συλλογιστική με αποδεικτικά στοιχεία περιλαμβάνει μια ποικιλία διαδικασιών για τον προσδιορισμό του συνόλου των σχετικών αποδεικτικών στοιχείων και λαμβάνει υπόψη διάφορους τρόπους έρευνας ο συνδυασμός των οποίων

μπορεί να υποστηρίξει μια θεωρία ή ένα μοντέλο σε σχέση με κάποιο άλλο (Solomon, 2015).

5) Πρόσληψη αποδεικτικών στοιχείων από μη ειδικούς: Όσο αφορά στην πρόσληψη των αποδεικτικών στοιχείων από ανθρώπους μη ειδικούς, αυτοί, εξ ορισμού, δεν έχουν τις εξειδικευμένες γνώσεις για να συμμετάσχουν ως ειδικοί στην ανάλυση, αξιολόγηση, ερμηνεία και ενσωμάτωση των αποδεικτικών στοιχείων (Barzilai & Chinn, 2017; Chinn & Duncan, 2018). Ενδείκνυται, κατά την αξιολόγηση επιστημονικών ισχυρισμών, οι μη ειδικοί να αναζητούν την τεχνογνωσία και τη συναίνεση των ειδικών (Keren, 2018).

Για καθεμία από αυτές τις πέντε αποδεικτικές πρακτικές, το πλαίσιο των Duncan et al. (2018) ορίζει τρεις επιστημονικές συνιστώσες του συλλογισμού που είναι αποτέλεσμα των συγκεκριμένων πρακτικών: α) Επιστημονικοί σκοποί και αξία: είναι τα είδη επιστημονικών προϊόντων που τα άτομα και οι κοινότητες αναμένεται να επιτύχουν (στόχοι), όπως μοντέλα που μπορούν να εξηγήσουν και να προβλέψουν σημαντικά φαινόμενα, και τη σημασία αυτών των προϊόντων (αξία) β) Επιστημονικά ιδεώδη: είναι τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για να αξιολογηθεί εάν έχουν επιτευχθεί επιστημονικοί στόχοι και η ποιότητα των επιστημονικών προϊόντων, για παράδειγμα, για να εξεταστεί εάν το μοντέλο ταιριάζει με μια σειρά αποδεικτικών στοιχείων και εάν τα στοιχεία είναι υψηλής ποιότητας γ) Αξιόπιστες επιστημονικές διαδικασίες: είναι οι ποικίλες διαδικασίες που χρησιμοποιούνται από άτομα και επιστήμονες για την επίτευξη επιστημονικών στόχων, όπως πρωτόκολλα για τη διεξαγωγή παρατηρήσεων ή τη διεξαγωγή πειραμάτων, προσεγγίσεις για τη διεξαγωγή μετα-αναλύσεων κ.λπ.

Ένα πλαίσιο για την κατανόηση των αποδεικτικών στοιχείων μπορεί να βοηθήσει πρακτικά τους εκπαιδευτικούς και τους ερευνητές της εκπαίδευσης με τουλάχιστον τρεις τρόπους: α) τους βοηθά να αποφασίσουν πώς να εμπλακούν οι μαθητές σε συλλογισμούς με αποδεικτικά στοιχεία β) μπορεί να παρέχει τη βάση για καλύτερες αξιολογήσεις του συλλογισμού με αποδεικτικά στοιχεία και αξιολογήσεις των ίδιων των αποδεικτικών στοιχείων και γ) μπορεί να προτείνει διδακτικές προσεγγίσεις που μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν τα αποδεικτικά στοιχεία (Duncan et al., 2018).

Στη βάση ενός τέτοιου πλαισίου σχεδιάστηκαν οι δραστηριότητες της παρούσας διδακτικής παρέμβασης. Έτσι, σχεδιάστηκαν φύλλα εργασίας τα οποία επιχειρούν α) να καθοδηγήσουν τους μαθητές ώστε να εμπλακούν σε συλλογισμούς

όπου θα αξιοποιήσουν αποδεικτικά στοιχεία με σκοπό να καταλήξουν σε ένα επιστημονικό συμπέρασμα, β) να αξιολογήσουν τους συλλογισμούς με αποδεικτικά στοιχεία καθώς και να αξιολογηθούν τα ίδια τα αποδεικτικά στοιχεία και γ) να ενσωματώσουν τα αποδεικτικά στοιχεία στη μεθοδολογία της διερευνητικής μάθησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

5.1 Σχεδιασμός της Έρευνας

Η παρούσα εργασία αποτελεί έναν πειραματικό σχεδιασμό. Η επιλογή του πειράματος ως ερευνητικής μεθόδου έγινε με βάση την ιδιότητά του να ελέγχει μια ιδέα (ή πρακτική ή διαδικασία) έτσι ώστε να προσδιοριστεί η επίδρασή της σε κάποιο αποτέλεσμα. Δηλαδή, πώς μια ανεξάρτητη μεταβλητή επηρεάζει μια εξαρτημένη (Cohen et al., 2005; Creswell, 2016; Newby, 2019).

Η ανεξάρτητη μεταβλητή είναι η εφαρμογή εναλλακτικών διδακτικών μεθόδων – η καινοτομική αντίληψη όπως ορίστηκε και θεμελιώθηκε από τον Κολιόπουλο (2006) και η διερευνητική μάθηση IBSE για το μάθημα της Φυσικής. Η εξαρτημένη μεταβλητή είναι η βελτίωση της επίδοσης, της προόδου των μαθητών.

Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το EXCEL και το στατιστικό πακέτο SPSS όπου αξιοποιήθηκε ο έλεγχος Ζευγαρωτό T-Test (Paired T-Test) για την πειραματική ομάδα και ο έλεγχος T-Test για ανεξάρτητα δείγματα (Independent T-Test) που αναφέρεται στην πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου. Η πειραματική ομάδα παρακολούθησε μια σειρά διδακτικών παρεμβάσεων που αφορούσαν στη διδασκαλία εννοιών της Φυσικής Α΄ Λυκείου και συγκεκριμένα έννοιες Μηχανικής. Οι διδακτικές παρεμβάσεις περιλάμβαναν πραγματοποίηση πειραμάτων με τη χρήση κινητού τηλεφώνου. Παράλληλα, η ομάδα ελέγχου διδάχθηκε, από την ίδια καθηγήτρια, τις ίδιες έννοιες Φυσικής παρακολουθώντας την παραδοσιακή διδασκαλία, πραγματοποιώντας πειράματα με τις τυπικές πειραματικές διατάξεις που υπάρχουν στα σχολικά εργαστήρια Φυσικής και ακολουθώντας απαρέγκλιτες οδηγίες που υπάρχουν σε φύλλα εργασίας.

Όσο αφορά στο πρώτο ερευνητικό ερώτημα όπου μετράται η διαφορά στη μαθησιακή επίδοση των μαθητών (της πειραματικής ομάδας) μετά την ολοκλήρωση της διδακτικής παρέμβασης, αξιοποιήθηκε ο σχεδιασμός της χρονολογικής σειράς με μετρήσεις ελέγχου-μεταελέγχου. Η διαδικασία χρονολογικής σειράς περιλαμβάνει τη μελέτη μιας ομάδας, την εξασφάλιση μετρήσεων προελέγχου, την πραγματοποίηση της

διδασκτικής παρέμβασης και τέλος τη μέτρηση των αποτελεσμάτων (μεταέλεγχος) (Creswell, 2016). Αξιοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο που φαίνεται στο Παράρτημα Α.

Σχετικά με το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα όπου συγκρίνονται μεταξύ τους η ομάδα ελέγχου και η πειραματική ομάδα, αξιοποιήθηκε το ίδιο ερωτηματολόγιο με πριν, ως ερωτηματολόγιο μεταελέγχου (Παράρτημα Α), καθώς και το T-Test για ανεξάρτητα δείγματα (Independent T-Test).

Χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα που λήφθηκαν κατά την εφαρμογή των νέων διδασκτικών μεθόδων τη σχολική χρονιά 2021-22 στο 2^ο ΓΕΛ Καματερού. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης δεδομένων έδειξαν πρόοδο των μαθητών σε όλες τις κατηγορίες των μαθησιακών στόχων που βασίζονται στις εναλλακτικές διδασκτικές μεθόδους. Οι κατηγορίες διδασκτικών στόχων παρουσιάζονται στο Παράρτημα Β. Αξιοποιείται το ερωτηματολόγιο του Παραρτήματος Α και συγκεκριμένα οι εννέα από τις 10 ερωτήσεις.

Για το τρίτο ερευνητικό ερώτημα «Σε ποιο βαθμό η αξιοποίηση αποδεικτικών στοιχείων από την πειραματική ομάδα οδήγησε στη διατύπωση της σωστής θεωρίας ή της σωστής κατανόησης μιας έννοιας, δηλαδή στην επιστημονική γνώση;» αξιοποιήθηκαν τα τρία φύλλα εργασίας με τίτλο «Διάγραμμα με βέλη» τα οποία αναπτύχθηκαν από τη γράφουσα για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας και παρατίθενται στο Παράρτημα Γ. Επιπλέον, για την απάντηση του συγκεκριμένου ερευνητικού ερωτήματος αξιοποιήθηκε η ποιοτική έρευνα. Συγκεκριμένα η 10η ερώτηση του ερωτηματολογίου του Παραρτήματος Α ήταν ανοικτή και αποσκοπούσε στην ανίχνευση των αποδεικτικών στοιχείων που χρησιμοποιούν οι μαθητές για να καταλήξουν σε ένα επιστημονικό συμπέρασμα.

Για το τέταρτο ερευνητικό ερώτημα «Υπήρξε διαφορά ανάμεσα στην πειραματική ομάδα και στην ομάδα ελέγχου όσον αφορά στη χρήση αποδεικτικών στοιχείων;» ελέγχονται τα ίδια φύλλα εργασίας με εκείνα που χρησιμοποιήθηκαν στο τρίτο ερευνητικό ερώτημα. Η σύγκριση στην επίδοση αφορά σε όλους τους μαθητές της πειραματικής ομάδας καθώς και σε όλους τους μαθητές της ομάδας ελέγχου. Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με το πρόγραμμα Excel όπου καταγράφηκαν και μετρήθηκαν οι επιστημονικά ορθές απαντήσεις που έδωσε η κάθε ομάδα και διαπιστώθηκε η διαφορά τους καθώς η πειραματική ομάδα είχε χρησιμοποιήσει αποδεικτικά στοιχεία ενώ η ομάδα ελέγχου δεν τα είχε αξιοποιήσει.

Επιχειρήθηκε η απάντηση του πέμπτου ερευνητικού ερωτήματος «Παρατηρήθηκε αύξηση του ενδιαφέροντος και της περιέργειας των μαθητών μετά από την εφαρμογή της σειράς των διδακτικών παρεμβάσεων;» με την αξιοποίηση της τεχνικής της δομημένης συνέντευξης. Για την αποτύπωση περισσότερων και πληρέστερων απαντήσεων στο πλαίσιο της συνέντευξης, χρησιμοποιήθηκε ως εργαλείο το ερωτηματολόγιο. Κατά τη διάρκεια του μαθήματος δόθηκαν, με τη μορφή ερωτηματολογίου, οι ερωτήσεις που αποτελούσαν τη συνέντευξη. Με τον τρόπο αυτό, λήφθηκε μεγάλος αριθμός απαντήσεων των μαθητών. Επιπλέον, οι μαθητές είχαν το χρόνο να απαντήσουν με πληρότητα στις ερωτήσεις και να επανέλθουν στο τέλος της ώρας για να διορθώσουν ή να συμπληρώσουν στοιχεία που αφορούσαν τις απαντήσεις τους. Παράλληλα, κατά τη διάρκεια της διδακτικής ώρας είχαν την ευκαιρία να αλληλεπιδράσουν με την εκπαιδευτικό/ερευνήτρια και να συζητήσουν θέματα ή να ζητήσουν διευκρινίσεις. Η συνέντευξη δόθηκε μετά την ολοκλήρωση της σειράς των διδακτικών παρεμβάσεων. Οι ερωτήσεις της συνέντευξης δημιουργήθηκαν από τη γράφουσα και παρουσιάζονται στο Παράρτημα Δ.

Οι διδακτικές παρεμβάσεις διήρκησαν οκτώ διδακτικές ώρες οι οποίες κατανεμήθηκαν σε τρεις ενότητες. Η πρώτη ενότητα αφορούσε στις έννοιες: θέση, μετατόπιση, τροχιά και απόσταση. Η δεύτερη ενότητα αφορούσε στις έννοιες: απόσταση, μετατόπιση, μέση ταχύτητα, μέση διανυσματική ταχύτητα και στιγμιαία ταχύτητα. Η τρίτη ενότητα αφορούσε στις έννοιες: ταχύτητα, μεταβολή της ταχύτητας και επιτάχυνση. Σε κάθε ενότητα δόθηκε από ένα φύλλο εργασίας. Τα τρία φύλλα εργασίας αναπτύχθηκαν από τη γράφουσα/ερευνήτρια και φαίνονται στο Παράρτημα Ε. Στα συγκεκριμένα φύλλα εργασίας αξιοποιήθηκαν κείμενα τα οποία επίσης αναπτύχθηκαν από τη γράφουσα και παρατίθενται στο Παράρτημα ΣΤ.

5.2 Συμμετέχοντες

Δείγμα της έρευνας αποτελούν 22 μαθητές (12 αγόρια και 10 κορίτσια) ενός τμήματος της Α΄ Λυκείου οι οποίοι αποτελούν την πειραματική ομάδα και 21 μαθητές (11 αγόρια και 10 κορίτσια) από ένα διαφορετικό τμήμα της Α΄ Λυκείου οι οποίοι αποτελούν την ομάδα ελέγχου. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε ένα γενικό λύκειο που βρίσκεται σε προάστιο βορειοδυτικά της Αθήνας. Ο λόγος που επιλέχθηκαν τα συγκεκριμένα τμήματα της Α΄ Λυκείου είναι επειδή η γράφουσα/ερευνήτρια διδάσκει στα τμήματα αυτά.

5.3 Εργαλεία

Για το πρώτο ερευνητικό ερώτημα όπου μετράται η διαφορά στη μαθησιακή επίδοση των μαθητών (της πειραματικής ομάδας) μετά την ολοκλήρωση της διδακτικής παρέμβασης και για το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα όπου μετράται η διαφορά στη μαθησιακή επίδοση των μαθητών ανάμεσα στην πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, δόθηκε το ερωτηματολόγιο που βρίσκεται στο Παράρτημα Α. Το ερωτηματολόγιο αναπτύχθηκε από τη γράφουσα/ερευνήτρια, περιλαμβάνει δέκα ερωτήσεις, οι εννέα εκ των οποίων εξετάζουν το βαθμό επίτευξης των εννοιολογικών, μεθοδολογικών και πολιτισμικών στόχων βάσει των οποίων σχεδιάστηκε η ακολουθία των διδακτικών παρεμβάσεων στο πλαίσιο των αρχών και της λογικής της καινοτομικής αντίληψης και της διερευνητικής μάθησης. Οι ερωτήσεις 1, 4 και 7 ελέγχουν εννοιολογικούς στόχους, οι ερωτήσεις 2, 5 και 8 ελέγχουν μεθοδολογικούς στόχους και οι ερωτήσεις 3, 6 και 9 ελέγχουν πολιτισμικούς στόχους. Η 10η ερώτηση είναι ανοικτή και αποσκοπεί στον εντοπισμό των αποδεικτικών στοιχείων που επιλέγουν οι μαθητές ώστε να είναι σε θέση να επιλύσουν ένα πρόβλημα και να καταλήξουν σε επιστημονικό συμπέρασμα.

Τα τρία φύλλα εργασίας με τίτλο «Διάγραμμα με βέλη» επιχειρούν να δώσουν απάντηση στο τρίτο ερευνητικό ερώτημα: «Σε ποιο βαθμό η αξιοποίηση αποδεικτικών στοιχείων από την πειραματική ομάδα οδήγησε στη διατύπωση της σωστής θεωρίας ή της σωστής κατανόησης μιας έννοιας, δηλαδή στην επιστημονική γνώση;». Ο εν λόγω βαθμός μετριέται με τον αριθμό σωστών απαντήσεων που δόθηκε από τους μαθητές μετά από κάθε διδακτική παρέμβαση και αφορά στη σωστή επιλογή του ενός από τα δυο μοντέλα. Τα μοντέλα αφορούν είτε σε επιστημονικές έννοιες είτε σε επιστημονικές θεωρίες. Όπως φαίνεται και από τη δομή των φύλλων εργασίας που χρησιμοποιήθηκαν και βρίσκονται στο Παράρτημα Γ, η επιλογή μοντέλου κατευθύνεται από τη χρήση συγκεκριμένου αποδεικτικού στοιχείου όπως είναι ένα κείμενο, ένας χάρτης, μια γραφική παράσταση και ένας πίνακας τιμών. Το καθένα από τα τρία φύλλα εργασίας με τίτλο «Διάγραμμα με βέλη» δινόταν μετά από την ολοκλήρωση κάθε διδακτικής ενότητας. Έτσι, το φύλλο εργασίας «Διάγραμμα με βέλη – 1» αναφέρεται στις έννοιες θέση, μετατόπιση, τροχιά, απόσταση. Το φύλλο εργασίας «Διάγραμμα με βέλη – 2» αναφέρεται στις έννοιες απόσταση, μετατόπιση, μέση ταχύτητα, μέση διανυσματική

ταχύτητα, στιγμιαία ταχύτητα. Το φύλλο εργασίας «Διάγραμμα με βέλη – 3» αναφέρεται στις έννοιες ταχύτητα, μεταβολή της ταχύτητας, επιτάχυνση.

Εκτός από την καταμέτρηση των σωστών απαντήσεων στην επιλογή του μοντέλου, καταγράφεται επίσης, με τη βοήθεια βελών και σχετικού επεξηγηματικού υπομνήματος που υπάρχει στα συγκεκριμένα φύλλα εργασίας, η άποψη των μαθητών σχετικά με το πόσο ισχυρά συνδέεται το κάθε αποδεικτικό στοιχείο με το μοντέλο από τα δύο της επιλογής τους και αφορούν στην κάθε έννοια (θέση, μετατόπιση, απόσταση κλπ) ή θεωρία. Τέλος, στα ίδια φύλλα εργασίας, οι μαθητές αξιολογούν το βαθμό που θεωρούν ότι τους βοήθησε το κάθε αποδεικτικό στοιχείο στην επιλογή του μοντέλου (ανεξάρτητα από τη σωστή ή λανθασμένη απάντηση που μπορεί να έδωσαν). Η συγκεκριμένη αξιολόγηση γίνεται με βαθμολογική κλίμακα από 0 έως 2. Η επεξεργασία των δεδομένων που αφορούν στο τρίτο ερευνητικό ερώτημα έγινε με το πρόγραμμα Excel.

Επιπλέον, για το τρίτο ερευνητικό ερώτημα, αξιοποιήθηκε η 10^η ερώτηση του ερωτηματολογίου του Παρατήματος Α η οποία ήταν ανοικτή και αποσκοπούσε στην ανίχνευση των αποδεικτικών στοιχείων που χρησιμοποιούν οι μαθητές για να καταλήξουν σε ένα επιστημονικό συμπέρασμα.

Τα φύλλα εργασίας με τίτλο «Διάγραμμα με βέλη» που αξιοποιήθηκαν για να απαντηθεί το τρίτο ερευνητικό ερώτημα «Υπήρξε διαφορά στην επίδοση των μαθητών της πειραματικής ομάδας που χρησιμοποίησαν αποδεικτικά στοιχεία και των μαθητών της ομάδας ελέγχου που δεν αξιοποίησαν αποδεικτικά στοιχεία;», ελέγχθηκαν επίσης και για το τέταρτο ερευνητικό ερώτημα. Ωστόσο, εδώ μελετήθηκαν και καταμετρήθηκαν μόνο οι σωστές απαντήσεις που έδωσαν οι δύο ομάδες αναφορικά με την επιλογή του σωστού επιστημονικού μοντέλου καθώς στην ομάδα ελέγχου δόθηκαν συγκεκριμένα αποδεικτικά στοιχεία.

Για το πέμπτο ερευνητικό ερώτημα «Παρατηρήθηκε αύξηση του ενδιαφέροντος και της περιέργειας των μαθητών μετά από την εφαρμογή της σειράς των διδακτικών παρεμβάσεων;» αξιοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο του Παρατήματος Δ υπό τη μορφή δομημένης συνέντευξης.

Κατά τη διάρκεια των διδακτικών παρεμβάσεων (τρεις διδακτικές ενότητες) δόθηκαν τρία φύλλα εργασίας τα οποία ήταν δομημένα σύμφωνα με τις αρχές και τη λογική της διερευνητικής μάθησης. Τα συγκεκριμένα φύλλα εργασίας βρίσκονται στο Παράρτημα Ε και περιέχουν κείμενα τα οποία παρατίθενται στο Παράρτημα ΣΤ. Τα

κείμενα αυτά είχαν ρόλο αφόρμησης, αποτελούν αποσπάσματα από ημερολόγιο πειρατή καθώς και στοιχεία της Ιστορίας της Επιστήμης.

5.4 Διαδικασία Διεξαγωγής της Έρευνας

Αρχικά, διενεργήθηκε πιλοτικός έλεγχος του ερωτηματολογίου (pre-test και post-test) του Παρατήματος Α, των φύλλων εργασίας με τίτλο «Διάγραμμα με βέλη» που βρίσκονται στο Παράρτημα Γ και του ερωτηματολογίου (δομημένη συνέντευξη) του Παραρτήματος Δ. Τα συγκεκριμένα ερευνητικά εργαλεία διανεμήθηκαν σε μια μικρή ομάδα τεσσάρων μαθητών που συμμετείχαν στην έρευνα. Ελέγχθηκε η αποτελεσματικότητά τους, διαμορφώθηκαν στην τελική τους μορφή και διανεμήθηκαν στο σύνολο των μαθητών.

Πριν από την έναρξη των διδακτικών παρεμβάσεων, αφιερώθηκε μία διδακτική ώρα για τη χορήγηση του ερωτηματολογίου pre-test στην πειραματική ομάδα. Ακολούθησε η σειρά διδακτικών παρεμβάσεων η οποία αποτελούνταν από τρεις διδακτικές ενότητες. Η πρώτη διδακτική ενότητα διήρκεσε τρεις διδακτικές ώρες, η δεύτερη επίσης τρεις διδακτικές ώρες και η τρίτη ενότητα διήρκεσε δύο διδακτικές ώρες. Κατά τη διάρκεια των διδακτικών παρεμβάσεων οι μαθητές επεξεργάστηκαν τρία φύλλα εργασίας δομημένα με βάση τις αρχές της διερευνητικής μάθησης προσανατολισμένα στην επίτευξη εννοιολογικών, μεθοδολογικών και πολιτισμικών στόχων. Επιπλέον, οι μαθητές, στο τέλος κάθε διδακτικής ενότητας, συμπλήρωναν το αντίστοιχο φύλλο εργασίας με τίτλο «Διάγραμμα με βέλη». Τα συγκεκριμένα φύλλα εργασίας ήταν προσανατολισμένα στη διερεύνηση των αποδεικτικών στοιχείων και στο βαθμό που οι μαθητές τα αξιοποιούν για να καταλήξουν στο σωστό επιστημονικό συμπέρασμα. Στο τέλος των διδακτικών παρεμβάσεων, δόθηκε τόσο στην πειραματική ομάδα όσο και στην ομάδα ελέγχου το ερωτηματολόγιο post-test. Η ομάδα ελέγχου είχε διδαχθεί τις ίδιες έννοιες με την παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση και πραγματοποιώντας πειράματα με τις τυπικές διατάξεις που υπάρχουν στα εργαστήρια Φυσικής ακολουθώντας αυστηρά τις οδηγίες που υπήρχαν σε φύλλα εργασίας. Επιπλέον, στο τέλος των διδακτικών παρεμβάσεων δόθηκε στην πειραματική ομάδα το ερωτηματολόγιο που είχε τη μορφή της δομημένης συνέντευξης και αποσκοπούσε στην αποτύπωση του ενδιαφέροντος και της περιέργειας των μαθητών/τριών μετά από την εφαρμογή της σειράς των διδακτικών παρεμβάσεων.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς 2021-22 σε δύο τμήματα της Α΄ Λυκείου. Η πειραματική ομάδα αποτελούνταν από 22 μαθητές και η ομάδα ελέγχου από 21 μαθητές. Για την επεξεργασία και την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν το στατιστικό πακέτο SPSS V25 και το πρόγραμμα Excel.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Το 1^ο ερευνητικό ερώτημα

Περιγραφική Ανάλυση για το 1^ο Ερευνητικό Ερώτημα

Η περιγραφική και η επαγωγική ανάλυση αναπτύσσονται σε πίνακες και γραφήματα στην ιστοσελίδα που κατασκευάστηκε για την επεξεργασία των δεδομένων της παρούσας εργασίας (Ποτηριάδου, 2022). Εδώ αποτυπώνονται επιλεκτικά ορισμένοι πίνακες και γραφήματα για τις απαντήσεις των μαθητών της πειραματικής ομάδας η οποία συνιστάται από τμήμα της Α΄ Λυκείου του γενικού λυκείου όπου πραγματοποιήθηκε η έρευνα. Χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα Excel και SPSS V25.

Έτσι, για το 1ο ερευνητικό ερώτημα «Υπήρξε διαφορά στη μαθησιακή επίδοση (εξαρτημένη μεταβλητή) των μαθητών (της πειραματικής ομάδας) μετά την ολοκλήρωση της διδακτικής παρέμβασης (ανεξάρτητη μεταβλητή) βασισμένης στη χρήση των κινητών τηλεφώνων και τη διδακτική μεθοδολογία της διερευνητικής μάθησης IBSE (Inquiry Based Science Education);» η περιγραφική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πακέτο SPSS V25. Στον πίνακα 1 φαίνονται, μεταξύ άλλων, οι τιμές N (αριθμός συμμετεχόντων μαθητών), Mean (μέσος όρος), Median (διάμεσος), Mode (επικρατούσα τιμή), Std deviation (τυπική απόκλιση), Variance (διακύμανση) και Range (εύρος).

Πίνακας 1. Περιγραφική ανάλυση που αφορά στις σωστές απαντήσεις των μαθητών/τριών στις δύο³ πρώτες ερωτήσεις πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

	1. Δίνεται διαδρομή επάνω σε κλίμακα. Πόση είναι η μετατόπιση και πόση η απόσταση; [ΠΡΙΝ τις διδακτικές παρεμβάσεις]	1. Δίνεται διαδρομή επάνω σε κλίμακα. Πόση είναι η μετατόπιση και πόση η απόσταση; [ΜΕΤΑ τις διδακτικές παρεμβάσεις]	2. Γραφική παράσταση από πίνακα τιμών. [ΠΡΙΝ τις διδακτικές παρεμβάσεις]	2. Γραφική παράσταση από πίνακα τιμών. [ΜΕΤΑ τις διδακτικές παρεμβάσεις]
N Valid	22	22	22	22
Missing	0	0	0	0
Mean	.32	.55	.45	.82

³ Το σύνολο των ερωτήσεων παρουσιάζεται στην ιστοσελίδα που δημιουργήθηκε για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας και για να καλύψει τον μεγάλο όγκο δεδομένων (Ποτηριάδου, 2022).

Std. Error of Mean	.102	.109	.109	.084
Median	.00	1.00	.00	1.00
Mode	0	1	0	1
Std. Deviation	.477	.510	.510	.395
Variance	.227	.260	.260	.156
Range	1	1	1	1
Minimum	0	0	0	0
Maximum	1	1	1	1
Sum	7	12	10	18

Στον πίνακα 2 φαίνεται ο αριθμός των σωστών απαντήσεων που δόθηκαν από τους μαθητές της πειραματικής ομάδας πριν από τις διδακτικές παρεμβάσεις για την πρώτη ερώτηση⁴ του ερωτηματολογίου pre-post test. Στον πίνακα 3 φαίνεται ο αριθμός των σωστών απαντήσεων που δόθηκαν από τους μαθητές της πειραματικής ομάδας μετά από την εφαρμογή των διδακτικών παρεμβάσεων για την πρώτη⁵ ερώτηση του ερωτηματολογίου pre-post test.

Πίνακας 2. Αριθμός των σωστών απαντήσεων που δόθηκαν πριν από την εφαρμογή των διδακτικών παρεμβάσεων για την πρώτη ερώτηση του ερωτηματολογίου pre-post test.

1. Δίνεται διαδρομή επάνω σε κλίμακα. Πόση είναι η μετατόπιση και πόση η απόσταση;

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	0	15	68.2	68.2	68.2
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΩΣΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΠΡΙΝ	7	31.8	31.8	100.0
	Total	22	100.0	100.0	

⁴ Τα αποτελέσματα για τις υπόλοιπες ερωτήσεις αναπτύσσονται αναλυτικά στην ιστοσελίδα που δημιουργήθηκε για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας (Ποτηριάδου, 2022).

⁵ Τα αποτελέσματα για τις υπόλοιπες ερωτήσεις αναπτύσσονται αναλυτικά στην ιστοσελίδα που δημιουργήθηκε για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας (Ποτηριάδου, 2022).

Πίνακας 3. Αριθμός των σωστών απαντήσεων που δόθηκαν μετά από την εφαρμογή των διδακτικών παρεμβάσεων για την πρώτη ερώτηση του ερωτηματολογίου pre-post test.

1. Δίνεται διαδρομή επάνω σε κλίμακα. Πόση είναι η μετατόπιση και πόση η απόσταση;

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	10	45.5	45.5	45.5
ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΩΣΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ_ΜΕΤΑ	12	54.5	54.5	100.0
Total	22	100.0	100.0	

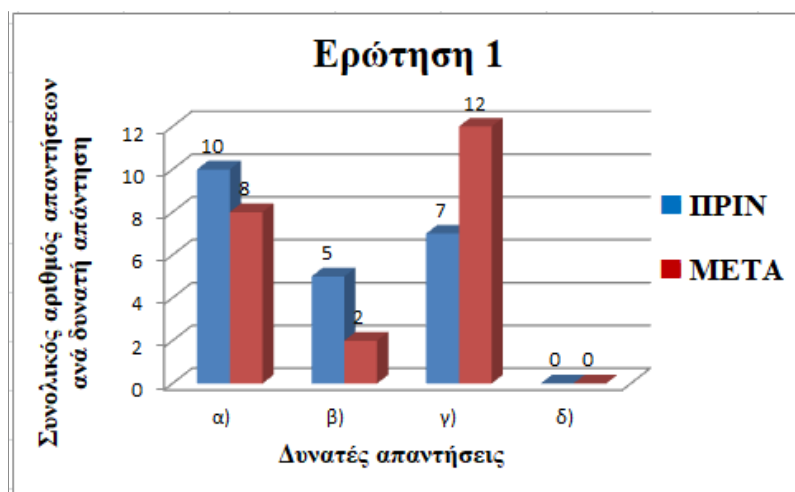
Επαγωγική Ανάλυση για το 1^ο Ερευνητικό Ερώτημα

Ολόκληρη η στατιστική επεξεργασία των ερωτηματολογίων (πίνακες, γραφήματα κλπ) βρίσκεται στην ιστοσελίδα που δημιουργήθηκε για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας (Ποτηριάδου, 2022). Σύμφωνα με το 1^ο ερευνητικό ερώτημα «Υπήρξε διαφορά στη μαθησιακή επίδοση των μαθητών (της πειραματικής ομάδας) μετά την ολοκλήρωση της διδακτικής παρέμβασης βασισμένης στη χρήση των κινητών τηλεφώνων και τη διδακτική μεθοδολογία της διερευνητικής μάθησης IBSE (Inquiry Based Science Education);» μελετήθηκαν οι απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας στο ερωτηματολόγιο pre-post test που τους δόθηκε πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Η 1η ερώτηση του ερωτηματολογίου ελέγχου ήταν εννοιολογική ελέγχοντας τον αντίστοιχο εννοιολογικό στόχο για την πρώτη διδακτική ενότητα. Οι απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές παρουσιάζονται στον πίνακα 4 και το γράφημα στο σχήμα 1.

Πίνακας 4. Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών της πειραματικής ομάδας στην Ερώτηση 1 πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Απάντηση	ΠΡΙΝ		ΜΕΤΑ	
	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)
α)	10	45.5	8	36.4
β)	5	22.7	2	9.1
γ)	7	31.8	12	54.5
δ)	0	0.0	0	0.0
ΣΥΝΟΛΟ	22	100	22	100



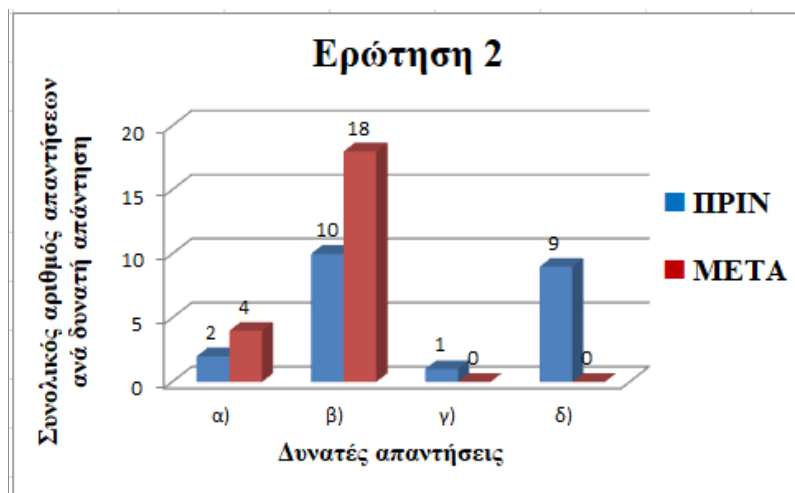
Γράφημα 1. Ο συνολικός αριθμός των απαντήσεων ανά δυνατή επιλογή (α/β/γ/δ) που έδωσαν οι μαθητές/τριες της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις για την 1^η ερώτηση.

Όπως φαίνεται τόσο από τον πίνακα 4 όσο από το σχήμα 1, το ποσοστό των μαθητών που δίνει τη σωστή απάντηση (γ) πριν από τις διδακτικές παρεμβάσεις είναι 7 στους 22 (31.8%) ενώ το ποσοστό αυτό αυξάνεται σε 12 στους 22 (54.5%) μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Η 2η ερώτηση ήταν μεθοδολογική ελέγχοντας τον αντίστοιχο μεθοδολογικό στόχο. Οι απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές παρουσιάζονται στον πίνακα 5 και το γράφημα στο σχήμα 2.

Πίνακας 5. Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών της πειραματικής ομάδας στην Ερώτηση 2 πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Απάντηση	ΠΡΙΝ		ΜΕΤΑ	
	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)
α)	2	9.1	4	18.2
β)	10	45.5	18	81.8
γ)	1	4.5	0	0.0
δ)	9	40.9	0	0.0
ΣΥΝΟΛΟ	22	100	22	100



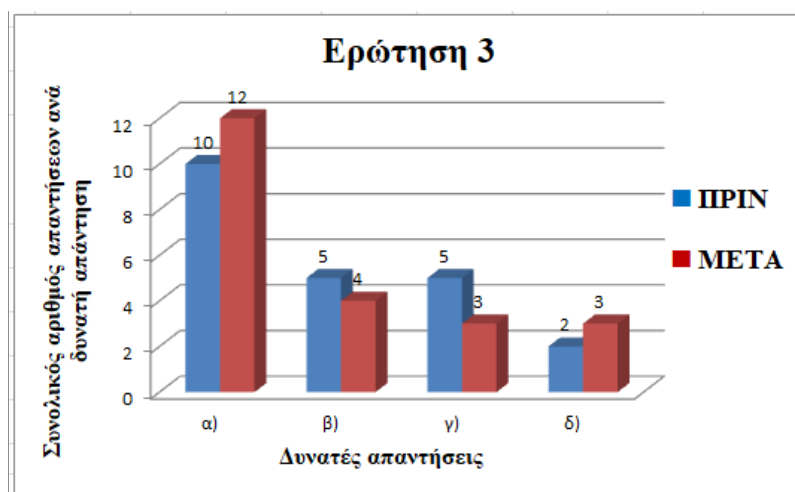
Γράφημα 2. Ο συνολικός αριθμός των απαντήσεων ανά δυνατή επιλογή (α/β/γ/δ) που έδωσαν οι μαθητές/τριες της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις για τη 2^η ερώτηση.

Τα ποσοστά των μαθητών που έδωσαν τη σωστή απάντηση (β) πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις για τη 2^η ερώτηση ήταν 45.5% και 81.8% αντίστοιχα.

Η 3^η ερώτηση ήταν πολιτισμική ελέγχοντας τον αντίστοιχο πολιτισμικό στόχο. Οι απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές παρουσιάζονται στον πίνακα 6 και το γράφημα στο σχήμα 3.

Πίνακας 6. Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών της πειραματικής ομάδας στην Ερώτηση 3 πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Απάντηση	ΠΡΙΝ		ΜΕΤΑ	
	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)
α)	10	45.5	12	54.5
β)	5	22.7	4	18.2
γ)	5	22.7	3	13.6
δ)	2	9.1	3	13.6
ΣΥΝΟΛΟ	22	100	22	100



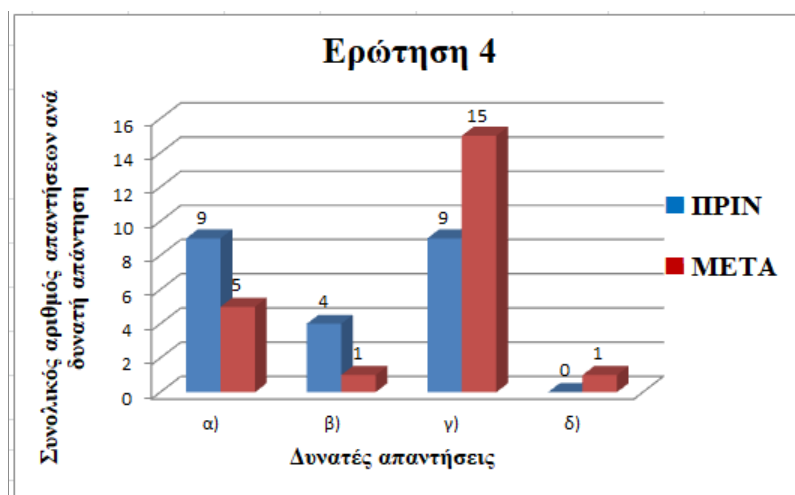
Γράφημα 3. Ο συνολικός αριθμός των απαντήσεων ανά δυνατή επιλογή (α/β/γ/δ) που έδωσαν οι μαθητές/τριες της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις για τη 3^η ερώτηση.

Τα ποσοστά των μαθητών που έδωσαν τη σωστή απάντηση (α) πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις για τη 3^η ερώτηση ήταν 45.5% και 54.5% αντίστοιχα.

Η 4^η ερώτηση ήταν εννοιολογική ελέγχοντας τον αντίστοιχο εννοιολογικό στόχο. Οι απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές παρουσιάζονται στον πίνακα 7 και το γράφημα στο σχήμα 4.

Πίνακας 7. Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών της πειραματικής ομάδας στην Ερώτηση 4 πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Απάντηση	ΠΡΙΝ		ΜΕΤΑ	
	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)
α)	9	40.9	5	22.7
β)	4	18.2	1	4.5
γ)	9	40.9	15	68.2
δ)	0	0.0	1	4.5
ΣΥΝΟΛΟ	22	100	22	100



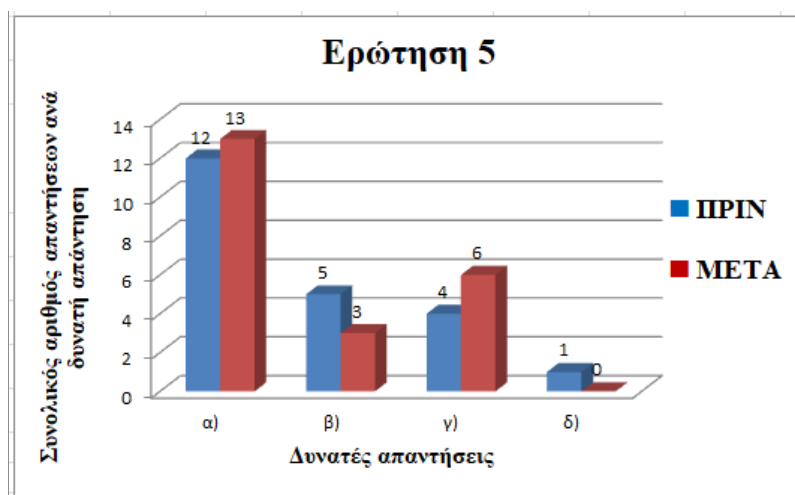
Γράφημα 4. Ο συνολικός αριθμός των απαντήσεων ανά δυνατή επιλογή (α/β/γ/δ) που έδωσαν οι μαθητές/τριες της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις για τη 4^η ερώτηση.

Τα ποσοστά των μαθητών που έδωσαν τη σωστή απάντηση (γ) πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις για τη 4^η ερώτηση ήταν 40.9% και 68.2% αντίστοιχα.

Η 5η ερώτηση ήταν μεθοδολογική ελέγχοντας τον αντίστοιχο μεθοδολογικό στόχο. Οι απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές παρουσιάζονται στον πίνακα 8 και το γράφημα στο σχήμα 5.

Πίνακας 8. Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών της πειραματικής ομάδας στην Ερώτηση 5 πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Απάντηση	ΠΡΙΝ		ΜΕΤΑ	
	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)
α)	12	54.5	13	59.1
β)	5	22.7	3	13.6
γ)	4	18.2	6	27.3
δ)	1	4.5	0	0.0
ΣΥΝΟΛΟ	22	100	22	100



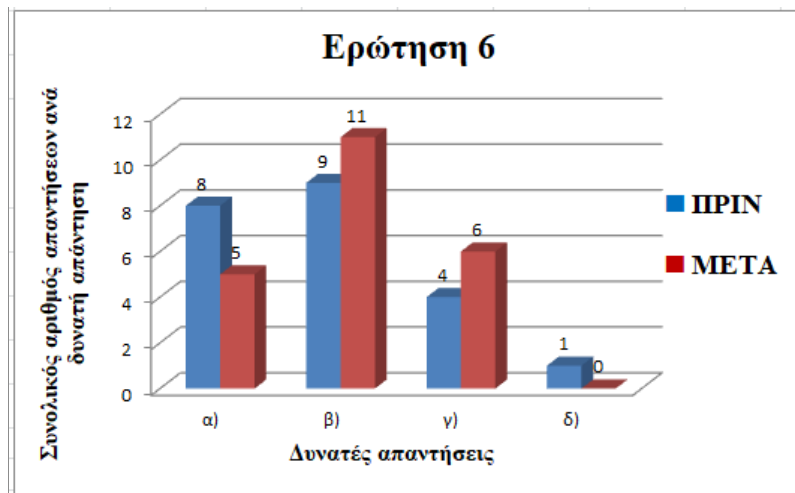
Γράφημα 5. Ο συνολικός αριθμός των απαντήσεων ανά δυνατή επιλογή (α/β/γ/δ) που έδωσαν οι μαθητές/τριες της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις για τη 5^η ερώτηση.

Τα ποσοστά των μαθητών που έδωσαν τη σωστή απάντηση (α) πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις για τη 5^η ερώτηση ήταν 18.2% και 27.3% αντίστοιχα.

Η 6η ερώτηση ήταν πολιτισμική ελέγχοντας τον αντίστοιχο πολιτισμικό στόχο. Οι απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές παρουσιάζονται στον πίνακα 9 και το γράφημα στο σχήμα 6.

Πίνακας 9. Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών της πειραματικής ομάδας στην Ερώτηση 6 πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Απάντηση	ΠΡΙΝ		ΜΕΤΑ	
	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)
α)	8	36.4	5	22.7
β)	9	40.9	11	50.0
γ)	4	18.2	6	27.3
δ)	1	4.5	0	0.0
ΣΥΝΟΛΟ	22	100	22	100



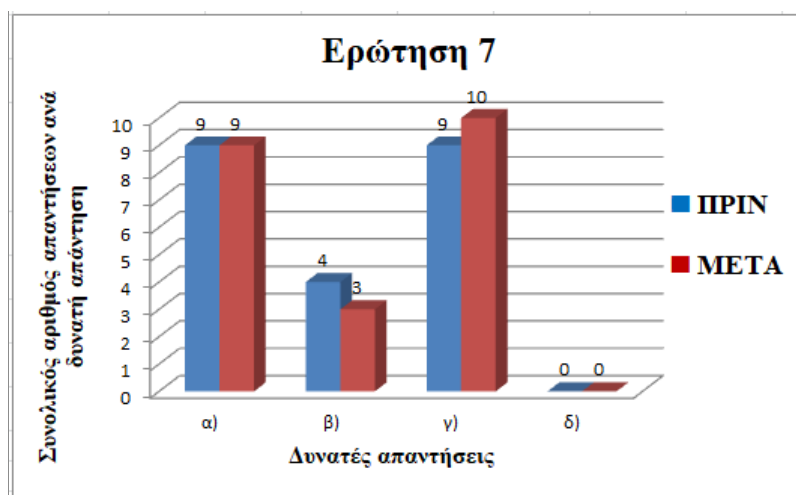
Γράφημα 6. Ο συνολικός αριθμός των απαντήσεων ανά δυνατή επιλογή (α/β/γ/δ) που έδωσαν οι μαθητές/τριες της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις για τη 6^η ερώτηση.

Τα ποσοστά των μαθητών που έδωσαν τη σωστή απάντηση (β) πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις για τη 6^η ερώτηση ήταν 40.9% και 50.0% αντίστοιχα.

Η 7η ερώτηση ήταν εννοιολογική ελέγχοντας τον αντίστοιχο εννοιολογικό στόχο. Οι απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές παρουσιάζονται στον πίνακα 10 και το γράφημα στο σχήμα 7.

Πίνακας 10. Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών της πειραματικής ομάδας στην Ερώτηση 7 πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Απάντηση	ΠΡΙΝ		ΜΕΤΑ	
	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)
α)	9	40.9	9	40.9
β)	4	18.2	3	13.6
γ)	9	40.9	10	45.5
δ)	0	0.0	0	0.0
ΣΥΝΟΛΟ	22	100	22	100



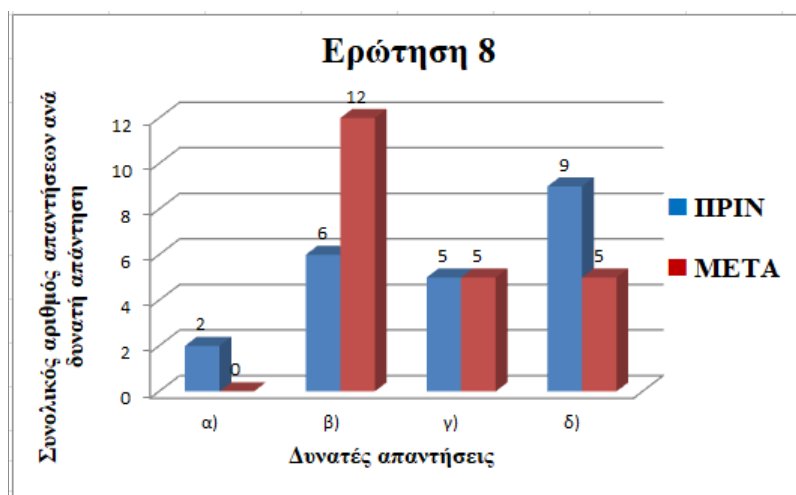
Γράφημα 7. Ο συνολικός αριθμός των απαντήσεων ανά δυνατή επιλογή (α/β/γ/δ) που έδωσαν οι μαθητές/τριες της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις για τη 7^η ερώτηση.

Τα ποσοστά των μαθητών που έδωσαν τη σωστή απάντηση (γ) πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις για τη 7^η ερώτηση ήταν 49.9% και 45.5% αντίστοιχα.

Η 8η ερώτηση ήταν μεθοδολογική ελέγχοντας τον αντίστοιχο μεθοδολογικό στόχο. Οι απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές παρουσιάζονται στον πίνακα 11 και το γράφημα στο σχήμα 8.

Πίνακας 11. Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών της πειραματικής ομάδας στην Ερώτηση 8 πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Απάντηση	ΠΡIN		ΜΕΤΑ	
	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)
α)	2	9.1	0	0.0
β)	6	27.3	12	54.5
γ)	5	22.7	5	22.7
δ)	9	40.9	5	22.7
ΣΥΝΟΛΟ	22	100	22	100



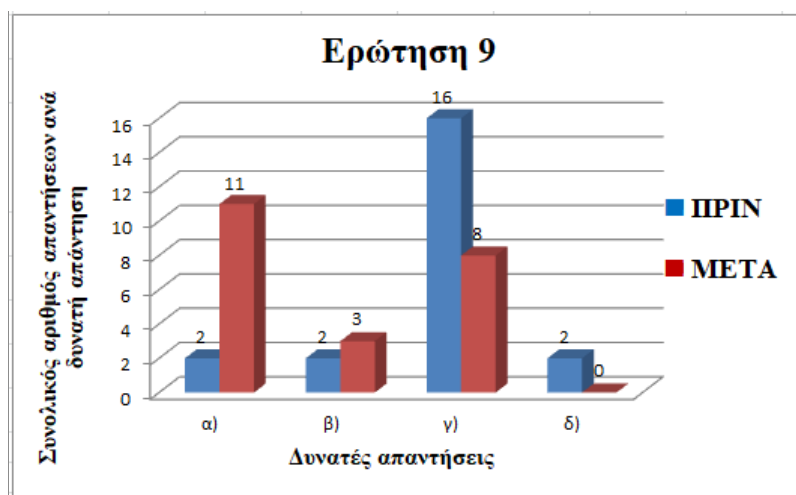
Γράφημα 8. Ο συνολικός αριθμός των απαντήσεων ανά δυνατή επιλογή (α/β/γ/δ) που έδωσαν οι μαθητές/τριες της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις για τη 8η ερώτηση.

Τα ποσοστά των μαθητών που έδωσαν τη σωστή απάντηση (β) πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις για τη 8^η ερώτηση ήταν 27.3% και 54.5% αντίστοιχα.

Η 9η ερώτηση ήταν πολιτισμική ελέγχοντας τον αντίστοιχο πολιτισμικό στόχο. Οι απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές παρουσιάζονται στον πίνακα 12 και το γράφημα στο σχήμα 9.

Πίνακας 12. Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών της πειραματικής ομάδας στην Ερώτηση 9 πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Απάντηση	ΠΡΙΝ		ΜΕΤΑ	
	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα (%)
α)	2	9.1	11	50.0
β)	2	9.1	3	13.6
γ)	16	72.7	8	36.4
δ)	2	9.1	0	0.0
ΣΥΝΟΛΟ	22	100	22	100

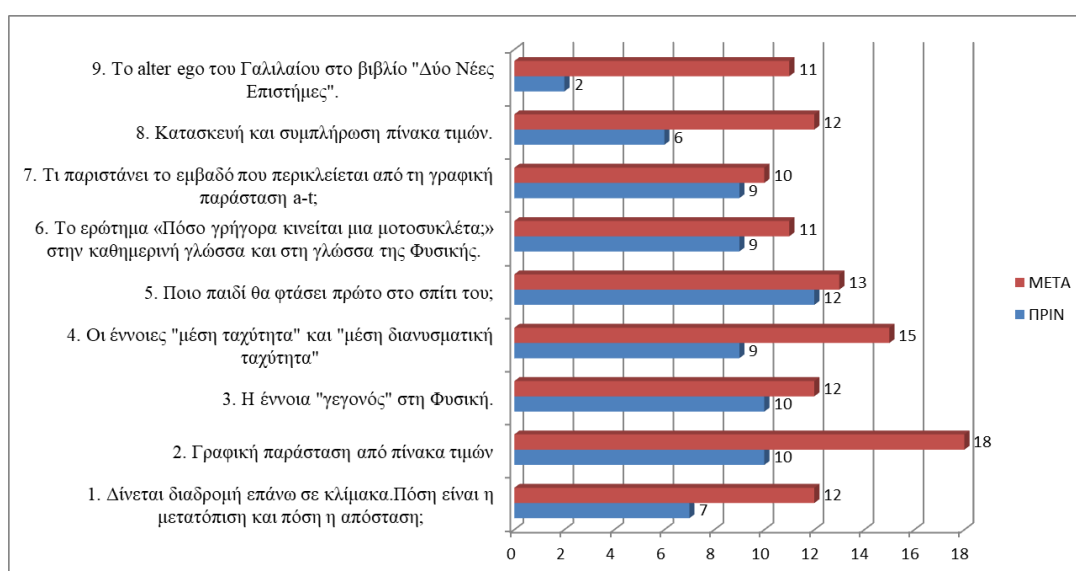


Γράφημα 9. Ο συνολικός αριθμός των απαντήσεων ανά δυνατή επιλογή (α/β/γ/δ) που έδωσαν οι μαθητές/τριες της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις για τη 9η ερώτηση.

Τα ποσοστά των μαθητών που έδωσαν τη σωστή απάντηση (α) πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις για την 9^η ερώτηση ήταν 9.1% και 50.0% αντίστοιχα.

Η παρατηρούμενη πρόοδος των μαθητών και η θετική επίδραση της διδακτικής παρέμβασης είναι αξιοσημείωτη.

Στο σχήμα 10 αποτυπώνονται οι σωστές απαντήσεις των μαθητών πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις για κάθε ερώτηση που έλεγχε αντίστοιχους πολιτισμικούς, εννοιολογικούς και μεθοδολογικούς στόχους.



Γράφημα 10. Ο αριθμός των σωστών απαντήσεων ανά ερώτηση πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις για τα όλο το δείγμα.

Ορίστηκε ως μηδενική υπόθεση η μη ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα στον αριθμό των σωστών απαντήσεων που δόθηκαν από τους μαθητές πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Αντίστοιχα, ως εναλλακτική υπόθεση ορίστηκε η ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα στον αριθμό των σωστών απαντήσεων που δόθηκαν από τους μαθητές πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Με το στατιστικό πακέτο SPSS V.25 ελέγχθηκε αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στον αριθμό των σωστών απαντήσεων αρχικά και στον αριθμό των σωστών απαντήσεων τελικά για την πειραματική ομάδα. Χρησιμοποιήθηκε ο έλεγχος Ζευγαρωτό T – Test (Paired T-Test) και τα αποτελέσματα φαίνονται στους πίνακες 13, 14 και 15. Στον πίνακα 14 η τιμή Correlation (= Correlation=0.787>0.4) επιβεβαίωσε τη χρήση του συγκεκριμένου ελέγχου.

Πίνακας 13: Paired Samples Statistics – Αριθμός σωστών απαντήσεων πριν & μετά

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΩΣΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΠΡΙΝ	3.36	22	1.706	.364
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΩΣΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΜΕΤΑ	5.18	22	1.368	.292

Πίνακας 14: Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΩΣΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΠΡΙΝ & ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΩΣΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΜΕΤΑ	22	.787	.000

Πίνακας 15: Paired Samples Test

	Mean	Std. Deviation	Paired Differences Mean	Std. Error	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			

Pair	ΑΡΙΘΜΟΣ	-1.818	1.053	.224	-2.285	-1.351	-8.101	21	.000
1	ΣΩΣΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΠΡΙΝ - ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΩΣΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΜΕΤΑ								

Στον πίνακα 13 «Paired Samples Statistics» περιγραφικής στατιστικής φαίνονται οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις για το σύνολο των σωστών απαντήσεων που δόθηκαν στο ερωτηματολόγιο πριν και μετά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης. Πριν από τη διδακτική παρέμβαση, ο μέσος όρος των σωστών απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές ήταν 3.36 ± 1.7 , ενώ μετά τη διδακτική παρέμβαση ο μέσος όρος των σωστών απαντήσεων ήταν 5.18 ± 1.37 .

Στον πίνακα 15 «Paired Samples Test», τιμή Mean είναι -1.818. Η αρνητική του τιμή εκφράζει το γεγονός ότι ο μέσος όρος των σωστών απαντήσεων μετά τη διδακτική παρέμβαση είναι υψηλότερος από το μέσο όρο των σωστών απαντήσεων πριν από την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης. Ο έλεγχος σημαντικότητας διπλής κατεύθυνσης δείχνει $t = -8.101$ με 21 βαθμούς ελευθερίας ($df = 21$). Η τιμή του επιπέδου στατιστικής σημαντικότητας, Sig.2-tailed ($p=0.000 < 0.05$), μας οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η υπόθεση της ομοιογένειας ανάμεσα στις τελικές και αρχικές σωστές απαντήσεις απορρίπτεται και συνεπώς υπάρχει σημαντική διαφορά ανάμεσα στον αρχικό αριθμό σωστών απαντήσεων και στον τελικό αριθμό σωστών απαντήσεων μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Το 2^ο ερευνητικό ερώτημα

Περιγραφική Ανάλυση για το 2^ο Ερευνητικό Ερώτημα

Η περιγραφική και η επαγωγική ανάλυση για το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα «Υπήρξε διαφορά στη μαθησιακή επίδοση των μαθητών που συμμετείχαν στην εφαρμογή των διδακτικών παρεμβάσεων βασισμένων στη χρήση των κινητών τηλεφώνων και τη διδακτική μεθοδολογία της διερευνητικής μάθησης IBSE (πειραματική ομάδα) σε σχέση τους μαθητές που συμμετείχαν στην εφαρμογή της

παραδοσιακής διδασκαλίας της Φυσικής (ομάδα ελέγχου)» αναπτύσσονται σε πίνακες και γραφήματα στην ιστοσελίδα που κατασκευάστηκε για την επεξεργασία των δεδομένων της παρούσας εργασίας (Ποτηριάδου, 2022). Εδώ αποτυπώνονται επιλεκτικά ορισμένοι πίνακες και γραφήματα για τις απαντήσεις των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου. Χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα Excel και SPSS V25.

Πίνακας 16. Σωστές απαντήσεις για όλες τις ερωτήσεις συγκεντρωτικά, ανά ομάδα, (πειραματική & ελέγχου) μετά τη διδακτική παρέμβαση

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Πειραματική Ομάδα	22	51.2	51.2	51.2
	Ομάδα Ελέγχου	21	48.8	48.8	100.0
	Total	43	100.0	100.0	

Από τον πίνακα 16 φαίνεται ότι το ποσοστό των μαθητών από την πειραματική ομάδα που έδωσε σωστές απαντήσεις ήταν 51.2% ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για την ομάδα ελέγχου ήταν 48%.

Επαγωγική Ανάλυση για το 2^ο Ερευνητικό Ερώτημα

Χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό κριτήριο t για ανεξάρτητα δείγματα (independent samples T-test) για να διερευνηθεί πιθανή διαφορά στον αριθμό των σωστών απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου.

Ο πίνακας 17, «Group Statistics», μας δίνει το σύνολο των περιπτώσεων (N), το μέσο όρο (mean) και την τυπική απόκλιση (standard deviation) και για τις δύο ομάδες, την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου. Δόθηκε η τιμή 0 για τη σωστή απάντηση και η τιμή 1 για τη λανθασμένη απάντηση. Ο πίνακας αφορά στην 1^η ερώτηση και αναφέρεται στις απαντήσεις που δόθηκαν μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ο μέσος όρος (Mean) των σωστών απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας για την 1^η ερώτηση είναι μεγαλύτερος από εκείνον που έδωσαν οι μαθητές της ομάδας ελέγχου.

Πίνακας 17. Group Statistics – 1η ερώτηση

	ΟΜΑΔΑ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
1. Δίνεται διαδρομή επάνω σε κλίμακα.Πόση είναι η μετατόπιση και πόση η απόσταση;	Πειραματική Ομάδα	22	.55	.510	.109
	Ομάδα Ελέγχου	21	.48	.512	.112

Πίνακας 18. Πίνακας T-τεστ για ανεξάρτητα δείγματα (Independent Samples Test) για την 1η ερώτηση

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
1. Δίνεται διαδρομή επάνω σε κλίμακα. Πόση είναι η μετατόπιση και πόση η απόσταση;	Equal variances assumed	.070	.793	.445	41	.659	.069	.156	-.245	.384
	Equal variances not assumed			.445	40.890	.659	.069	.156	-.245	.384

Στον πίνακα 18 για την 1η ερώτηση, η τιμή Sig = 0.793 (Sig>0.05) υποδεικνύει να ελέγξουμε την πρώτη γραμμή «Equal variances assumed». Επειδή Sig. (2-tailed) = 0.659 (>0.05) συμπεραίνουμε ότι η διαφορά μεταξύ των δύο μέσων όρων στις σωστές απαντήσεις μεταξύ των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου δεν είναι στατιστικά σημαντική.

Ο πίνακας 19, «Group Statistics – 2^η ερώτηση», μας δίνει το σύνολο των περιπτώσεων (N), το μέσο όρο (mean) και την τυπική απόκλιση (standard deviation) και για τις δύο ομάδες, την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου. Αφορά στη 2^η

ερώτηση. Δόθηκε η τιμή 0 για τη σωστή απάντηση και η τιμή 1 για τη λανθασμένη απάντηση. Ο πίνακας αφορά στην 2^η ερώτηση και αναφέρεται στις απαντήσεις που δόθηκαν μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ο μέσος όρος (Mean) των σωστών απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας για την 2^η ερώτηση είναι μεγαλύτερος από εκείνον που έδωσαν οι μαθητές της ομάδας ελέγχου.

Πίνακας 19. Group Statistics – 2η ερώτηση

	ΟΜΑΔΑ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
2. Γραφική παράσταση από πίνακα τιμών.	Πειραματική Ομάδα	22	.82	.395	.084
	Ομάδα Ελέγχου	21	.52	.512	.112

Πίνακας 20. T-τεστ για ανεξάρτητα δείγματα (Independent Samples Test) για την 2η ερώτηση

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
2. Γραφική παράσταση από πίνακα τιμών.	Equal variances assumed	13.355	.001	2.118	41	.040	.294	.139	.014	.575
	Equal variances not assumed			2.105	37.615	.042	.294	.140	.011	.578

Ο πίνακας 20 αφορά στη 2^η ερώτηση όπου έχουμε Sig=0.001 (Sig<0.05). Σε αυτή την περίπτωση εξετάζουμε τη δεύτερη γραμμή «Equal variances not assumed». Επειδή Sig. (2-tailed) = 0.042 (<0.05) συμπεραίνουμε ότι η διαφορά μεταξύ των δύο μέσων όρων στις σωστές απαντήσεις μεταξύ των μαθητών της πειραματικής ομάδας

και της ομάδας ελέγχου είναι στατιστικά σημαντική. Επίσης, για την τιμή t και τους βαθμούς ελευθερίας df έχουμε $t(41) = 2.118$ και επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $p < 0.05$.

Ο πίνακας 21, «Group Statistics – 3^η ερώτηση», μας δίνει το σύνολο των περιπτώσεων (N), το μέσο όρο (mean) και την τυπική απόκλιση (standard deviation) και για τις δύο ομάδες, την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, για την 3^η ερώτηση. Δόθηκε η τιμή 0 για τη σωστή απάντηση και η τιμή 1 για τη λανθασμένη απάντηση. Ο πίνακας αφορά στην 3^η ερώτηση και αναφέρεται στις απαντήσεις που δόθηκαν μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ο μέσος όρος (Mean) των σωστών απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας για την 3^η ερώτηση είναι μεγαλύτερος από εκείνον που έδωσαν οι μαθητές της ομάδας ελέγχου.

Πίνακας 21. Group Statistics – 3η ερώτηση

	ΟΜΑΔΑ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
3. Η έννοια "γεγονός" στη Φυσική.	Πειραματική Ομάδα	22	.50	.512	.109
	Ομάδα Ελέγχου	21	.33	.483	.105

Πίνακας 22. T-τεστ για ανεξάρτητα δείγματα (Independent Samples Test) για την 3η ερώτηση

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
3. Η έννοια "γεγονός"	Equal variances assumed	2.622	.113	1.097	41	.279	.167	.152	-.140	.473

στη Φυσική.	Equal variances not assumed			1.099	40.996	.278	.167	.152	-.140	.473
----------------	--------------------------------------	--	--	-------	--------	------	------	------	-------	------

Επειδή Sig = 0.113 (>0.05) υποδεικνύει να ελέγξουμε την πρώτη γραμμή «Equal variances assumed». Έτσι, επειδή Sig. (2-tailed) = 0.279 (>0.05) συμπεραίνουμε ότι η διαφορά μεταξύ των δύο μέσων όρων στις σωστές απαντήσεις μεταξύ των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου δεν είναι στατιστικά σημαντική.

Ο πίνακας 23, «Group Statistics – 4^η ερώτηση», μας δίνει το σύνολο των περιπτώσεων (N), το μέσο όρο (mean) και την τυπική απόκλιση (standard deviation) και για τις δύο ομάδες, την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, για την 4^η ερώτηση. Δόθηκε η τιμή 0 για τη σωστή απάντηση και η τιμή 1 για τη λανθασμένη απάντηση. Ο πίνακας αφορά στην 4^η ερώτηση και αναφέρεται στις απαντήσεις που δόθηκαν μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ο μέσος όρος (Mean) των σωστών απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας για την 4^η ερώτηση είναι μεγαλύτερος από εκείνον που έδωσαν οι μαθητές της ομάδας ελέγχου.

Πίνακας 23. Group Statistics – 4η ερώτηση

	ΟΜΑΔΑ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
4. Οι έννοιες "μέση ταχύτητα" και "μέση διανυσματική ταχύτητα".	Πειραματική Ομάδα	22	.73	.456	.097
	Ομάδα Ελέγχου	21	.52	.512	.112

**Πίνακας 24. T-τεστ για ανεξάρτητα δείγματα (Independent Samples Test)
για την 4η ερώτηση**

Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means
--	------------------------------

		F	Sig.	t	df	Sig. (2- tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
4. Οι έννοιες "μέση ταχύτητα" και "μέση διανυσματική ταχύτητα".	Equal variances assumed	5.034	.030	1.378	41	.176	.203	.148	-.095	.502
	Equal variances not assumed			1.374	39.945	.177	.203	.148	-.096	.503

Επειδή, για την 4^η ερώτηση ο πίνακας 24 δίνει Sig=0.030 (Sig<0.05), υποδεικνύει να ελέγξουμε τη δεύτερη γραμμή «Equal variances not assumed». Έτσι, επειδή Sig. (2-tailed) = 0.177 (>0.05), η διαφορά μεταξύ των δύο μέσων όρων στις σωστές απαντήσεις μεταξύ των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου δεν είναι στατιστικά σημαντική.

Ο πίνακας 25, «Group Statistics – 5^η ερώτηση», μας δίνει το σύνολο των περιπτώσεων (N), το μέσο όρο (mean) και την τυπική απόκλιση (standard deviation) και για τις δύο ομάδες, την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, για την 5^η ερώτηση. Δόθηκε η τιμή 0 για τη σωστή απάντηση και η τιμή 1 για τη λανθασμένη απάντηση. Ο πίνακας αφορά στην 5^η ερώτηση και αναφέρεται στις απαντήσεις που δόθηκαν μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ο μέσος όρος (Mean) των σωστών απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας για την 5^η ερώτηση είναι μεγαλύτερος από εκείνον που έδωσαν οι μαθητές της ομάδας ελέγχου.

Πίνακας 25. Group Statistics – 5η ερώτηση

		OMAΔA	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
5. Ποιο παιδί θα φτάσει πρώτο στο σπίτι του;	Πειραματική Ομάδα		22	.59	.503	.107
	Ομάδα Ελέγχου		21	.48	.512	.112

**Πίνακας 26. Τ-τεστ για ανεξάρτητα δείγματα (Independent Samples Test)
για την 5η ερώτηση**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
5. Ποιο παιδί θα φτάσει	Equal variances assumed	.556	.460	.741	41	.463	.115	.155	-.198	.427
πρώτο στο σπίτι του;	Equal variances not assumed			.741	40.830	.463	.115	.155	-.198	.428

Επειδή από τον πίνακα 26 φαίνεται ότι Sig = 0.460 (>0.05), αυτό υποδεικνύει να ελέγξουμε την πρώτη γραμμή «Equal variances assumed». Έτσι, επειδή Sig. (2-tailed) = 0.463 (>0.05), συμπεραίνουμε ότι η διαφορά μεταξύ των δύο μέσων όρων στις σωστές απαντήσεις μεταξύ των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου δεν είναι στατιστικά σημαντική.

Ο πίνακας 27, «Group Statistics – 6^η ερώτηση», μας δίνει το σύνολο των περιπτώσεων (N), το μέσο όρο (mean) και την τυπική απόκλιση (standard deviation) και για τις δύο ομάδες, την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, για την 6^η ερώτηση. Δόθηκε η τιμή 0 για τη σωστή απάντηση και η τιμή 1 για τη λανθασμένη απάντηση. Ο πίνακας αφορά στην 6^η ερώτηση και αναφέρεται στις απαντήσεις που δόθηκαν μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ο μέσος όρος (Mean) των σωστών απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας για την 6^η ερώτηση είναι μεγαλύτερος από εκείνον που έδωσαν οι μαθητές της ομάδας ελέγχου.

Πίνακας 27. Group Statistics – 6η ερώτηση

ΟΜΑΔΑ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
-------	---	------	----------------	-----------------

6. Το ερώτημα «Πόσο γρήγορα κινείται μια μοτοσυκλέτα;» στην καθημερινή γλώσσα και στη γλώσσα της Φυσικής.	Πειραματική Ομάδα	22	.50	.512	.109
	Ομάδα Ελέγχου	21	.43	.507	.111

Πίνακας 28. T-τεστ για ανεξάρτητα δείγματα (Independent Samples Test) για την 6η ερώτηση

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
6. Το ερώτημα «Πόσο γρήγορα κινείται μια μοτοσυκλέτα;» στην καθημερινή γλώσσα και στη γλώσσα της Φυσικής.	Equal variances assumed	.437	.512	.460	41	.648	.071	.155	-.242	.385
	Equal variances not assumed			.460	40.939	.648	.071	.155	-.242	.385

Από τον πίνακα 28 παίρνουμε Sig = 0.512 (>0.05) κάτι που υποδεικνύει ότι θα πρέπει να ελέγξουμε την πρώτη γραμμή «Equal variances assumed». Έτσι, επειδή Sig. (2-tailed) = 0.648 (>0.05) συμπεραίνουμε ότι η διαφορά μεταξύ των δύο μέσων όρων στις σωστές απαντήσεις μεταξύ των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου δεν είναι στατιστικά σημαντική.

Ο πίνακας 29, «Group Statistics – 7^η ερώτηση», μας δίνει το σύνολο των περιπτώσεων (N), το μέσο όρο (mean) και την τυπική απόκλιση (standard deviation) και για τις δύο ομάδες, την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, για την 7^η ερώτηση. Δόθηκε η τιμή 0 για τη σωστή απάντηση και η τιμή 1 για τη λανθασμένη απάντηση. Ο πίνακας αφορά στην 7^η ερώτηση και αναφέρεται στις απαντήσεις που

δόθηκαν μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ο μέσος όρος (Mean) των σωστών απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας για την 7^η ερώτηση είναι μεγαλύτερος από εκείνον που έδωσαν οι μαθητές της ομάδας ελέγχου.

Πίνακας 29. Group Statistics – 7η ερώτηση

	ΟΜΑΔΑ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
7. Τι παριστάνει το εμβασό που περικλείεται από τη γραφική παράσταση a-t;	Πειραματική Ομάδα	22	.45	.510	.109
	Ομάδα Ελέγχου	21	.38	.498	.109

Πίνακας 30. Πίνακας T-τεστ για ανεξάρτητα δείγματα (Independent Samples Test) για την 7η ερώτηση

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
7. Τι παριστάνει το εμβασό που περικλείεται από τη γραφική παράσταση a-t;	Equal variances assumed	.793	.379	.479	41	.635	.074	.154	-.237	.384
	Equal variances not assumed			.479	40.977	.634	.074	.154	-.237	.384

Επειδή από τον πίνακα 30 φαίνεται ότι Sig = 0.379 (>0.05), αυτό υποδεικνύει να ελέγξουμε την πρώτη γραμμή. Έτσι, επειδή Sig. (2-tailed) = 0.635 (>0.05) συμπεραίνουμε ότι η διαφορά μεταξύ των δύο μέσων όρων στις σωστές απαντήσεις μεταξύ των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου δεν είναι στατιστικά σημαντική.

Ο πίνακας 31, «Group Statistics – 8^η ερώτηση», μας δίνει το σύνολο των περιπτώσεων (N), το μέσο όρο (mean) και την τυπική απόκλιση (standard deviation) και για τις δύο ομάδες, την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, για την 8^η ερώτηση. Δόθηκε η τιμή 0 για τη σωστή απάντηση και η τιμή 1 για τη λανθασμένη απάντηση. Ο πίνακας αφορά στην 8^η ερώτηση και αναφέρεται στις απαντήσεις που δόθηκαν μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ο μέσος όρος (Mean) των σωστών απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας για την 8^η ερώτηση είναι μεγαλύτερος από εκείνον που έδωσαν οι μαθητές της ομάδας ελέγχου.

Πίνακας 31. Group Statistics – 8η ερώτηση

	ΟΜΑΔΑ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error
					Mean
8. Κατασκευή και συμπλήρωση πίνακα τιμών.	Πειραματική Ομάδα	22	.55	.510	.109
	Ομάδα Ελέγχου	21	.38	.498	.109

**Πίνακας 32. T-τεστ για ανεξάρτητα δείγματα (Independent Samples Test)
για την 8η ερώτηση**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
8. Κατασκευή και συμπλήρωση πίνακα τιμών.	Equal variances assumed	.793	.379	1.070	41	.291	.165	.154	-.146	.475
	Equal variances not assumed			1.071	40.977	.290	.165	.154	-.146	.475

Από τον πίνακα 32 βλέπουμε ότι η τιμή Sig = 0.379 (>0.05) υποδεικνύει να ελέγξουμε την πρώτη γραμμή. Έτσι, επειδή Sig. (2-tailed) = 0.291 (>0.05) συμπεραίνουμε ότι η διαφορά μεταξύ των δύο μέσων όρων στις σωστές απαντήσεις μεταξύ των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου δεν είναι στατιστικά σημαντική.

Ο πίνακας 33, «Group Statistics – 9^η ερώτηση», μας δίνει το σύνολο των περιπτώσεων (N), το μέσο όρο (mean) και την τυπική απόκλιση (standard deviation) και για τις δύο ομάδες, την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, για την 9^η ερώτηση. Δόθηκε η τιμή 0 για τη σωστή απάντηση και η τιμή 1 για τη λανθασμένη απάντηση. Ο πίνακας αφορά στην 9^η ερώτηση και αναφέρεται στις απαντήσεις που δόθηκαν μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ο μέσος όρος (Mean) των σωστών απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας για την 9^η ερώτηση είναι μεγαλύτερος από εκείνον που έδωσαν οι μαθητές της ομάδας ελέγχου.

Πίνακας 33. Group Statistics – 9η ερώτηση

	ΟΜΑΔΑ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
9. Το alter ego του	Πειραματική Ομάδα	22	.50	.512	.109
Γαλιλαίου στο βιβλίο "Δύο	Ομάδα Ελέγχου	21	.10	.301	.066
Νέες Επιστήμες".					

**Πίνακας 34. T-τεστ για ανεξάρτητα δείγματα (Independent Samples Test)
για την 9η ερώτηση**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2- tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
9. Το alter	Equal	39.883	.000	3.142	41	.003	.405	.129	.145	.665
ego του	variances									
Γαλιλαίου	assumed									

στο βιβλίο "Δύο Νέες Επιστήμες".	Equal variances not assumed			3.179	34.241	.003	.405	.127	.146	.663
----------------------------------	-----------------------------	--	--	-------	--------	------	------	------	------	------

Ο πίνακας 34 αφορά στην 9^η ερώτηση όπου έχουμε Sig=0.000 (Sig<0.05). Σε αυτή την περίπτωση εξετάζουμε τη δεύτερη γραμμή «Equal variances not assumed». Επειδή Sig. (2-tailed) = 0.003 (<0.05) συμπεραίνουμε ότι η διαφορά μεταξύ των δύο μέσων όρων στις σωστές απαντήσεις μεταξύ των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου είναι στατιστικά σημαντική. Επίσης, για την τιμή t και τους βαθμούς ελευθερίας df έχουμε $t(34) = 3.179$.

Ο πίνακας 35, «Group Statistics – Όλες οι ερωτήσεις», μας δίνει το σύνολο των περιπτώσεων (N), το μέσο όρο (mean) και την τυπική απόκλιση (standard deviation) και για τις δύο ομάδες, την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, για το σύνολο των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου. Αντίστοιχα, ο πίνακας 36, μας δίνει τα αποτελέσματα του T-τεστ για ανεξάρτητα δείγματα (Independent Samples Test), για όλες τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου που δόθηκε τόσο στην πειραματική ομάδα όσο και στην ομάδα ελέγχου.

Πίνακας 35. Group Statistics – Όλες οι ερωτήσεις

	ΟΜΑΔΑ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
1. Δίνεται διαδρομή επάνω σε κλίμακα. Πόση είναι η μετατόπιση και πόση η απόσταση;	Πειραματική Ομάδα	22	.55	.510	.109
	Ομάδα Ελέγχου	21	.48	.512	.112
2. Γραφική παράσταση από πίνακα τιμών.	Πειραματική Ομάδα	22	.82	.395	.084
	Ομάδα Ελέγχου	21	.52	.512	.112
3. Η έννοια "γεγονός" στη Φυσική.	Πειραματική Ομάδα	22	.50	.512	.109
	Ομάδα Ελέγχου	21	.33	.483	.105
4. Οι έννοιες "μέση ταχύτητα" και "μέση διανυσματική ταχύτητα".	Πειραματική Ομάδα	22	.73	.456	.097
	Ομάδα Ελέγχου	21	.52	.512	.112
5. Ποιο παιδί θα φτάσει πρώτο στο σπίτι του;	Πειραματική Ομάδα	22	.59	.503	.107
	Ομάδα Ελέγχου	21	.48	.512	.112
	Πειραματική Ομάδα	22	.50	.512	.109

6. Το ερώτημα «Πόσο γρήγορα κινείται μια μοτοσυκλέτα;» στην καθημερινή γλώσσα και στη γλώσσα της Φυσικής.	Ομάδα Ελέγχου	21	.43	.507	.111
7. Τι παριστάνει το εμβάδο που περικλείεται από τη γραφική παράσταση a-t;	Πειραματική Ομάδα	22	.45	.510	.109
	Ομάδα Ελέγχου	21	.38	.498	.109
8. Κατασκευή και συμπλήρωση πίνακα τιμών.	Πειραματική Ομάδα	22	.55	.510	.109
	Ομάδα Ελέγχου	21	.38	.498	.109
9. Το alter ego του Γαλιλαίου στο βιβλίο "Δύο Νέες Επιστήμες".	Πειραματική Ομάδα	22	.50	.512	.109
	Ομάδα Ελέγχου	21	.10	.301	.066

Πίνακας 36. Τ-τεστ για ανεξάρτητα δείγματα (Independent Samples Test)
για όλες τις ερωτήσεις

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
1. Δίνεται διαδρομή επάνω σε κλίμακα. Πόση είναι η μετατόπιση και πόση η απόσταση;	Equal variances assumed	.070	.793	.445	41	.659	.069	.156	-.245	.384
	Equal variances not assumed			.445	40.890	.659	.069	.156	-.245	.384

2. Γραφική παράσταση από πίνακα τιμών.	Equal variance s assumed	13.355	.001	2.118	41	.040	.294	.139	.014	.575
	Equal variance s not assumed			2.105	37.615	.042	.294	.140	.011	.578
3. Η έννοια "γεγονός" στη Φυσική.	Equal variance s assumed	2.622	.113	1.097	41	.279	.167	.152	-.140	.473
	Equal variance s not assumed			1.099	40.996	.278	.167	.152	-.140	.473
4. Οι έννοιες "μέση ταχύτητα" και "μέση διανυσματική ταχύτητα".	Equal variance s assumed	5.034	.030	1.378	41	.176	.203	.148	-.095	.502
	Equal variance s not assumed			1.374	39.945	.177	.203	.148	-.096	.503
5. Ποιο παιδί θα φτάσει πρώτο στο σπίτι του;	Equal variance s assumed	.556	.460	.741	41	.463	.115	.155	-.198	.427
	Equal variance s not assumed			.741	40.830	.463	.115	.155	-.198	.428

6. Το ερώτημα «Πόσο γρήγορα κινείται μια μοτοσυκλέτα;» στην καθημερινή γλώσσα και στη γλώσσα της Φυσικής.	Equal variance assumed	.437	.512	.460	41	.648	.071	.155	-.242	.385
	Equal variance not assumed			.460	40.939	.648	.071	.155	-.242	.385
7. Τι παριστάνει το εμβάδο που περικλείεται από τη γραφική παράσταση a-t;	Equal variance assumed	.793	.379	.479	41	.635	.074	.154	-.237	.384
	Equal variance not assumed			.479	40.977	.634	.074	.154	-.237	.384
8. Κατασκευή και συμπλήρωση πίνακα τιμών.	Equal variance assumed	.793	.379	1.070	41	.291	.165	.154	-.146	.475
	Equal variance not assumed			1.071	40.977	.290	.165	.154	-.146	.475
9. Το alter ego του Γαλιλαίου στο βιβλίο "Δύο Νέες Επιστήμες".	Equal variance assumed	39.883	.000	3.142	41	.003	.405	.129	.145	.665
	Equal variance not assumed			3.179	34.241	.003	.405	.127	.146	.663

Ο πίνακας 37, «Group Statistics – Όλες οι σωστές απαντήσεις για όλες τις ερωτήσεις και για όλες τις σωστές απαντήσεις ανά ομάδα», μας δίνει το σύνολο των περιπτώσεων (N), το μέσο όρο (mean) και την τυπική απόκλιση (standard deviation) και για τις δύο ομάδες, την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, για το σύνολο των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου, συγκεντρωτικά. Αντίστοιχα, ο πίνακας 38, μας δίνει τα αποτελέσματα του T-τεστ για ανεξάρτητα δείγματα (Independent Samples Test), για όλες τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου συγκεντρωτικά, που δόθηκε τόσο στην πειραματική ομάδα όσο και στην ομάδα ελέγχου.

Πίνακας 37. Group Statistics – Όλες οι σωστές απαντήσεις για όλες τις ερωτήσεις και για όλες τις σωστές απαντήσεις ανά ομάδα (πειραματική & ελέγχου)

	ΟΜΑΔΑ	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error
					Mean
ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΩΣΤΩΝ	Πειραματική Ομάδα	22	5.18	1.368	.292
ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΜΕΤΑ	Ομάδα Ελέγχου	21	3.67	1.528	.333

Πίνακας 38. T-τεστ για ανεξάρτητα δείγματα (Independent Samples Test) για όλες τις ερωτήσεις και για όλες τις σωστές απαντήσεις ανά ομάδα

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΩΣΤΩΝ	Equal variances assumed	.314	.578	3.430	41	.001	1.515	.442	.623	2.407
ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΜΕΤΑ	Equal variances not assumed			3.421	40.007	.001	1.515	.443	.620	2.410

Από τον πίνακα 38 φαίνεται ότι $Sig = 0.578$ ($Sig > 0.05$) γεγονός που μας υποδεικνύει να εξετάζουμε την πρώτη γραμμή. Επειδή $Sig. (2-tailed) = 0.001$ (< 0.05) συμπεραίνουμε ότι η διαφορά μεταξύ των δύο μέσων όρων στις σωστές απαντήσεις μεταξύ των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου είναι στατιστικά σημαντική. Επίσης, για την τιμή t και τους βαθμούς ελευθερίας df έχουμε $t(41) = 3.430$.

Το 3^ο ερευνητικό ερώτημα

Για το τρίτο ερευνητικό ερώτημα «Σε ποιο βαθμό η αξιοποίηση αποδεικτικών στοιχείων από την πειραματική ομάδα οδήγησε στη διατύπωση της σωστής θεωρίας ή της σωστής κατανόησης μιας έννοιας, δηλαδή στην επιστημονική γνώση;» υπολογίστηκε ο αριθμός και το ποσοστό των σωστών απαντήσεων αναφορικά με την επιλογή του σωστού μοντέλου που περιγράφει μια επιστημονική έννοια ή θεωρία. Ο συγκεκριμένος αριθμός και το αντίστοιχο ποσοστό υπολογίστηκε τόσο ανά μαθητή όσο και συνολικά για την πειραματική ομάδα. Στο φύλλο εργασίας «Διάγραμμα με βέλη – 1», το οποίο αφορά στις έννοιες θέση, μετατόπιση, τροχιά και απόσταση, δόθηκαν 79 σωστές απαντήσεις από το σύνολο των 110 σωστών απαντήσεων, δηλαδή το ποσοστό των σωστών απαντήσεων είναι 71.82%. Στο φύλλο εργασίας «Διάγραμμα με βέλη – 2», το οποίο αφορά στις έννοιες απόσταση, μετατόπιση, μέση ταχύτητα, μέση διανυσματική ταχύτητα και στιγμιαία ταχύτητα, δόθηκαν 68 σωστές απαντήσεις από το σύνολο των 110 σωστών απαντήσεων, δηλαδή το ποσοστό των σωστών απαντήσεων είναι 61.82%. Στο φύλλο εργασίας «Διάγραμμα με βέλη – 3», το οποίο αφορά στις έννοιες ταχύτητα, μεταβολή της ταχύτητας και επιτάχυνση, δόθηκαν 80 σωστές απαντήσεις από το σύνολο των 110 σωστών απαντήσεων, δηλαδή το ποσοστό των σωστών απαντήσεων είναι 72.73%.

Στο φύλλο εργασίας «Διάγραμμα με βέλη – 1», οι μαθητές αξιολόγησαν τα πέντε αποδεικτικά στοιχεία που τους δόθηκαν σχετικά με το κατά πόσο τους βοήθησαν να καταλήξουν σε κάποιο συμπέρασμα (ανεξάρτητα εάν αυτό είναι σωστό ή λάθος) και να επιλέξουν το ένα από τα δύο μοντέλα που είναι δυνατό να περιγράψουν μια επιστημονική έννοια ή θεωρία. Η κλίμακα της βαθμολογίας για κάθε αποδεικτικό στοιχείο ήταν από 0 (ελάχιστη βαθμολογία) έως 2 (μέγιστη βαθμολογία).

Στο φύλλο εργασίας «Διάγραμμα με βέλη – 2», αθροιστικά, για τα πέντε αποδεικτικά στοιχεία των πέντε ερωτήσεων του φύλλου εργασίας, η βαθμολογία που

έδωσαν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας ήταν 152 (με μέγιστη βαθμολογία το 220 και για τους 22 μαθητές της πειραματικής ομάδας). Δηλαδή η βαθμολογία που έδωσαν οι μαθητές αξιολογώντας τα αποδεικτικά στοιχεία ως προς τη βοήθεια που τους προσέφεραν ήταν 69.09% για το συγκεκριμένο φύλλο εργασίας.

Στο φύλλο εργασίας «Διάγραμμα με βέλη – 3», αθροιστικά, για τα πέντε αποδεικτικά στοιχεία των πέντε ερωτήσεων του φύλλου εργασίας, η βαθμολογία που έδωσαν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας ήταν 155 (με μέγιστη βαθμολογία το 220 και για τους 22 μαθητές πειραματικής ομάδας). Δηλαδή η βαθμολογία που έδωσαν οι μαθητές αξιολογώντας τα αποδεικτικά στοιχεία ως προς τη βοήθεια που τους προσέφεραν ήταν 70.45% για το συγκεκριμένο φύλλο εργασίας.

Μια επιπλέον μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για να αποτυπώσουν οι μαθητές το πόσο ισχυρά συνδέεται το κάθε αποδεικτικό στοιχείο με τα μοντέλα που καλούνται να επιλέξουν και αφορούν στην κάθε έννοια (θέση, μετατόπιση, απόσταση κλπ), στο καθένα από τα τρία φύλλα εργασίας με τίτλο «Διάγραμμα με βέλη», αξιοποιήθηκαν πέντε σχεδιασμοί με βέλη. Οι λεπτομερείς επεξηγήσεις των σχεδιασμών αυτών υπάρχουν σε σχετικό υπόμνημα στα εν λόγω φύλλα εργασίας. Ο πρώτος σχεδιασμός (βέλος 1) απεικονίζει το γεγονός ότι δεν υπάρχει σύνδεση ανάμεσα στο αποδεικτικό στοιχείο και το επιστημονικό μοντέλο, συνεπώς το αποδεικτικό στοιχείο δε σχετίζεται με το επιστημονικό μοντέλο. Ο δεύτερος σχεδιασμός (βέλος 2) απεικονίζει ότι το αποδεικτικό στοιχείο έρχεται σε ισχυρή αντίθεση με το επιστημονικό μοντέλο. Ο τρίτος σχεδιασμός (βέλος 3) απεικονίζει ότι το αποδεικτικό στοιχείο έρχεται σε αντίθεση με το επιστημονικό μοντέλο. Ο τέταρτος σχεδιασμός (βέλος 4) απεικονίζει ότι το αποδεικτικό στοιχείο υποστηρίζει το επιστημονικό μοντέλο. Ο πέμπτος σχεδιασμός (βέλος 5) απεικονίζει ότι το αποδεικτικό στοιχείο υποστηρίζει ισχυρά το επιστημονικό μοντέλο.

Σύμφωνα με τη μέθοδο που περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο, δίνονται στη συνέχεια, σε πίνακες, οι συχνότητες των πέντε χαρακτηρισμών που έδωσαν οι μαθητές με τη βοήθεια των βελών αναφορικά με το κατά πόσο ισχυρά συνδέεται το κάθε αποδεικτικό στοιχείο με τα μοντέλα που καλούνται να επιλέξουν και αφορούν στην κάθε έννοια, στο καθένα από τα τρία φύλλα εργασίας με τίτλο «Διάγραμμα με βέλη». Έτσι, ο πίνακας 39 δίνει τη συχνότητα των διαφόρων χαρακτηρισμών για καθένα από τα πέντε αποδεικτικά στοιχεία του φύλλου εργασίας «Διάγραμμα με βέλη – 1»:

Πίνακας 39. Συχνότητα χαρακτηρισμών (με τη χρήση κατάλληλου σχεδιασμού βέλους) για τα αποδεικτικά στοιχεία που έδωσαν οι 22 μαθητές της πειραματικής ομάδας στο φύλλο εργασίας "Διάγραμμα με βέλη - 1"

Αποδεικτικό στοιχείο (α/α)	ΣΥΝΟΛΟ ΒΕΛΩΝ Νο1 (Δε σχετίζεται)	ΣΥΝΟΛΟ ΒΕΛΩΝ Νο2 (Ερχεται ισχυρά σε αντίθεση)	ΣΥΝΟΛΟ ΒΕΛΩΝ Νο3 (Ερχεται σε αντίθεση)	ΣΥΝΟΛΟ ΒΕΛΩΝ Νο4 (Υποστηρίζει)	ΣΥΝΟΛΟ ΒΕΛΩΝ Νο5 (Υποστηρίζει ισχυρά)
1	4	0	1	5	12
2	0	0	1	6	15
3	0	1	1	14	6
4	2	2	0	8	12
5	0	0	1	9	12
ΣΥΝΟΛΟ	6	1	4	42	57

Παρατηρούμε ότι οι μαθητές, για το σύνολο των αποδεικτικών στοιχείων του φύλλου εργασίας «Διάγραμμα με βέλη – 1», έχουν επιλέξει κατά κύριο λόγο εκείνο το σχεδιασμό βέλους που απεικονίζει μια ισχυρή σύνδεση ανάμεσα στο αποδεικτικό στοιχείο και το επιστημονικό μοντέλο. Θεωρούν δηλαδή ότι τα αποδεικτικά στοιχεία υποστηρίζουν ισχυρά τα επιστημονικά μοντέλα.

Ο πίνακας 40 δίνει τη συχνότητα των διαφόρων χαρακτηρισμών για καθένα από τα πέντε αποδεικτικά στοιχεία του φύλλου εργασίας «Διάγραμμα με βέλη – 2»:

Πίνακας 40. Συχνότητα χαρακτηρισμών (με τη χρήση κατάλληλου σχεδιασμού βέλους) για τα αποδεικτικά στοιχεία που έδωσαν οι 22 μαθητές της πειραματικής ομάδας στο φύλλο εργασίας "Διάγραμμα με βέλη - 2"

Αποδεικτικό στοιχείο (α/α)	ΣΥΝΟΛΟ ΒΕΛΩΝ Νο1 (Δε σχετίζεται)	ΣΥΝΟΛΟ ΒΕΛΩΝ Νο2 (Ερχεται ισχυρά σε αντίθεση)	ΣΥΝΟΛΟ ΒΕΛΩΝ Νο3 (Ερχεται σε αντίθεση)	ΣΥΝΟΛΟ ΒΕΛΩΝ Νο4 (Υποστηρίζει)	ΣΥΝΟΛΟ ΒΕΛΩΝ Νο5 (Υποστηρίζει ισχυρά)
1	0	0	0	9	13
2	1	1	1	7	12
3	1	2	0	4	15
4	1	0	1	12	8

5	3	1	2	5	11
ΣΥΝΟΛΟ	6	4	4	37	59

Στο φύλλο εργασίας «Διάγραμμα με βέλη – 2», παρατηρούμε ότι οι μαθητές, για το σύνολο των αποδεικτικών στοιχείων, έχουν επιλέξει κατά κύριο λόγο εκείνο το σχεδιασμό βέλους που απεικονίζει μια ισχυρή σύνδεση ανάμεσα στο αποδεικτικό στοιχείο και το επιστημονικό μοντέλο. Θεωρούν δηλαδή ότι τα αποδεικτικά στοιχεία υποστηρίζουν ισχυρά τα επιστημονικά μοντέλα.

Ο πίνακας 41 δίνει τη συχνότητα των διαφόρων χαρακτηρισμών για καθένα από τα πέντε αποδεικτικά στοιχεία του φύλλου εργασίας «Διάγραμμα με βέλη – 3»:

Πίνακας 41. Συχνότητα χαρακτηρισμών (με τη χρήση κατάλληλου σχεδιασμού βέλους) για τα αποδεικτικά στοιχεία που έδωσαν οι 22 μαθητές της πειραματικής ομάδας στο φύλλο εργασίας "Διάγραμμα με βέλη - 3"

Αποδεικτικό στοιχείο (α/α)	ΣΥΝΟΛΟ ΒΕΛΩΝ Νο1 (Δε σχετίζεται)	ΣΥΝΟΛΟ ΒΕΛΩΝ Νο2 (Ερχεται ισχυρά σε αντίθεση)	ΣΥΝΟΛΟ ΒΕΛΩΝ Νο3 (Ερχεται σε αντίθεση)	ΣΥΝΟΛΟ ΒΕΛΩΝ Νο4 (Υποστηρίζει)	ΣΥΝΟΛΟ ΒΕΛΩΝ Νο5 (Υποστηρίζει ισχυρά)
1	2	0	0	11	9
2	2	0	0	6	14
3	1	0	0	6	15
4	0	1	0	5	16
5	1	0	0	12	9
ΣΥΝΟΛΟ	6	1	0	40	63

Τέλος, στο φύλλο εργασίας «Διάγραμμα με βέλη – 3», παρατηρούμε επίσης ότι οι μαθητές, για το σύνολο των αποδεικτικών στοιχείων, έχουν επιλέξει κατά κύριο λόγο εκείνο το σχεδιασμό βέλους που απεικονίζει μια ισχυρή σύνδεση ανάμεσα στο αποδεικτικό στοιχείο και το επιστημονικό μοντέλο. Θεωρούν δηλαδή ότι τα αποδεικτικά στοιχεία υποστηρίζουν ισχυρά τα επιστημονικά μοντέλα.

Η διερεύνηση της χρήσης αποδεικτικών στοιχείων από τους μαθητές ολοκληρώνεται με την ανάλυση ποιοτικών δεδομένων που λαμβάνονται από τις απαντήσεις τους στην Ερώτηση 10 του ερωτηματολογίου που βρίσκεται στο Παράρτημα Α. Η συγκεκριμένη ερώτηση είναι ανοικτή και εντοπίζει το είδος των

αποδεικτικών στοιχείων που χρησιμοποιούν οι μαθητές για να καταλήξουν σε ένα επιστημονικό συμπέρασμα. Τα αποδεικτικά στοιχεία που χρησιμοποιούν πιο συχνά οι μαθητές είναι: η απόσταση, η μετατόπιση, ο χρόνος διαδρομής, η χρονική στιγμή, η μέση ταχύτητα και η μέση διανυσματική ταχύτητα. Ένας μικρός αριθμός μαθητών έχει επισημάνει ως αποδεικτικό στοιχείο τις γραφικές παραστάσεις. Επιπλέον υπάρχει ένας αριθμός μαθητών που αναφέρουν ως αποδεικτικά στοιχεία την αναζήτηση της βιβλιογραφίας για την εύρεση μιας τυπικής ταχύτητας πλοίου παλαιότερων εποχών καθώς κινηματογραφικές ταινίες όπου «ο ήρωας που δοκιμάζεται και καταπονείται περισσότερο, στο τέλος δικαιώνεται» σύμφωνα με το σχόλιο που έκανε μαθητής κατά τη διάρκεια του μαθήματος όταν οι μαθητές συμπλήρωναν το ερωτηματολόγιο του Παραρτήματος Α. Στη συνέχεια επιλέγονται αντιπροσωπευτικές απαντήσεις μαθητών στην Ερώτηση 10, όπου φαίνεται το είδος των αποδεικτικών στοιχείων που χρησιμοποιούν για να καταλήξουν σε ένα επιστημονικό συμπέρασμα.

α) η απόσταση, ο χρόνος

β) η αναζήτηση της βιβλιογραφίας για να βρει ο Γιάννης μια τυπική μέση ταχύτητα ενός πλοίου παλαιότερων εποχών, οι κινηματογραφικές ταινίες όπου ο ήρωας που δοκιμάζεται και καταπονείται περισσότερο στο τέλος δικαιώνεται.

«α) η απόσταση, ο χρόνος

β) η αναζήτηση της βιβλιογραφίας για να βρει ο Γιάννης μια τυπική μέση ταχύτητα ενός πλοίου παλαιότερων εποχών, οι κινηματογραφικές ταινίες όπου ο ήρωας που δοκιμάζεται και καταπονείται περισσότερο στο τέλος δικαιώνεται.»

Ο ίδιος μαθητής, αναφέρει και πάλι τα αποδεικτικά στοιχεία που χρησιμοποίησε για να καταλήξει σε ένα ακόμη επιστημονικό συμπέρασμα:

η απόσταση, η μετατόπιση, ο χρόνος διαδρομής, η χρονική στιγμή, η αναζήτηση της βιβλιογραφίας για να βρει ο Γιάννης μια τυπική μέση ταχύτητα ενός πλοίου παλαιότερων εποχών.

«η απόσταση, η μετατόπιση, ο χρόνος διαδρομής, η χρονική στιγμή, η αναζήτηση της βιβλιογραφίας για να βρει ο Γιάννης μια τυπική μέση ταχύτητα ενός πλοίου παλαιότερων εποχών.»

Άλλος μαθητής αναφέρει ως αποδεικτικά στοιχεία, για να καταλήξει στο πρώτο επιστημονικό συμπέρασμα, τη μετατόπιση (Δx), τη χρονική στιγμή (Δt) και την ταχύτητα:

α) Για να υπολογίσουμε την ταχύτητα χρειαζόμαστε την μετατόπιση (Δx) και τον χρονικό στήμι (Δt)

β) Έκανε τον τύπο της ταχύτητας και κατέληξε στο συμπέρασμα που βρήκε έχοντας τα στοιχεία του.

«α) Για να υπολογίσουμε την ταχύτητα χρειαζόμαστε τη μετατόπιση (Δx) και τη χρονική στιγμή (Δt).

β) Έκανε [ο Γιάννης] τον τύπο της ταχύτητας και κατέληξε στο συμπέρασμα που βρήκε...»

Ο ίδιος μαθητής για να οδηγηθεί σε ένα δεύτερο επιστημονικό αποτέλεσμα, χρησιμοποίησε ως αποδεικτικά στοιχεία την απόσταση, τη μετατόπιση και τη μέση διανυσματική ταχύτητα:

Για την μέση διανυσματική ταχύτητα χρειάστηκε την απόσταση και την μετατόπιση έτσι κατέληξε σε αυτό.

Η απάντηση άλλου μαθητή για ένα πρώτο επιστημονικό αποτέλεσμα στο οποίο καταλήγει είναι η ακόλουθη:

α) Με τις αποστάσεις και με το πόσο γρήγορα πήγαινε το κάθε πλοίο υπολόγισα την ταχύτητα ο Γιάννης

β) Ο Γιάννης επειδή διάβασε την βιβλιογραφία και είδε πως ένα καράβι μπορεί να πηγαίνει με μέση ταχύτητα 60 km ανά ώρα. Άρα τον βοήθησε η απόσταση η βιβλιογραφία, το διάστημα και ο χρόνος διαδρομής δηλαδή πόσο χρόνο έκανε το κάθε πλοίο.

«α) Με τις αποστάσεις και με το πόσο γρήγορα πήγαινε το κάθε πλοίο υπολόγισε την ταχύτητα ο Γιάννης.

β) Ο Γιάννης επειδή διάβασε τη βιβλιογραφία, είδε πως ένα καράβι μπορεί να πηγαίνει με μέση ταχύτητα 60 km ανά ώρα. Άρα τον βοήθησε η απόσταση, η βιβλιογραφία, το διάστημα και ο χρόνος διαδρομής δηλαδή πόσο χρόνο έκανε το κάθε πλοίο.»

Για να οδηγηθεί στο δεύτερο επιστημονικό συμπέρασμα ο ίδιος μαθητής αναφέρει:

Η Μαρία διαφωνεί και πιστεύει πως είναι η μέση διανυσματική ταχύτητα. Άρα την βοήθησαν ακριβώς τα ίδια στοιχεία να φτάσει εκεί. Άλλος έχει διαφορετική άποψη.

«Η Μαρία διαφωνεί και πιστεύει πως είναι η μέση διανυσματική ταχύτητα. Άρα τη βοήθησαν ακριβώς τα ίδια στοιχεία για να φτάσει εκεί [στο δεύτερο επιστημονικό συμπέρασμα] απλώς έχει διαφορετική άποψη».

Μαθήτρια αναφέρει σε σχέση το πρώτο επιστημονικό αποτέλεσμα στο οποίο κατέληξε:

Τον βοήθησε η απόσταση των νησιών που παριστάνει το dx και ο χρόνος διαδρομής που παριστάνει το Δt. Με αυτά τα δύο στοιχεία κατάφερε να βρει την ταχύτητα του πλοίου. Όσο αφορά την ταχύτητα του δεύτερου πλοίου βοηθήθηκε από παλιά ναυτικά βιβλία.

Αφού βρέθηκαν οι ταχύτητες έφτασε στο συμπέρασμα πως το πρώτο πλοίο μπορεί να φτάσει το δεύτερο αφού έχει μεγαλύτερη ταχύτητα.

«Τον [Γιάννη] βοήθησε η απόσταση των νησιών που παριστάνει το dx και ο χρόνος διαδρομής που παριστάνει το Δt. Με αυτά τα δύο στοιχεία κατάφερε να βρει την ταχύτητα του πλοίου. Όσο αφορά στην ταχύτητα του δεύτερου πλοίου, βοηθήθηκε από παλιά ναυτικά βιβλία.

Αφού βρέθηκαν οι ταχύτητες, έφτασε στο συμπέρασμα πως το πρώτο πλοίο μπορεί να φτάσει το δεύτερο αφού έχει μεγαλύτερη ταχύτητα.»

Και σε σχέση με το δεύτερο επιστημονικό συμπέρασμα, η μαθήτρια αναφέρει:

Η Μαρία οδηγήθηκε σε αυτό το συμπέρασμα γιατί κατάλαβε πως ο Γιάννης υπολόγισε την μέση ταχύτητα και όχι την μέση διανυσματική ταχύτητα. Αφού υπολόγισε την μέση διανυσματική, βρήκε πως κινούνται με ίση ταχύτητα άρα το πρώτο πλοίο, έχοντας μεγαλύτερη απόσταση να διανύσει, θα έφτανε δεύτερο στον θησαυρό.

«Η Μαρία οδηγήθηκε σε αυτό το συμπέρασμα γιατί κατάλαβε πως ο Γιάννης υπολόγισε τη μέση ταχύτητα και όχι τη μέση διανυσματική ταχύτητα. Αφού υπολόγισε τη μέση διανυσματική ταχύτητα, βρήκε πως κινούνται με ίση ταχύτητα άρα το πρώτο πλοίο, έχοντας μεγαλύτερη απόσταση να διανύσει, θα έφτανε δεύτερο στο θησαυρό.»

Άλλη μαθήτρια αναφέρει:

Τον Γιάννη τον βοήθησε η απόσταση και ο χρόνος της διαδρομής. Με αυτόν τον τρόπο βρήκε μια τυπική μέση ταχύτητα ενός πλοίου.

«Τον Γιάννη τον βοήθησε η απόσταση και ο χρόνος της διαδρομής. Με αυτόν τον τρόπο βρήκε μια τυπική μέση ταχύτητα ενός πλοίου.»

Η ίδια μαθήτρια αναγνωρίζει τα διαγράμματα ως αποδεικτικά στοιχεία για να φτάσει σε επιστημονικό συμπέρασμα:

Τα στοιχεία που βοήθησαν τη Μαρία στο συμπέρασμα αυτό είναι η μετατόπιση, η απόσταση και ο χρόνος διαδρομής που διένυσαν και τα δύο πλοία. Επίσης θα μπορούσαν να την βοηθήσουν και τα σχεδιαγράμματα.

«Τα στοιχεία που βοήθησαν τη Μαρία στο συμπέρασμα αυτό είναι η μετατόπιση και ο χρόνος διαδρομής που διένυσαν και τα δύο πλοία. Επίσης θα μπορούσαν να τη βοηθήσουν και τα σχεδιαγράμματα.»

Έτσι, στο 3^ο ερευνητικό ερώτημα: α) υπολογίστηκε ο αριθμός και το ποσοστό των σωστών απαντήσεων αναφορικά με την επιλογή του σωστού μοντέλου που περιγράφει μια επιστημονική έννοια ή θεωρία και προέκυψε ότι η συχνότητα των σωστών απαντήσεων, για όλα τα αποδεικτικά στοιχεία και για όλα τα φύλλα εργασίας με τίτλο «Διάγραμμα με βέλη 1, 2 & 3», είναι 68,79%, β) αξιολογήθηκαν τα αποδεικτικά στοιχεία από τους μαθητές και για τα τρία φύλλα εργασίας «Διάγραμμα με βέλη 1, 2 & 3» σε κλίμακα από 0 έως 2 και προέκυψε ότι η βαθμολογία των αποδεικτικών στοιχείων που έδωσαν οι μαθητές με άριστα το 100 ήταν 70,45, γ) αποτυπώθηκε από τους μαθητές το πόσο ισχυρά συνδέεται το κάθε αποδεικτικό στοιχείο με τα μοντέλα που καλούνται να επιλέξουν και αφορούν στην κάθε έννοια και προέκυψε ότι ο χαρακτηρισμός «Υποστηρίζει ισχυρά» αποδόθηκε 179 φορές, ο χαρακτηρισμός «Υποστηρίζει» αποδόθηκε 119 φορές, ο χαρακτηρισμός «έρχεται σε αντίθεση» αποδόθηκε 8 φορές, ο χαρακτηρισμός «Έρχεται σε ισχυρά αντίθεση» αποδόθηκε 6 φορές και ο χαρακτηρισμός «Δε σχετίζεται» αποδόθηκε 18 φορές και δ) εντοπίστηκε το είδος των αποδεικτικών στοιχείων που χρησιμοποιούν οι μαθητές για να καταλήξουν σε ένα επιστημονικό συμπέρασμα.

Το 4^ο ερευνητικό ερώτημα

Η απάντηση στο τέταρτο ερευνητικό ερώτημα «Υπήρξε διαφορά ανάμεσα στην πειραματική ομάδα και στην ομάδα ελέγχου όσον αφορά στη χρήση αποδεικτικών στοιχείων;» δόθηκε από την επεξεργασία των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές σχετικά με την επιλογή του σωστού μοντέλου που περιγράφει μια έννοια ή θεωρία. Έτσι, τα αποτελέσματα από τα δεδομένα του φύλλου εργασίας «Διάγραμμα με βέλη – 1» τα οποία αποτυπώνονται στον πίνακα 42 δείχνουν ότι σωστά απάντησε το 71.82% των μαθητών της πειραματικής ομάδας και το 68.57% της ομάδας ελέγχου.

Πίνακας 42. Οι σωστές απαντήσεις που έδωσαν οι 22 μαθητές της πειραματικής ομάδας και οι 21 μαθητές της ομάδας ελέγχου σχετικά με την επιλογή του σωστού μοντέλου, στο φύλλο εργασίας "Διάγραμμα με βέλη - 1"

	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ		ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	
	Αριθμός σωστών απαντήσεων	Συχνότητα σωστών απαντήσεων (%)	Αριθμός σωστών απαντήσεων	Συχνότητα σωστών απαντήσεων (%)
Ερώτηση 1	18	81.82	9	42.86
Ερώτηση 2	18	81.82	15	71.43
Ερώτηση 3	8	36.36	16	76.19
Ερώτηση 4	20	90.91	17	80.95
Ερώτηση 5	15	68.18	15	71.43
ΣΥΝΟΛΟ	79	71.82	72	68.57

Η επεξεργασία των δεδομένων που λήφθηκαν από το φύλλο εργασίας «Διάγραμμα με βέλη – 2» τα οποία αποτυπώνονται στον πίνακα 43 δείχνουν ότι σωστά απάντησε το 61.82% των μαθητών της πειραματικής ομάδας και το 58.10% της ομάδας ελέγχου.

Πίνακας 43. Πίνακας Οι σωστές απαντήσεις που έδωσαν οι 22 μαθητές της πειραματικής ομάδας και οι 21 μαθητές της ομάδας ελέγχου σχετικά με την επιλογή του σωστού μοντέλου, στο φύλλο εργασίας "Διάγραμμα με βέλη - 2"

	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ		ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	
	Αριθμός σωστών απαντήσεων	Συχνότητα σωστών απαντήσεων (%)	Αριθμός σωστών απαντήσεων	Συχνότητα σωστών απαντήσεων (%)
Ερώτηση 1	11	50.00	16	76.19
Ερώτηση 2	20	90.91	11	52.38
Ερώτηση 3	16	72.73	18	85.71
Ερώτηση 4	4	18.18	2	9.52
Ερώτηση 5	17	77.27	14	66.67
ΣΥΝΟΛΟ	68	61.82	61	58.10

Τέλος, τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το φύλλο εργασίας «Διάγραμμα με βέλη – 3» και τα οποία αποτυπώνονται στον πίνακα 44 δείχνουν ότι σωστά απάντησε το 72.73% των μαθητών της πειραματικής ομάδας και το 67.62% της ομάδας ελέγχου.

Πίνακας 44. Πίνακας Οι σωστές απαντήσεις που έδωσαν οι 22 μαθητές της πειραματικής ομάδας και οι 21 μαθητές της ομάδας ελέγχου σχετικά με την επιλογή του σωστού μοντέλου, στο φύλλο εργασίας "Διάγραμμα με βέλη - 3"

	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ		ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	
	Αριθμός σωστών απαντήσεων	Συχνότητα σωστών απαντήσεων (%)	Αριθμός σωστών απαντήσεων	Συχνότητα σωστών απαντήσεων (%)
Ερώτηση 1	19	86.36	18	85.71
Ερώτηση 2	16	72.73	16	76.19
Ερώτηση 3	20	90.91	18	85.71
Ερώτηση 4	18	81.82	15	71.43
Ερώτηση 5	7	31.82	4	19.05
ΣΥΝΟΛΟ	80	72.73	71	67.62

Συμπερασματικά, στο 4^ο ερευνητικό ερώτημα, η συχνότητα των σωστών απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας και οι μαθητές της ομάδας ελέγχου σχετικά με την επιλογή του σωστού μοντέλου στο φύλλο εργασίας «Διάγραμμα με βέλη - 1» ήταν 71,82% και 68,57% αντίστοιχα, στο φύλλο εργασίας «Διάγραμμα με βέλη - 2» ήταν 61,82% και 58,10% αντίστοιχα και στο φύλλο εργασίας «Διάγραμμα με βέλη - 3» ήταν 72,73% και 67,62% αντίστοιχα.

Το 5^ο ερευνητικό ερώτημα

Για να απαντηθεί το πέμπτο ερευνητικό ερώτημα «Παρατηρήθηκε αύξηση του ενδιαφέροντος και της περιέργειας των μαθητών μετά από την εφαρμογή της σειράς των διδακτικών παρεμβάσεων;» ελήφθησαν δομημένες συνεντεύξεις με τη μορφή ερωτηματολογίου. Οι μαθητές απάντησαν κατά τη διάρκεια του μαθήματος όπου είχαν την ευκαιρία να διατυπώσουν απορίες, να ζητήσουν διευκρινήσεις ή και να συζητήσουν εστιασμένα κάποια θέματα. Το ερωτηματολόγιο της συνέντευξης παρουσιάζεται στο Παράρτημα Δ. Τα αποτελέσματα των συνεντεύξεων κατηγοριοποιήθηκαν και στη συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένα από τα πιο αντιπροσωπευτικά.

Η πρώτη ερώτηση της συνέντευξης «Σας άρεσε η χρήση κινητών για την πραγματοποίηση πειραμάτων; Τη βρήκατε ενδιαφέρουσα; Είχατε χρησιμοποιήσει κινητά τηλέφωνα στο παρελθόν στο πλαίσιο σχολικών πειραμάτων;» η οποία απαντήθηκε από τους μαθητές της πειραματικής ομάδας παρουσίασε ομοιομορφία ως

προς τις απαντήσεις. Οι περισσότεροι μαθητές (19 στους 22) απάντησαν θετικά. Στη συνέχεια ακολουθούν ενδεικτικές απαντήσεις τους.

Η απάντηση μιας μαθήτριας ήταν:

① Η χρήση των κινητών για την πραγματοποίηση πειραμάτων εντός σχολικής αίθουσας ήταν μια πρωτόγνωρη για μένα εμπειρία, καθώς, η χρήση αυτών έκανε το μάθημα πιο φαντασμαγορικό ώστε κανένα παιδί να μην χαζέψει μέσα στην τάξη και όλοι να δουλεύουν ομαδικά για έναν κοινό σκοπό. Όπως ανέφερα παραπάνω, τα κινητά τείνουν την εμπλοκή των μαθητών μέσα στην τάξη και επειδή είναι κάτι που χρησιμοποιούν συνέχεια, αποτελεί ισχυρό κίνητρο.

«Η χρήση των κινητών για την πραγματοποίηση πειραμάτων εντός σχολικής αίθουσας ήταν μια πρωτόγνωρη για μένα εμπειρία, καθώς, η χρήση αυτών έκανε το μάθημα πιο φαντασμαγορικό ώστε κανένα παιδί να μη χαζέψει μέσα στην τάξη και όλοι να δουλεύουν ομαδικά για έναν κοινό σκοπό. Όπως ανέφερα παραπάνω, τα κινητά τείνουν την εμπλοκή των μαθητών μέσα στην τάξη και επειδή είναι κάτι που χρησιμοποιούν συνέχεια, αποτελεί ισχυρό κίνητρο.»

Η απάντηση μαθητή στην ίδια ερώτηση ήταν η ακόλουθη:

Πιστεύω πως το να χρησιμοποιούμε τις μετρήσεις του κινητού για πειραματικούς σκοπούς ήταν έξυπνη ιδέα γιατί μας επιτρέπει να επαναλάβουμε τα πειράματα στο σπίτι και να εξοικειωθούμε με τα εργαλεία και τις μονάδες μέτρησης.

«Πιστεύω πως το να χρησιμοποιούμε τις μετρήσεις του κινητού για πειραματικούς σκοπούς ήταν έξυπνη ιδέα γιατί μας επιτρέπει να επαναλάβουμε τα πειράματα στο σπίτι και να εξοικειωθούμε με τα εργαλεία και τις μονάδες μέτρησης.»

Η απάντηση άλλης μαθήτριας της πειραματικής ομάδας ήταν:

1. Προφανώς! Κατά την άποψή μου, είναι πολύ σημαντικό να διεξάγονται πειράματα και δραστηριότητες στα πλαίσια του σχολείου, τόσο γιατί στο σπίτι η φυσική που δεν έχει να κάνει μόνο με θεωρία. Θα ήθελα να προσθέσω πως η χρήση κινητών επηρεάζει, εν ώρα μαθήματος αλλά και για τον σκοπό της εκπαίδευσης, είναι αρκετά προσωπική και χρήσιμη γιατί και καθιστά το μάθημα πιο ελκυστικό και έτσι τον μαθητή που κάνει στην εποχή της τεχνολογίας.

«Προφανώς! Κατά την άποψή μου, είναι πολύ σημαντικό να διεξάγονται πειράματα και διαδραστικές δραστηριότητες στα πλαίσια του σχολείου, πόσο μάλλον στο μάθημα της Φυσικής που δεν έχει να κάνει μόνο με θεωρία. Θα ήθελα να προσθέσω πως η χρήση κινητών τηλεφώνων, εν ώρα μαθήματος αλλά για τους σκοπούς της εκπαίδευσης, είναι αρκετά πρακτική και χρήσιμη μιας και καθιστά το μάθημα πιο ελκυστικό για εμάς τους μαθητές που ζούμε στην εποχή της τεχνολογίας.»

Η απάντηση μαθητή ήταν:

1. Η χρήση κινητών στην πραγματοποίηση πειραμάτων μου άρεσε αρκετά και την βρήκα ενδιαφέρουσα, διότι το μάθημα γίνεται πιο διαδραστικό αλλά και ταυτόχρονα εκσυγχρονίζεται. Η αλήθεια είναι πως δεν είχα ξαναχρησιμοποιήσει κινητό ώστε να υπάρχει ένα πιο αποτελεσματικό πείραμα για αυτό όμως και θεωρώ πως η χρήση τεχνολογίας στις εποχές μας στα μαθήματα του σχολείου είναι απαραίτητη.

«Η χρήση κινητών στην πραγματοποίηση πειραμάτων μου άρεσε αρκετά και τη βρήκα ενδιαφέρουσα διότι το μάθημα γίνεται πιο διαδραστικό αλλά και ταυτόχρονα εκσυγχρονίζεται. Η αλήθεια είναι πως δεν είχα ξαναχρησιμοποιήσει κινητό ώστε να υπάρχει ένα πιο αποτελεσματικό πείραμα για αυτό όμως και θεωρώ πως η χρήση τεχνολογίας στις εποχές μας στα μαθήματα του σχολείου είναι απαραίτητη.»

Η άποψη ακόμη ενός μαθητή της πειραματικής ομάδας καταγράφεται ως εξής:

1) Η εμπειρία με τη χρήση των κινητών ήταν μια πάρα πολύ δημιουργική διαδικασία που δεν είχα δοκιμάσει στο παρελθόν. Διότι την άποψή μου πιστεύω πως σαφώς η εμπλοκή των κινητών στα πειράματα αποτελεί ένα κίνητρο για την προσοχή και τη συμμετοχή των μαθητών στο μάθημα και τους κάνει να ασχοληθούν πιο πολύ.»

«Η εμπειρία με τη χρήση των κινητών ήταν μια πάρα πολύ δημιουργική διαδικασία που δεν είχα δοκιμάσει στο παρελθόν. Κατά την άποψή μου πιστεύω πως σαφώς η εμπλοκή των κινητών στα πειράματα αποτελεί ένα κίνητρο για την προσοχή και τη συμμετοχή των μαθητών στο μάθημα και τους κάνει να ασχοληθούν πιο πολύ.»

Η δεύτερη ερώτηση της συνέντευξης ήταν: «Κατά τη διάρκεια των διδακτικών παρεμβάσεων και της πραγματοποίησης των πειραμάτων χρειάστηκε είτε να χρησιμοποιήσετε αποδεικτικά στοιχεία που σας δόθηκαν (ημερολόγιο πειρατή, γραφικές παραστάσεις, πίνακες τιμών, κείμενο πάνω στην ιστορία της Φυσικής σχετικό με τον Γαλιλαίο, αισθητήρες που υπάρχουν στο κινητό κλπ) είτε να επινοήσετε δικά σας για να οδηγηθείτε σε κάποιο επιστημονικό αποτέλεσμα.

i. Σας βοήθησε η χρήση των αποδεικτικών στοιχείων για να οδηγηθείτε σε κάποιο επιστημονικό αποτέλεσμα;

ii. Θα ήταν εύκολο να οδηγηθείτε στα συγκεκριμένα επιστημονικά αποτελέσματα χωρίς τη χρήση αποδεικτικών στοιχείων;».

Οι περισσότεροι μαθητές και μαθήτριες (18 στους 22) αναγνώρισαν τη σημασία των αποδεικτικών στοιχείων στη διεξαγωγή ενός επιστημονικού συμπεράσματος και στη διατύπωση μιας επιστημονικής θεωρίας ή τη διαμόρφωση μιας επιστημονικής έννοιας.

Η απάντηση μαθήτριας της πειραματικής ομάδας αποτυπώνεται στη συνέχεια:

2. Κατά την διάρκεια των διδακτικών παρεμβάσεων και της πραγματοποίησης των πειραμάτων χρειάστηκε και χρησιμοποιήσαμε όλα τα παραπάνω αποδεικτικά στοιχεία καθώς και άλλα δικά μας για να οδηγηθούμε σε κάποιο επιστημονικό αποτέλεσμα. Η χρήση των στοιχείων αυτών ήταν πολύ χρήσιμη και δεν θα ήταν εύκολο χωρίς αυτά.

«Κατά τη διάρκεια των διδακτικών παρεμβάσεων και της πραγματοποίησης των πειραμάτων χρειάστηκε και χρησιμοποιήσαμε όλα τα παραπάνω αποδεικτικά στοιχεία καθώς και άλλα δικά μας για να οδηγηθούμε σε κάποιο επιστημονικό αποτέλεσμα. Η χρήση των στοιχείων αυτών ήταν πολύ χρήσιμη και δε θα ήταν εύκολο χωρίς αυτά».

Η απάντηση μαθητή ήταν η ακόλουθη:

2) i) Φυσικά η παροχή αποδεικτικών στοιχείων βοηθάει στην πορεία προς την εύρεση ενός αποτελέσματος, διότι θα μπορούσαμε να έχουμε κάνει λάθη και να μην τα διακρίναμε χωρίς αυτά. Αντίθετα όμως με τα στοιχεία αυτά επικεντρωνόμαστε στο εύρημα όχι μόνο το λάθος μας αλλά και εφ' όλης της ύλης ~~μαθητή~~ έχουμε μια και την ενότητα της διατήρησης που θα σκεφτόμαστε για πως βράζει ένα συμπέρας.
ii) Όπως αναφέραμε τα ερωτήματα τα στοιχεία θα ήταν δυσκολότερα η πορεία προς το αποτέλεσμα κάτι που μπορεί ενόψει και σε αυτό το ερώτημα.

«2i. Φυσικά η παροχή αποδεικτικών στοιχείων βοήθησε στην πορεία προς την εύρεση ενός αποτελέσματος διότι θα μπορούσαμε να είχαμε κάνει λάθη και να μην τα διορθώσουμε χωρίς αυτά. Αντίθετα όμως, με τα στοιχεία αυτά συνειδητοποιούμε πιο εύκολα όχι μόνο το λάθος μας αλλά και εξαρχής έχουμε μια καλύτερη εικόνα της διαδικασίας που θα ακολουθήσουμε για να βρούμε ένα συμπέρασμα.

ii. Όπως αναφέρθηκε και πριν, χωρίς τα στοιχεία θα ήταν δυσκολότερη η πορεία προς το αποτέλεσμα, κάτι που απαντάει ευθέως και σε αυτό το ερώτημα.»

Η αναγνώριση της σημασίας των αποδεικτικών στοιχείων αποτυπώνεται και στην απάντηση του επόμενου μαθητή:

2i) Τα αποδεικτικά στοιχεία που στην προκειμένη περίπτωση ήταν απλά και όχι σύνθετοι όροι της Φυσικής, διευκόλυναν τον έργο μου και βοήθησαν στη γρηγορότερη και ευκολότερη «εύρεση» αποτελεσμάτων.

2ii) Χωρίς τα αποδεικτικά στοιχεία ο «δρόμος» προς την λύση θα ήταν ~~δυσκολότερος~~ «μακρύτερος», δηλαδή χρονοβόρος και πιθανότατα λανθασμένος.

«2i. Τα αποδεικτικά στοιχεία, που στην προκειμένη περίπτωση ήταν απλά και όχι σύνθετοι όροι της Φυσικής, διευκόλυναν το έργο μου και βοήθησαν στη γρηγορότερη και ευκολότερη «εύρεση» αποτελεσμάτων.

2ii. Χωρίς τα αποδεικτικά στοιχεία ο «δρόμος» προς τη λύση θα ήταν «μακρύτερος», δηλαδή χρονοβόρος και πιθανότατα λανθασμένος.»

Ένας άλλος μαθητής επίσης αποδέχεται την αξιοποίηση αποδεικτικών στοιχείων και από αυτά αναδεικνύει τη χρήση του πίνακα τιμών:

2) Ναι, χρειάστηκε να χρησιμοποιήσουμε αποδεικτικά στοιχεία, πιο πολύ χρησιμοποιήσαμε πίνακες τιμών.

«Ναι, χρειάστηκε να χρησιμοποιήσουμε αποδεικτικά στοιχεία, πιο πολύ χρησιμοποιήσαμε πίνακες τιμών.»

Μια άλλη μαθήτρια αποτυπώνει την άποψή της σχετικά με τα αποδεικτικά στοιχεία ως εξής:

2) Η χρήση αποδεικτικών στοιχείων ~~εμένα~~ εμένα με βοήθησε πολύ ήταν πιο εύκολο να βρω την λύση. Ενώ αν δεν υπήρχαν αποδεικτικά στοιχεία θα δυσκολευόμουν να βρω την λύση ουσιαστικά σου δίνει πληροφορίες και έτσι βοηθάει να βρεις την λύση.

«Η χρήση αποδεικτικών εμένα με βοήθησε πολύ, ήταν πιο εύκολο να βρω τη λύση. Ενώ αν δεν υπήρχαν αποδεικτικά στοιχεία θα δυσκολευόμουν να βρω τη λύση. Ουσιαστικά σου δίνει πληροφορίες και έτσι βοηθάει να βρεις τη λύση.»

Η τρίτη ερώτηση της συνέντευξης ήταν: «Η χρήση κινητών σάς έδωσε τη δυνατότητα να συνδέσετε απευθείας την πραγματική κίνηση με τις γραφικές παραστάσεις. Προκαλούσατε στο εργαστήριο μια πραγματική κίνηση και παρατηρούσατε ταυτόχρονα τη γραφική απεικόνιση αφηρημένων εννοιών της Φυσικής. Είχατε στο παρελθόν μια τέτοια μαθησιακή εμπειρία;». Οι απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές στην πλειοψηφία τους στη συγκεκριμένη ερώτηση αντανακλούσαν το γεγονός ότι δεν είχαν στο παρελθόν μαθησιακή εμπειρία κατά την οποία να συνδέεται ταυτόχρονα η πραγματική κίνηση με τις γραφικές παραστάσεις. Ακολουθούν ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών. Συγκεκριμένα, η απάντηση μιας μαθήτριας της πειραματικής ομάδας ήταν η ακόλουθη:

3) Δυστυχώς δεν είχα στο παρελθόν μια τέτοια μαθησιακή εμπειρία. ~~Πάντως~~ Πάντως θα μου άρεσε πολύ αν άλλαζαν τα πράγματα και μπορούσαμε όλοι να έχουμε αυτήν τη μαθησιακή εμπειρία.

«Δυστυχώς δεν είχα στο παρελθόν μια τέτοια μαθησιακή εμπειρία. Πάντως θα μου άρεσε πολύ αν άλλαζαν τα πράγματα και μπορούσαμε όλοι να έχουμε αυτήν τη μαθησιακή εμπειρία.»

Η απάντηση άλλης μαθήτριας ήταν:

3) Ήταν παρελθόν ότι δεν είχαμε ~~εμπειρία~~ εμπειρία τέτοια είδους φυσική με το κίνητρο που μας βοήθησε και άρα είχαμε την ευκαιρία να μαθαίνουμε.

«Στο παρελθόν όχι δεν είχαμε τέτοια εμπειρία και φέτος είχαμε την ευκαιρία να μάθουμε τέτοιου είδους Φυσική με το κινητό που μας βοήθησε.»

Η άποψη μιας άλλης μαθήτριας ήταν η εξής:

3) Όχι η αλήθεια είναι πως δεν είχα στο παρελθόν μια τέτοια μαθησιακή εμπειρία αλλά θα ήθελα πολύ να ξανακάνω κάτι παρόμοιο.

«Όχι η αλήθεια είναι πως δεν είχα στο παρελθόν μια τέτοια μαθησιακή εμπειρία αλλά θα ήθελα πολύ να ξανακάνω κάτι παρόμοιο.»

Άλλη μαθήτρια καταγράφει:

3. Στο παρελθόν δεν είχαμε τέτοια μαθησιακή εμπειρία. Η χρήση των κινητών για την σύνδεση με την πραγματική κίνηση με τις γραφικές παραστάσεις μας βοήθησε όλους πέρα πολύ ώστε να καταλάβουμε όλες τις έννοιες που μελετούσαμε.

«Στο παρελθόν δεν είχαμε τέτοια μαθησιακή εμπειρία. Η χρήση των κινητών για τη σύνδεση με την πραγματική κίνηση με τις γραφικές παραστάσεις μας βοήθησε όλους πάρα πολύ ώστε να καταλάβουμε όλες τις έννοιες που μελετούσαμε.»

Η άποψη μιας ακόμη μαθήτριας φαίνεται στο ακόλουθο απόσπασμα:

3) Στο παρελθόν όπως προείπα δεν είχαμε την ευκαιρία να έχουμε τέτοια εμπειρία όμως μου αρέσει πολύ διότι γίνεται γρήγορα και με ευχαρίστηση.»

«Στο παρελθόν όπως προείπα δεν είχαμε την ευκαιρία για τέτοια μαθησιακή εμπειρία όμως μου αρέσει πολύ διότι γίνεται γρήγορα και με ευχαρίστηση.»

Η τέταρτη ερώτηση της συνέντευξης αφορούσε στη σύγκριση της παραδοσιακής διδασκαλίας με τις καινοτόμες μεθόδους που εφαρμόστηκαν κατά τη διάρκεια της σειράς των διδακτικών παρεμβάσεων. Επιχειρούσε να αποτυπώσει το βαθμό περιέργειας και ενδιαφέροντος των μαθητών, την ενίσχυση των κινήτρων μάθησης και το βαθμό σύνδεσης των εννοιών της Φυσικής με πραγματικές καταστάσεις της ζωής. Η ακριβής διατύπωσή της ήταν η ακόλουθη: «Κατά τη διάρκεια

των πειραμάτων κληθήκατε να απαντήσετε σε πραγματικά προβλήματα που προέκυψαν από τα γεγονότα που περιγράφονταν στο ημερολόγιο του πειρατή. Σχεδιάσατε πειράματα για να απαντήσετε στα προβλήματα που προέκυπταν από τις ιστορίες που περιγράφονταν στο ημερολόγιο. Με βάση τα παραπάνω:

- i) Βρήκατε ενδιαφέρουσα τη χρήση της διερευνητικής μεθόδου, IBSE;
- ii) Πώς τη συγκρίνετε με την παραδοσιακή διδασκαλία όπου καλείστε να μάθετε τη θεωρία και να λύσετε ασκήσεις;
- iii) Η σύνδεση των εννοιών της φυσικής με πραγματικά προβλήματα της ζωής σας φάνηκε ενδιαφέρουσα;
- iv) Η συσχέτιση με την πραγματικότητα αυξάνει την περιέργεια;
- v) Η συσχέτιση με την πραγματικότητα αυξάνει το ενδιαφέρον;
- vi) Η συσχέτιση με την πραγματικότητα αυξάνει τα κίνητρα για μάθηση;».

Η απάντηση μαθητή στη συγκεκριμένη ερώτηση ήταν η ακόλουθη:

4) Ναι, βρήκα αρκετά ενδιαφέρουσα την χρήση της μεθόδου IBSE, επειδή και φάνηκε αρκετά με μεγάλη ακρίβεια και πολύ αποτελεσματικά.

ii) Σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία την βρήκα αρκετά πιο ενδιαφέρουσα και ~~κατανοητή~~ προσ των μαθητών, αλλά και στο κομμάτι των ασκήσεων έπαιξε μεγάλο ρόλο γιατί όπως είπα πριν είχαμε κατανοήσει τα πάντα με μεγάλη ευκολία.

iii) Ναι, φάνηκε πραγματικά ενδιαφέρουσα επειδή και γίνεται πολύ κατανοητή.

iv) Ναι, αυξάνει την περιέργεια γιατί μας κάνει όλους να σκεφτόμαστε και να θέλουμε να ψαχτούμε ακόμα περισσότερο.

v) Φυσικά, αυξάνει πάλι πολύ το ενδιαφέρον επειδή προσεγγίζουμε εύκολα και κατανοητά φαινόμενα.

vi) Βασικά την χρήση των Ναι αυξάνει τα κίνητρα μάθησης, άρα ότι όπως έχω ξανά αναφέρει οι μαθητές το βρίσκουν πολύ πιο ενδιαφέρον.

«i. Ναι βρήκα αρκετά ενδιαφέρουσα τη χρήση των μεθόδων IBSE επειδή με βοήθησε αρκετά με μεγάλη ακρίβεια και πολύ αποτελεσματικά.

ii. Σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία τη βρίσκω αρκετά πιο ενδιαφέρουσα και κατανοητή προς τους μαθητές, αλλά και στο κομμάτι των ασκήσεων έπαιξε μεγάλο ρόλο γιατί όπως είπα πριν είχαμε κατανοήσει τα πάντα με μεγάλη ευκολία.

iii. Ναι, φάνηκε πραγματικά ενδιαφέρουσα επειδή μου γίνεται πολύ κατανοητή.

iv. Ναι, αυξάνει την περιέργεια γιατί μας κάνει όλους να σκεφτόμαστε και να θέλουμε να ψαχτούμε ακόμα περισσότερο.

v. Φυσικά, αυξάνει πάρα πολύ το ενδιαφέρον επειδή χρησιμοποιούμε εύκολα και κατανοητά πειράματα.

vi. Κατά τη γνώμη μου ναι αυξάνει τα κίνητρα μάθησης, λόγω του ότι όπως έχω ξανά αναφέρει οι μαθητές το βρίσκουν πολύ πιο ενδιαφέρον.»

Άλλος μαθητής δίνει την ακόλουθη απάντηση:

- iv) i) Ναι αυτή η μέθοδος είναι αποτελεσματική και ενδιαφέρουσα.
- ii) Η παραδοσιακή διδασκαλία είναι πολύ απλή η IBSE είναι πολύ καλύτερη και κατανοητή.
- iii) Ναι ^{μου φάνηκε} ~~ήταν~~ πολύ ενδιαφέρουσα γιατί έχει κοινά με τα ~~πραγματικά~~ πραγματικά προβλήματα της ζωής σας.
- iv) Ναι αυξάνει την περιέργεια και θες να δεις τι θα γίνει στην συνέχεια.
- v) Πάλι και αυτό αυξάνει το ενδιαφέρον και έχεις ανυπομονησία για να δεις τι θα γίνει
- vi) Αυξάνει κίνητρα για μάθηση διότι έχει ενδιαφέρον και πιστεύω είναι καλό να μαθαίνεις και άλλα πράγματα.

«4i. Ναι αυτή η μέθοδος είναι αποτελεσματική και ενδιαφέρουσα.

ii. Η παραδοσιακή διδασκαλία είναι πολύ απλή, η IBSE είναι πολύ καλύτερη και κατανοητή.

iii. Ναι μου φάνηκε πολύ ενδιαφέρουσα γιατί έχει κοινά με τα πραγματικά προβλήματα της ζωής.

iv. Ναι αυξάνει την περιέργεια και θες να δεις τι θα γίνει στη συνέχεια.

v. Πάλι και αυτό αυξάνει το ενδιαφέρον και έχεις ανυπομονησία για να δεις τι θα γίνει.

vi. Αυξάνει τα κίνητρα για μάθηση διότι έχει ενδιαφέρον και πιστεύω είναι καλό να μαθαίνεις και άλλα πράγματα.»

Η απάντηση μαθήτριας ήταν η ακόλουθη:

4. i) Η συγκεκριμένη μέθοδος ήταν πολύ ενδιαφέρουσα διότι μας έκανε να σκεφτούμε και να λύσουμε ένα πείραμα με μεγαλύτερη ευχαρίστηση.

ii) Η μέθοδος αυτή δεν έχει καμία σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία. Είναι πιο διασκεδαστική και ευχάριστη για τους μαθητές και κάνει το μάθημα πιο διαδραστικό.

iii) Ναι, ήταν πολύ ενδιαφέρουσα διότι μας έκανε να καταλάβουμε πως η φυσική είναι και στην πραγματική μας ζωή και θα την χρειασούμε παντού.

iv, v, vi) Η συσχέτιση με την πραγματικότητα αυξάνει και το ενδιαφέρον και την περιέργεια και τα κίνητρα των μαθητών για μάθηση διότι μας διευρύνει τους ορίζοντες για την πραγματική ζωή.

«4i. Η συγκεκριμένη μέθοδος ήταν πολύ ενδιαφέρουσα διότι μας έκανε να σκεφτούμε και να λύσουμε ένα πείραμα με μεγαλύτερη ευχαρίστηση.

ii. Η μέθοδος αυτή δεν έχει καμία σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία. Είναι πιο διασκεδαστική και ευχάριστη για τους μαθητές και κάνει το μάθημα πιο διαδραστικό.

iii. Ναι, ήταν πολύ ενδιαφέρουσα διότι μας έκανε να καταλάβουμε πως η Φυσική είναι και στην πραγματική μας ζωή και θα τη χρειαστούμε παντού.

iv, v, vi. Η συσχέτιση με την πραγματικότητα αυξάνει και το ενδιαφέρον και την περιέργεια και τα κίνητρα των μαθητών για μάθηση διότι μας διευρύνει τους ορίζοντες για την πραγματική ζωή.»

Μια ακόμη μαθήτρια καταγράφει:

- 4) i) Βρήκα ενδιαφέρουσα την χρήση διερευνητικής μεθόδου που δόσα με έβαλε σε δίλημμα και να σκεφτώ τι θα πραγματοποιήσω στην πειρατεία.
- ii) Έμένα μου άρεσε να συνδυάζω τη Φυσική με προβλήματα της ζωής μου γιατί δεν θα μου άρεσε να ερχόταν ο καθηγητής να μου έλεγε τι πρέπει να μάθω και να έφευγε. Το σχολείο πρέπει να ψυχαγωγεί τα παιδιά και όχι να τα απομακρύνει διότι αν ερχόμαστε κατά αυτόν τον τρόπο δε θα θελήσουμε και να διαβάσουμε. ➔
ωραίο θα ήταν όλοι οι καθηγητές να εφαρμόζουν το σύστημα να συνδυάζουν την φυσική με την ζωή μας.
- iii) Ναι μου φαίνεται ενδιαφέρουσα γιατί ερχόμαστε με ευχαρίστηση και για να ψυχαγωγούμαστε.
- iv) Ναι μου αυξάνει την περιέργεια για να ασχοληθώ με το μάθημά μου.
- v) Ναι μου αυξάνει το ενδιαφέρον για το μάθημα της φυσικής.
- vi) Ναι διότι θα θέλω να δώ και να ψυχαγωγώ με το μάθημά μου.

«4i. Βρήκα ενδιαφέρουσα τη χρήση διερευνητικής μεθόδου διότι με έβαλε σε δίλημμα και σε σκέψη με το τι θα πραγματοποιηθεί στην πειρατεία.

ii. Εμένα μου άρεσε να συνδυάζω τη Φυσική με προβλήματα της ζωής μου γιατί δε θα μου άρεσε να ερχόταν ο καθηγητής να μου έλεγε τι πρέπει να μάθω και να έφευγε. Το σχολείο πρέπει να ψυχαγωγεί τα παιδιά και όχι να τα απομακρύνει διότι αν ερχόμαστε κατά αυτόν τον τρόπο δε θα θελήσουμε και να διαβάσουμε. Έτσι, ωραίο θα ήταν όλοι οι καθηγητές να εφαρμόσουν το σύστημα να συνδυάζουν τη Φυσική με τη ζωή μας.

iii. Ναι μου φαίνεται ενδιαφέρουσα γιατί ερχόμαστε με ευχαρίστηση και για να ψυχαγωγούμαστε.

iv. Ναι μου αυξάνει την περιέργεια για να ασχοληθώ με το μάθημά μου.

v. Ναι μου αυξάνει το ενδιαφέρον για το μάθημα της Φυσικής.

vi. Ναι διότι θα θέλω να δω να ασχοληθώ με το μάθημα που έχω.»

Η άποψη ενός μαθητή καταγράφεται στη συνέχεια:

i) Ναι, τα κινητά βοήθησαν αρκετά γιατί ο ένας κίνησε το καρναβάλι και ο άλλος μετρούσε (έφτιαχνε μια παράσταση) μέσω μιας εφαρμογής.

ii) Πιστεύω ότι σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία ήταν πιο ωραία γιατί οι περισσότεροι μαθητές έχουν κινητά τηλέφωνα οπότε έχουν μάθει να τα λειτουργούν και σαν όργανα μέτρησης.

iii) Ναι, μου φάνηκε ενδιαφέρουσα διότι μας βοήθησε να λύσουμε πιο εύκολα κάποια προβλήματα.

iv) Ναι, συγκεκριμένα σε εμένα μου αυξάνει την περιέργεια και με κάνει να είμαι περίεργος διότι θέλω να δω μέχρι που μπορεί να φτάσει η τεχνολογία.

v) Ναι, αυξάνει το ενδιαφέρον μου διότι μου αρέσει το μάθημα που συνεργάζεται με την τεχνολογία.

vi) Ναι, αυξάνει τα κίνητρα για μάθη διότι πολλοί μαθητές προτιμούν να κάνουν μάθημα με το κινητό αντί να γράφουν.

«4i. Ναι, τα κινητά βοήθησαν αρκετά γιατί ο ένας μετακινούσε το καρναβάλι και ο άλλος μετρούσε (έφτιαχνε μια παράσταση) μέσω μιας εφαρμογής.

ii. Πιστεύω ότι σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία ήταν πιο ωραία γιατί οι περισσότεροι μαθητές έχουν κινητά τηλέφωνα οπότε έχουν μάθει να τα λειτουργούν σαν όργανα μέτρησης.

iii. Ναι, μου φάνηκε ενδιαφέρουσα διότι μας βοήθησε να λύσουμε πιο εύκολα κάποια προβλήματα.

iv. Ναι, συγκεκριμένα σε εμένα μου αυξάνει την περιέργεια και με κάνει να είμαι περίεργος γιατί θέλω να δω μέχρι που μπορεί να φτάσει η τεχνολογία.

v. Ναι, αυξάνει το ενδιαφέρον μου γιατί μου αρέσει το μάθημα που συνεργάζεται με την τεχνολογία.

vi. *Ναι, αυξάνει τα κίνητρα για μάθηση γιατί πολλοί μαθητές προτιμούν να κάνουν μάθημα με το κινητό αντί να γράφουν.»*

Η άποψη ακόμη μιας μαθήτριας αποτυπώνεται στη συνέχεια:

- (4) i) Την βρήκα πολύ ενδιαφέρουσα αυτή την εμπειρία καθώς ήταν μοντέρνα για την εποχή μας και δεν την είχα ξαναχρησιμοποιήσει
- ii) Ο παλιός τρόπος μαθημάτων ήταν βαρετός για όλους και το μόνο που ήθελε ήταν να χτυπήσει το κουδούνι, τώρα με αυτήν την μέθοδο ο χρόνος περνάει ευχάριστα χωρίς καμία σκέψη για το διάλειμμα.
- iii, iv, v, vi) Τα προβλήματα αφού δημιουργούνται υπό αληθινές συνθήκες αυξάνουν το ενδιαφέρον μου για μάθηση και την παραγωγικότητά μου για το μάθημα αυτό.

«4i. Τη βρήκα πολύ ενδιαφέρουσα αυτή την εμπειρία καθώς ήταν μοντέρνα για την εποχή μας και δεν την είχα ξαναχρησιμοποιήσει.

ii. Ο παλιός τρόπος μαθημάτων ήταν βαρετός για όλους και το μόνο που ήθελα ήταν να χτυπήσει το κουδούνι, τώρα με αυτήν τη μέθοδο ο χρόνος περνάει ευχάριστα χωρίς καμία σκέψη για το διάλειμμα.

iii, iv, v, vi. Τα προβλήματα αφού δημιουργούνται υπό αληθινές συνθήκες αυξάνουν το ενδιαφέρον μου για μάθηση και την παραγωγικότητά μου για το μάθημα αυτό.»

Η πέμπτη ερώτηση της συνέντευξης αφορούσε τη σύγκριση των επιδόσεων με τη διερευνητική μάθηση και με την παραδοσιακή διδασκαλία. Η ερώτηση ήταν διατυπωμένη ως εξής: «Πώς αντιλαμβάνεστε την επίδοσή σας στα πειράματα με κινητό και σε συνδυασμό με τη διερευνητική μάθηση σε σχέση με την επίδοσή σας στη συμβατική διδασκαλία;». Οι απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές στη συγκεκριμένη ερώτηση αναφέρονταν στην πλειοψηφία τους (16 στους 22) σε μια καλύτερη επίδοσή τους στο πλαίσιο της διερευνητικής μάθησης σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία. Ωστόσο, υπήρξαν και αρκετοί μαθητές (6 στους 22) που εξέφρασαν την ανασφάλειά τους σε σχέση με τη διερευνητική μέθοδο επισημαίνοντας ότι είναι μια μέθοδος διδασκαλίας με την οποία δεν είναι εξοικειωμένοι και συνεπώς δε θεωρούν ότι έχουν καλύτερες επιδόσεις με τη συγκεκριμένη μέθοδο. Ενδεικτικές απαντήσεις μαθητών καταγράφονται στη συνέχεια. Η απάντηση μαθητή έχει ως εξής:

5. Με τα κινητά είναι πιο εύκολο να ~~είναι~~ αποτελεσματικό το πείραμα και σωστό. Ενώ στην συμβατική διδασκαλία χρησιμοποιούμε δικές μας γνώσεις, είναι πιο δύσκολο να βρεις το ακριβές ή το σωστό αποτέλεσμα.

«Με το κινητό είναι πιο εύκολο να είναι αποτελεσματικό το πείραμα και σωστό. Ενώ στη συμβατική διδασκαλία χρησιμοποιούμε δικές μας γνώσεις, είναι πιο δύσκολο να βρεις το ακριβές ή το σωστό αποτέλεσμα.»

Περίπτωση μαθήτριας που επίσης θεωρεί ότι η επίδοσή της είναι μεγαλύτερη με τη διδασκαλία που εφαρμόστηκε στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας είναι η ακόλουθη:

5) Τα πειράματα σε συνδυασμό με τα κινητά και την διερευνητική μάθηση βοηθά κατά μεγάλο βαθμό την επίδοσή μου καθώς μου κινεί το ενδιαφέρον.

«Τα πειράματα σε συνδυασμό με τα κινητά και τη διερευνητική μάθηση βοηθά κατά μεγάλο βαθμό την επίδοσή μου καθώς μου κινεί το ενδιαφέρον.»

Αντίστοιχη απάντηση έδωσε άλλη μαθήτρια:

5. Προσωπικά, είναι πιο κατανοητό για μένα με τη χρήση κινητού διότι στη συμβατική διδασκαλία υπάρχουν πολλές λεπτομέρειες οι οποίες μας μπερδεύουν.

«Προσωπικά, είναι πιο κατανοητό για μένα με τη χρήση κινητού διότι στη συμβατική διδασκαλία υπάρχουν πολλές λεπτομέρειες οι οποίες μας μπερδεύουν.»

Ακολουθεί η απάντηση μαθητή ο οποίος επίσης θεωρεί ότι η επίδοσή του με τις καινοτόμες μεθόδους είναι καλύτερη:

5.) και στα δύο πιστεύω πως είμαι καλός απλώς στα πειράματα έχω περισσότερο ενδιαφέρον γιατί είναι ποιο ωραία και περνάει ευχάριστα η ώρα.

«Και στα δύο πιστεύω πως είμαι καλός, απλώς στα πειράματα έχω περισσότερο ενδιαφέρον γιατί είναι πιο ωραία και περνάει ευχάριστα η ώρα.»

Η απάντηση μαθητή που θεωρεί ότι η επίδοσή του είναι καλύτερη με την παραδοσιακή διδασκαλία αποτυπώνεται στη συνέχεια:

5. Η επίδοσή μου είναι καλύτερη στην παραδοσιακή γιατί δεν έχουμε συνηθίσει και ξαναεξεταστεί αυτή την πρωτόπορα μέθοδο μάθησης

«Η επίδοσή μου είναι καλύτερη στην παραδοσιακή γιατί δεν έχουμε συνηθίσει και ξαναεξεταστεί αυτή την πρωτόπορα μέθοδο μάθησης.»

Παρόμοια άποψη διαφαίνεται στην απάντηση μαθήτριας:

ε) Κατά τη γνώμη μου πιστεύω πως η επίδοσή μου στα πειράματα με κινητό και σε συνδυασμό με τη διερευνητική μάθηση είναι αρκετά καλή αλλά πιστεύω πως η επίδοσή μου είναι καλύτερη στη συμβατική διδασκαλία

«Κατά τη γνώμη μου πιστεύω πως η επίδοσή μου στα πειράματα με κινητό και σε συνδυασμό με τη διερευνητική μάθηση είναι καλή αλλά πιστεύω πως η επίδοσή μου είναι καλύτερη στη συμβατική διδασκαλία.»

Συμπερασματικά, στο 5^ο ερευνητικό ερώτημα, αφού αξιοποιήθηκαν ποιοτικά δεδομένα και καταγράφηκαν οι απαντήσεις των μαθητών στο πλαίσιο δομημένης συνέντευξης, παρατηρήθηκε αύξηση του ενδιαφέροντος και της περιέργειας των μαθητών της πειραματικής ομάδας μετά από την εφαρμογή της σειράς των διδακτικών παρεμβάσεων.

Συζήτηση - Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία διερευνήθηκε, αρχικά, η χρήση των κινητών τηλεφώνων στην πειραματική διαδικασία για το μάθημα της Φυσικής. Η βιβλιογραφική έρευνα έδειξε ενθαρρυντικά αποτελέσματα σε σχέση το ενδιαφέρον, την περιέργεια και τις επιδόσεις των μαθητών στη Φυσική (Hochberg et al., 2018; Kuhn & Vogt, 2015; Nikolopoulou & Kousloglou, 2019; Scornavacca, Huff, & Marshall, 2009). Στη συνέχεια περιγράφηκε η διερευνητική μάθηση και συγκεκριμένα η μεθοδολογία Inquiry-Based Science Education (IBSE) η οποία προσδιορίζεται με σαφήνεια στο PROFILES Project (2012) μέσα από διδακτικές πρακτικές οι οποίες αναλύονται από τους συγγραφείς τους. Η διερευνητική μάθηση αυξάνει το ενδιαφέρον και τα κίνητρα των μαθητών καθώς και τα μαθησιακά επιτεύγματα (Padilla et al., 2012). Ο Κολιόπουλος (2006) εισάγει την καινοτομική αντίληψη ως μέθοδο για το σχεδιασμό αναλυτικών προγραμμάτων και διδακτικών δραστηριοτήτων μετασχηματίζοντας την επιστημονική γνώση σε σχολική και επιδιώκοντας την επίτευξη εννοιολογικών, μεθοδολογικών και πολιτισμικών στόχων. Σύμφωνα με τους Chinn et al. (2021), οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να δημιουργήσουν τέτοια μαθησιακά περιβάλλοντα ώστε οι μαθητές να μπορούν να επιλέγουν τα ισχυρά αποδεικτικά στοιχεία και να απορρίπτουν τα αδύναμα αποδεικτικά στοιχεία. Οι Duncan et al. (2018) επιχειρούν την εισαγωγή εξελιγμένων τρόπων πρόσληψης και αξιοποίησης των αποδεικτικών στοιχείων από τους μαθητές στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών.

Το θεωρητικό πλαίσιο που αναλύθηκε στην παρούσα εργασία καθώς και προηγούμενες έρευνες, παρείχαν τις κατευθυντήριες γραμμές για τη διατύπωση των ερωτημάτων και των στόχων της παρούσας εργασίας. Επιχειρήθηκε η σύνδεση του παραπάνω θεωρητικού πλαισίου και η σύγκριση με προγενέστερες σχετικές έρευνες με τα αποτελέσματα της έρευνας της παρούσας εργασίας. Επιχειρήθηκε η ερμηνεία των ερευνητικών δεδομένων με βάση την ποσοτική και ποιοτική διερεύνησή τους.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, προέκυψε ότι παρατηρήθηκε πρόοδος των μαθητών της πειραματικής ομάδας. Επίσης, υπήρξε σημαντική διαφορά στην επίδοση ανάμεσα στην πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου. Η αξιοποίηση αποδεικτικών στοιχείων από την πειραματική ομάδα οδήγησε σε μεγαλύτερο βαθμό στη διατύπωση της σωστής θεωρίας ή της σωστής κατανόησης μιας έννοιας, δηλαδή στην επιστημονική γνώση. Έτσι, ο αριθμός των μαθητών της πειραματικής ομάδας που επέλεξε το σωστό μοντέλο ήταν μεγαλύτερος από τον αριθμό μαθητών της ομάδας ελέγχου που δεν αξιοποίησαν τα αποδεικτικά στοιχεία των φύλλων εργασίας με τίτλο «Διάγραμμα με βέλη». Οι

μαθητές της πειραματικής ομάδας που αξιοποίησαν τα αποδεικτικά στοιχεία των φύλλων εργασίας με τίτλο «Διάγραμμα με βέλη», αξιολόγησαν θετικά τη χρήση τους και κατέγραψαν ισχυρή σύνδεση ανάμεσα σε κάθε αποδεικτικό στοιχείο και στο επιστημονικό μοντέλο στο οποίο κατέληγαν κάθε φορά. Επιπλέον, παρατηρήθηκε αύξηση του ενδιαφέροντος και της περιέργειας των μαθητών μετά από την εφαρμογή της σειράς των διδακτικών παρεμβάσεων.

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας έρχονται σε συμφωνία με τους (Arabacioglu & Unver, 2016) οι οποίοι υποστηρίζουν ότι η διερευνητική μάθηση, σε συνδυασμό με τις πειραματικές πρακτικές, μπορούν να υποστηριχθούν με τη χρήση κινητών τηλεφώνων και ότι η διδασκαλία με τη χρήση κινητού τηλεφώνου έχει θετική επίδραση στα μαθησιακά αποτελέσματα και τη βελτίωση των δεξιοτήτων των μαθητών. Ο Rath (2019) επιβεβαιώνει ότι τα smartphones είναι ισχυρά πειραματικά εργαλεία ειδικά για τη διδασκαλία της Φυσικής καθώς μπορούν να πραγματοποιούν πολλαπλές μετρήσεις οποιαδήποτε στιγμή. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας σχεδιάστηκε ακολουθία διδακτικών παρεμβάσεων η οποία βασίστηκε, μεταξύ άλλων, στον τρόπο που οι μαθητές προσλαμβάνουν και αξιοποιούν τα αποδεικτικά στοιχεία γεγονός που έρχεται σε συμφωνία με τους Chinn et al. (2021) οι οποίοι υποστηρίζουν ότι ένας σχεδιασμός περιβαλλόντων μάθησης που λαμβάνει υπόψη την έννοια «Grasp of Evidence» εμπλουτίζει τη σκέψη των μαθητών. Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας συμφωνούν επίσης με τους Sans et al. (2015) οι οποίοι έδειξαν ότι η χρήση κινητών τηλεφώνων στην πειραματική διαδικασία αυξάνει το ενδιαφέρον των μαθητών και τους κινητοποιεί στη χρήση τους ως πειραματικά εργαλεία λήψης μετρήσεων και επιστημονικών αποτελεσμάτων και όχι μόνο ως εργαλεία κοινωνικής δικτύωσης.

Είναι σκόπιμο να επισημανθούν και ορισμένοι περιορισμοί της έρευνας της παρούσας εργασίας. Η έλλειψη τυχαίας δειγματοληψίας σε συνδυασμό με ένα μικρό μέγεθος δείγματος μπορεί να δώσει σημαντικά σφάλματα δειγματοληψίας στο σχεδιασμό. Ωστόσο, η διαδικασία της τυχαίας ένταξης μπορεί να μην είναι εφικτή. Οι ερευνητές μπορεί να επιλέξουν συμμετέχοντες που είναι διαθέσιμοι σε καλά ορισμένες, ακέραιες ομάδες που μελετώνται εύκολα (Creswell, 2016). Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκαν ακέραια τμήματα μαθητών της Α΄ Λυκείου. Έτσι, η παρούσα έρευνα αφορούσε ένα μικρό δείγμα μαθητών και τα αποτελέσματα δεν μπορούν να γενικευτούν γεγονός που δίνει αφορμή για περαιτέρω διερεύνηση. Βέβαια, θα πρέπει να σημειωθεί ότι το δείγμα αποτελούνταν από μαθητές γενικού λυκείου όπου υπάρχει ετερογένεια ως προς το μαθησιακό επίπεδο των μαθητών. Ωστόσο, η μελέτη εστίασε

μόνο σε μαθητές ενός γενικού λυκείου το οποίο βρίσκεται σε γειτονιές μεσαίου εισοδήματος σε βορειοδυτικό προάστιο της Αθήνας. Δεν μπορούμε να γνωρίζουμε εάν θα είχαμε τα ίδια αποτελέσματα σε σχολεία που αντιπροσωπεύουν χαμηλότερα ή υψηλότερα κοινωνικοοικονομικά επίπεδα και βρίσκονται σε διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας. Με αφορμή τον συγκεκριμένο περιορισμό, προτείνεται η παρούσα έρευνα να επεκταθεί σε διαφορετικά σχολικά περιβάλλοντα. Έναν άλλον περιορισμό αποτελεί το γεγονός ότι τα αποτελέσματα της διδακτικής παρέμβασης αξιολογήθηκαν αμέσως μετά την υλοποίησή της και δεν υπήρξε η δυνατότητα να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα των στόχων σε βάθος χρόνου και σε διαφορετικά περιβάλλοντα. Επίσης, ένας άλλος περιορισμός της παρούσας μελέτης είναι η χρήση κινητού τηλεφώνου μόνο σε πειράματα Μηχανικής που διδάσκεται στην Α΄ Λυκείου. Οι περαιτέρω έρευνες θα πρέπει να συμπεριλάβουν και άλλα κεφάλαια της Φυσικής για να εξασφαλιστεί ότι τα παρόντα ευρήματα μπορούν πραγματικά να επηρεάσουν τα μαθησιακά αποτελέσματα στο συγκεκριμένο μάθημα. Θα πρέπει, επίσης, να επισημανθεί ότι η ερευνήτρια ήταν η καθηγήτρια των μαθητών τόσο της πειραματικής ομάδας όσο και της ομάδας ελέγχου. Το γεγονός αυτό ελλοχεύει τον κίνδυνο ο σχεδιασμός των ερωτηματολογίων και των φύλλων εργασίας τα οποία κατασκευάστηκαν για να συγκρίνουν τις ομάδες να εμπεριέχει στοιχεία που είναι προσανατολισμένα στη μάθηση με κινητό τηλέφωνο και να δίνεται μεγαλύτερη βαρύτητα στην επίτευξη στόχων που ευνοούνται από τη χρήση κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας. Επιπλέον, οι μαθητές των δύο ομάδων, καθώς βρίσκονται στο ίδιο σχολείο, διατηρούν κοινωνικές σχέσεις μεταξύ τους και ενδέχεται να υπάρξει διαρροή απαντήσεων όσο αφορά στα ερωτηματολόγια που ελέγχουν την επίτευξη των στόχων της διδακτικής παρέμβασης.

Παρόλα αυτά, θεωρούμε ότι η έρευνα της παρούσας εργασίας μπορεί να αποτελέσει το έναυσμα για περαιτέρω διερεύνηση, καθώς οι μαθητές, με την ολοκλήρωση των διδακτικών παρεμβάσεων, παρουσίασαν βελτίωση στις επιδόσεις τους, στο ενδιαφέρον και στα κίνητρα μάθησης.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε βιβλιογραφικά και εμπειρικά η χρήση των smartphones ως πειραματικά εργαλεία, η διερευνητική μάθηση Inquiry-Based Science Education (IBSE), η καινοτομική αντίληψη για το σχεδιασμό αναλυτικών προγραμμάτων και δραστηριοτήτων, η έννοια «Grasp of Evidence» και πραγματοποιήθηκε σχεδιασμός και αξιολόγηση μιας ακολουθίας διδακτικών παρεμβάσεων βασισμένες στις συγκεκριμένες ιδέες.

Η εργασία μπορεί να δώσει ένα έναυσμα για περαιτέρω προβληματισμό και να αποτελέσει διδακτική πρόταση βασισμένη στη χρήση των smartphones ως πειραματικά εργαλεία στη διδασκαλία της Φυσικής μέσα σε ένα πλαίσιο που ορίζεται από τις αρχές και τη λογική της μεθοδολογίας IBSE, της καινοτομικής αντίληψης και της έννοιας «Grasp of Evidence». Ο ισχυρισμός αυτός βασίζεται στα αποτελέσματα της έρευνας που έδειξαν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα και αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών κατά την εφαρμογή των διδακτικών παρεμβάσεων με τη χρήση κινητών τηλεφώνων.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Abrami, P. C., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Wade, A., Surkes, M. A., Tamim, R., & Zhang, D. (2008). Instructional interventions affecting critical thinking skills and dispositions: A stage 1 meta-analysis. *Review of Educational Research*, 78(4),

1102–1134.

- Arabacioglu, S., & Unver, A. O. (2016). Supporting Inquiry Based Laboratory Practices With Mobile Learning To Enhance Students' Process Skills In Science Education. *Journal of Baltic Science Education*, 15(2), 216–231. Retrieved from <https://www.proquest.com/openview/e4d56734c92a009f47a5e2796ab81cd1/1?pq-origsite=gscholar&cbl=4477238>
- Avaamidou, L. (2008). Prospects for the use of mobile technologies in science education. *AACE J*, 16(3), 347–365.
- Baldock, C., & Johnson, R. (2016). Investigation of kinetic friction using an iPhone. *Phys. Educ.*, (51), 6.
- Bamberger, Y. M., & Davis, E. A. (2013). Middle-School Science Students' Scientific Modelling Performances Across Content Areas and Within a Learning Progression. *International Journal of Science Education*, 35(2), 213–238. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.624133>
- Bano, M., Zowghi, D., Kearney, M., Schuck, S., & Aubusson, P. (2018). Mobile Learning for Science and Mathematics School Education: A Systematic Review of Empirical Evidence. *Computers & Education*, 121, 30–58.
- Barzilai, S., & Chinn, C. A. (2017). On the Goals of Epistemic Education: Promoting Apt Epistemic Performance. *Journal of the Learning Sciences*, 27(3), 353–389. <https://doi.org/10.1080/10508406.2017.1392968>
- Baydas, O., & Yilmaz, R. (2018). Pre-Service Teachers' Intention to Adopt Mobile Learning: A Motivational Model. *British Journal of Educational Technology*, 49, 137–152. Retrieved from <https://doi.org/10.1111/bjet.12521>
- Becker, S., Klein, P., & Kuhn, J. (2018). Promoting students' conceptual knowledge using video analysis on tablet computers. *Physics Education Research Conference Proceedings, 2018*. <https://doi.org/10.1119/PERC.2018.PR.BECKER>
- Bellou, I., Papachristos, N. M., & Mikropoulos, T. A. (2018). Digital Learning Technologies in Chemistry Education: A Review. In D. Sampson, D. Ifenthaler, J. Spector, & P. Isaías (Eds.), *Digital Technologies: Sustainable Innovations for Improving Teaching and Learning* (pp. 57–80). Springer International Publishing. Retrieved from https://doi.org/10.1007/978-3-319-73417-0_4
- Berland, L. K., & McNeill, K. L. (2010). A learning progression for scientific argumentation: Understanding student work and designing supportive instructional contexts. *General Science Quarterly*, 94(5), 765–793.

<https://doi.org/10.1002/sce.20402>

- Bliss, J. (2001). Από την πρακτικο-βιωματική γνώση στη σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης: το “παράδειγμα” του Piaget. In *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Τόμ. Α')*.
- Bogen, J. (2018). Theory and Observation in Science. In E. N. Zalta (Ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2018). Metaphysics Research Lab, Stanford University. Retrieved from <https://plato.stanford.edu/archives/fall2018/entries/science-theory-observation>
- Bolte, C., & Rauch, F. (2014). *PROFILES Professional Reflection Oriented Focus on Inquiry-based Learning and Education through Science Enhancing Inquiry-based Science ' Professional Development in Europe: PROFILES Project and other Projects funded by the European Commission*. Berlin. Retrieved from <http://www.profiles-project.eu>
- Bolte, Claus, Streller, S., Holbrook, J., Rannikmae, M., Hofstein, A., Naaman, R. M., & Rauch, F. (2012). Introduction into the PROFILES Project and its Philosophy. In *Inquiry-based Science Education in Europe: Reflections from the PROFILES Project* (pp. 31–42). Berlin.
- Burden, K., & Kearney, M. (2016). Future Scenarios for Mobile Science Learning’, *Research in Science Education*, *46*(2), 287–308.
- Carnap, R. (1994). *An Introduction to The Philosophy of Science*. NY: Basic Books.
- Chalmers, A. F. (2012). *Τι Είναι Αυτό που το Λέμε Επιστήμη*. Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Chang, C.-Y., & Hwang, G.-J. (2019). Trends in Digital Game-Based Learning in the Mobile Era: A Systematic Review of Journal Publications from 2007 to 2016. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, *13*, 68–90. Retrieved from https://doi.org/10.1007/978-3-319-73417-0_4
- Chin, C., & Osborne, J. (2010). Students’ questions and discursive interaction: Their impact on argumentation during collaborative group discussions in science. *Journal of Research in Science Teaching*, *47*(7), 883–908.
- Chinn, C. A., & Duncan, R. G. (2018). What is the Value of General Knowledge of Scientific Reasoning? In *Scientific Reasoning and Argumentation* (1st ed., p. 25). New York.
- Chinn, C. A., Duncan, R. G., & Av-Shalom, N. Y. (2021). Applying the Grasp-of-Evidence Framework to Design and Evaluate Epistemically Complex Learning

- Environments. *Information and Technology in Education and Learning*, 1(1), 23.
<https://doi.org/https://doi.org/10.12937/itel.1.1.Inv.p004>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2005). *Research Methods in Education* (5th ed.). London and New York: RoutledgeFalmer.
- Corbett, C. (2014). *Change in science teacher practice towards IBSE*. Dublin City University, School of Physical Sciences, Dublin.
- Couso-Lagarón, D. (2014). “De la moda de ‘aprender indagando’ a la indagación para modelizar una reflexión crítica.” In *Communication presented at the 26 Encuentros en Didáctica de las Ciencias Experimentales* (p. 28). Spain: Huelva.
- Creswell, J. W. (2016). *Η Έρευνα στην Εκπαίδευση: Σχεδιασμός, Διεξαγωγή και Αξιολόγηση Ποσοτικής και Ποιοτικής Έρευνας*. (Χ. Τσορμπατζούδης, Ed.) (2η Ελληνικ). Αθήνα: Εκδοτικός Όμιλος Ίων.
- Crompton, H., Burke, D., Gregory, K. H., & Gräbe, C. (2016). The Use of Mobile Learning in Science: A Systematic Review. *Journal of Science Education and Technology*, 25(2). <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9597-x>
- Davis, E. A., & Krajcik, J. S. (2005). Designing Educative Curriculum Materials to Promote Teacher Learning. *Educational Researcher*, 34(3), 3–14.
<https://doi.org/10.3102/0013189x034003003>
- Dodig-Crnkovic, G. (2002). *Scientific Methods in Computer Science*. Mälardalen University.
- Dodig-Crnkovic, G., & Crnkovic, I. (2003). *Teaching Theory of Science to Computer Science Students*. Mälardalen University.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *General Science Quarterly*, 84(3), 287–312.
- Duncan, R. G., Chinn, C. A., & Barzilai, S. (2018). Grasp of evidence: Problematizing and expanding the next generation science standards’ conceptualization of evidence. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(7), 907–937.
<https://doi.org/10.1002/TEA.21468>
- Feinstein, N. (2011). Salvaging Science Literacy. *General Science Quarterly*, 95(1), 168–185. <https://doi.org/10.1002/sce.20414>
- Feyerabend, P. (2000). *Against Method*. London, UK.
- Ford, M. (2008). Grasp of Practice” as a Reasoning Resource for Inquiry and Nature of Science Understanding. *Science & Education*, 17(2–3), 147–177.
<https://doi.org/doi:10.1007/s11191-006-9045-7>

- Galison, P. (1997). *Image and Logic: A Material Culture of Microphysics*. University of Chicago Press.
- Gardner, D. P., Larsen, Y. W., Baker, W. O., Campbell, A., Crosby, E. A., Foster Jr., C. A., ... Wallace, R. (1983). *A Nation at Risk: The Imperative for Educational Reform*.
- Gillies, R. M. (2020). *Inquiry-based Science Education*. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Hochberg, K., Becker, S., Louis, M., Klein, P., & Kuhn, J. (2020). Using Smartphones as Experimental Tools—a Follow-up: Cognitive Effects by Video Analysis and Reduction of Cognitive Load by Multiple Representations. *Journal of Science Education and Technology*, (29), 303–317. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09816-w>
- Hochberg, K., Kuhn, J., & Müller, A. (2018). Using Smartphones as Experimental Tools—Effects on Interest, Curiosity, and Learning in Physics Education. *Journal of Science Education and Technology*, 27(5), 385–403. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9731-7>
- Holubova, R. (2022). IBSE and simple physics experiments in online environment. In *AIP Conference Proceedings* (p. 030010). AIP Publishing LLC.
- Hwang, G.-J., Lai, C.-L., Liang, J.-C., Chu, H.-C., & Tsai, C.-C. (2018). A Long-Term Experiment to Investigate the Relationships between High School Students' Perceptions of Mobile Learning and Peer Interaction and Higher-Order Thinking Tendencies. *Educational Technology Research and Development*, 66, 75–93. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s11423-017-9540-3>
- Jerrim, J., Oliver, M., & Sims, S. (2019). The relationship between inquiry-based teaching and students' achievement. New evidence from a longitudinal PISA study in England. *Learning and Instruction*, 61, 35–44.
- Keren, A. (2018). The Public Understanding of What? Laypersons' Epistemic Needs, the Division of Cognitive Labor, and the Demarcation of Science. *Philosophy of Science*. <https://doi.org/10.1086/699690>
- Koudelkova, V. (2022). IBSE in physics at secondary level during distance education. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2458, p. 030016). AIP Publishing LLC.
- Krajcik, J., Codere, S., Dahsah, C., Bayer, R., & Mun, K. (2014). Planning Instruction to Meet the Intent of the Next Generation Science Standards. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 157–175. <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9383-2>

- Kuhn, J., & Vogt, P. (2013a). Analyzing acoustic phenomena with a smartphone microphone. *The Physics Teacher*, (51), 118–119.
- Kuhn, J., & Vogt, P. (2013b). Applications and Examples of Experiments with Mobile Phones and Smartphones in Physics Lessons. *Frontiers in Sensors (FS)*, 1(4), 67–73.
- Kuhn, J., & Vogt, P. (2015). Smartphones & Co. in Physics Education: Effects of Learning with New Media Experimental Tools in Acoustics. In W. Schnotz, A. Kauertz, H. Ludwig, A. Müller, & J. Pretsch (Eds.), *Multidisciplinary Research on Teaching and Learning* (pp. 253–269). London: Palgrave Macmillan. Retrieved from https://doi.org/10.1057/9781137467744_14
- Kuhn, T. S. (1987). *Η Δομή των επιστημονικών Επαναστάσεων*. Θεσσαλονίκη: Σύγχρονα Θέματα.
- Kuhn, Thomas S. (2008). *Η Δομή των Επιστημονικών Επαναστάσεων*. Αθήνα: Σύγχρονα Θέματα.
- Kung, R. (2012). Biodiversity and Education. In 1st International PROFILES Conference (Ed.) (pp. 159–160). Berlin: Freie Universitat Berlin.
- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning: Effects of Guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681–718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>
- Lehtonen, A. (2012). Three-stage Study Modules in Finnish Education at the Secondary School Level (pp. 109–111). Berlin: Freie Universitat Berlin.
- Lewis, J. L. (1972). *Teaching school physics*. (J. L. Lewis, Ed.). Harmondsworth: Penguin.
- Lin, X., Yang, W., Wu, L., Zhu, L., Wu, D., & Li, H. (2021). Using an Inquiry-Based Science and Engineering Program to Promote Science Knowledge, Problem-Solving Skills and Approaches to Learning in Preschool Children. *Early Education and Development*, 32(5), 695–713. <https://doi.org/10.1080/10409289.2020.1795333>
- Mata-Torres, S., Cal, E. S. de la, & Greca, I. M. (2022). Saturdays of Science. An Experimental Learning and Training Scenario in CLIL and IBSE: A Case Study. *Frontiers in Education*, 6, 735158. <https://doi.org/10.3389/feduc>
- Matthews, M. R. (2007). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες*. Επίκεντρο.
- Maurines, L., & Beaufils, D. (2013). Teaching the Nature of Science in Physics Courses: The Contribution of Classroom Historical Inquiries. *Science &*

- Education*, 22(6), 1443–1465.
- Mazzella, A., & Testa, I. (2016). An investigation into the effectiveness of smartphone experiments on students' conceptual knowledge about acceleration. *Physics Education*, 51(5), 1–10.
- McNeill, K. L., & Berland, L. (2017). What is (or should be) scientific evidence use in k-12 classrooms? *Journal of Research in Science Teaching*, 54(5), 672–689. <https://doi.org/10.1002/tea.21381>
- Mudau, A. V., & Tabane, R. (2014). “Practical Work as It Says Practical is Something Students do by Themselves....” *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 5(3).
- National Research Council. (1996a). *National Science Education Standards National Committee on Science Education Standards and Assessment*.
- National Research Council. (1996b). *The National Science Education Standards*. National Academy Press.
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts and Core Ideas*. Washington: The National Academies Press.
- Newby, P. (2019). *Μέθοδοι έρευνας στην εκπαίδευση*. Αθήνα: Πεδίο.
- Nikolopoulou, K., & Kousloglou, M. (2019). Mobile Learning in Science: A Study in Secondary Education in Greece. *Creative Education*, 10(6), 14. Retrieved from https://www.scirp.org/html/18-6304489_93383.htm
- Nikou, S. A., & Economides, A. A. (2018). Motivation Related Predictors of Engagement in Mobile-Assisted Inquiry-Based Science Learning. In IEEE Global Engineering Education Conference. In *IEEE Global Engineering Education Conference* (pp. 1222–1229). Piscataway, NJ: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- Odabasi, M., Uzunboylu, H., Popova, O. V., Kosarenko, N. N., & Ishmuradova, I. I. (2019). Science Education and Mobile Learning: A Content Analysis Review of the Web of Science Database. *IJET*, 14(22), 4–18.
- OECD. (2016). *PISA 2015 results (Volume II): Policies and practices for successful schools*. Paris: OECD Publishing. Retrieved from <https://www.oecd.org/education/pisa-2015-results-volume-ii-9789264267510-en.htm>
- Oliveira, A., Behnagh, R. F., Ni, L., Mohsinah, A. A., Burgess, K. J., & Guo, L. (2019). Emerging technologies as pedagogical tools for teaching and learning science: a

- literature review. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 1(2), 149–160. Retrieved from <https://doi.org/10.1002/hbe2.141>
- Padilla, Y., Gago, A., Roldán, M., Urdiales, C., Charro, E., & Gómez-Niño, Á. (2012). Designing an IBSE Module: A Task for Pre-service Teacher Training. In *1st International PROFILES Conference* (pp. 157–158). Valladolid.
- Passmore, C. M., & Svoboda, J. (2012). Exploring Opportunities for Argumentation in Modelling Classrooms. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1535–1554. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.577842>
- Patrinopoulos, M., & Kefalis, C. (2015). Angular velocity direct measurement and moment of inertia calculation of a rigid body using a smartphone. *The Physics Teacher*, 53(9), 564–565. <https://doi.org/10.1119/1.4935774>
- Pekmez, E. S., Johnson, P., & Gott, R. (2005). Teachers' understanding of the nature and purpose of practical work. *Research in Science & Technological Education*, 23(1), 3–23.
- Popper, K. R. (1999). *The Logic of Scientific Discovery*. N.Y.: Routledge.
- PROFILES Project. (2012). Inquiry-based Science Education in Europe: Reflections from the PROFILES Project. In C. Bolte, J. Holbrook, & F. Rauch (Eds.), *1st International PROFILES Conference* (pp. 1–232). Berlin. Retrieved from <http://www.profiles-project.eu>
- Rath, G. (2019). Mobile phones in physics teaching - An overview of development and research activities. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1286, p. 012050). Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1286/1/012050>
- Rocard, M. (2007). *Rocard report: "Science Education Now: A New Pedagogy for the Future of Europe."* Luxemburg. Retrieved from <https://www.eesc.europa.eu/en/documents/rocard-report-science-education-now-new-pedagogy-future-europe>
- Salchegger, S., Wallner-Paschon, C., & Bertsch, C. (2021). Explaining Waldorf students' high motivation but moderate achievement in science: is inquiry-based science education the key? *Large-Scale Assessments in Education*, 9(14), 1–23. Retrieved from <https://largescaleassessmentsineducation.springeropen.com/articles/10.1186/s40536-021-00107-3>
- Salmerón, L., Macedo-Rouet, M., & Rouet, J.-F. (2015). Multiple viewpoints increase

- students' attention to source features in social question and answer forum messages. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 67(10), 2404–2419.
- Salomon, G., & Perkins, D. N. (1998). Chapter 1: Individual and Social Aspects of Learning. *Review of Research in Education*, 23(1), 1–24. <https://doi.org/10.3102/0091732X023001001>
- Samarapungavan, A. (2018). *Construing scientific evidence: The role of disciplinary knowledge in reasoning with and about evidence in scientific practice* (1st ed.). Routledge.
- Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2005). The Quality of Students' Use of Evidence in Written Scientific Explanations. *Cognition and Instruction*, 23(1), 23–55.
- Sans, J. A., Manjón, F. J., Cuenca-Gotor, V., Giménez-Valentín, M. H., Salinas, I., Barreiro, J. J., ... Gomez-Tejedor, J. A. (2015). Smartphone: a new device for teaching Physics. In *1st International Conference on Higher Education Advances* (pp. 415–522). València: Universitat Politècnica de València. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4995/HEAd15.2015.332>
- Scornavacca, E., Huff, S., & Marshall, S. (2009). Mobile phones in the classroom: if you can't beat them, join them. *Communications of the ACM*, 52(4), 142–146.
- Shanahan, C., Shanahan, T., & Misischia, C. (2011). Analysis of Expert Readers in Three Disciplines: History, Mathematics, and Chemistry. *Journal of Literacy Research*, 43(4), 393–429.
- Solomon, J. (2001). *STS (Science, Technology, Society): Προσέγγιση της ανάλυσης και διδασκαλίας των φυσικών επιστημών (Τόμος Α')*. (B. Κουλαϊδης, Ed.).
- Solomon, M. (2015). Evidence-Based Medicine as Empiric Medicine. In University Press Scholarship Online (Ed.), *Making Medical Knowledge* (pp. 1–33). Oxford Scholarship Online. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198732617.001.0001>
- Stacks, S., Hütz, S., Heinke, H., & Stampfer, C. (2019). Simple Time-of-Flight Measurement of the Speed of Sound Using Smartphones. *The Physics Teacher*, 57, 112–113.
- Staley, K. W. (2004). Robust evidence and secure evidence claims. *Philosophy of Science*, 71(4), 467–488. <https://doi.org/10.1086/423748>
- Suárez, A., Specht, M., Prinsen, F., Kalz, M., & Ternier, S. (2018). A Review of the Types of Mobile Activities in Mobile Inquiry-Based Learning. *Computers and Education*, 118, 38–55. Retrieved from

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.11.004>

- Trowbridge, D. E., & McDermott, L. C. (1981). Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension. *American Journal of Physics*, 49(3), 242–253.
- Tsivitanidou, O. E., Gray, P., Rybska, E., Louca, L., & Constantinou, C. P. (2018). *Professional Development for Inquiry-Based Science Teaching and Learning* (1st ed.). Springer International.
- Tzamalis, P. G., Kateris, A., Lazos, P., Tsoukos, S., & Velentzas, A. (2021). An educational proposal for students' experimentation in a distance learning environment. *Phys. Educ.*, 56, 1–8.
- Worth, K. (2010). Science in early childhood classrooms: Content and process. Retrieved from <https://ecrp.illinois.edu/beyond/seed/worth.html>
- Zhai, X., Zhang, M., & Li, M. (2018). One-to-One Mobile Technology in High School Physics Classrooms: Understanding Its Use and Outcome. *British Journal of Educational Technology*, (49), 516–532. Retrieved from <https://doi.org/10.1111/bjet.12539>
- Zydney, J. M., & Warner, Z. (2016). Mobile Apps for Science Learning: Review of Research. *Computers and Education*, 94, 1–17.
- Αναπολιτάνος, Δ., Αραμπατζής, Θ., Καρακώστας, Β., & Κιντή, Β. (2003). *Η Εξέλιξη των Ιδεών στις Φυσικές Επιστήμες (Τόμ. Γ')*. Πάτρα: ΕΑΠ.
- Δαπόντες, Ν., Κασέτας, Α., Μουρίκης, Σ., & Σκιαθίτης, Μ. (1997). *Φυσική Α' τάξη Ενιαίου Πολυκλαδικού Λυκείου*. Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Δόσης, Σ. (2014). *Σχεδίαση και αξιολόγηση ακολουθίας διδακτικών ενοτήτων στα πλαίσια της καινοτομικής και εποικοδομητικής αντίληψης για το αναλυτικό πρόγραμμα Φυσικών Επιστημών: Η περίπτωση της διδασκαλίας του εκκρεμούς στο Γυμνάσιο*. ΤΕΕΑΠΗ Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Κολιόπουλος, Δ., Αντωνίου, Γ., Μαυροπούλου, Μ., & Μπαγάκης, Γ. (Eds.). (1985). *Unesco, Οδηγός του εκπαιδευτικού για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο δημοτικό και το γυμνάσιο*. Αθήνα: Εκπαιδευτικά Θέματα.
- Κολιόπουλος, Δημήτρης. (2006). *Θέματα Διδακτικής Φυσικών Επιστημών, Η Συγκρότηση της Σχολικής Γνώσης* (1η). Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Κολιόπουλος, Δημήτρης. (2001). Σχεδιασμός Διδακτικού Υλικού για την έννοια της Ενέργειας. In *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών Τόμος Β'*. Πάτρα: ΕΑΠ.
- Κολιόπουλος, Δημήτρης. (2006). *Θέματα Διδακτικής Φυσικών Επιστημών, Η*

Συγκρότηση της Σχολικής Γνώσης. Αθήνα: Μεταίχμιο.

Κουλαΐδης, Β. (2001). Υποθετικο-παραγωγική εικόνα της επιστημονικής γνώσης: από την κοινή αντίληψη στη λογική πληρότητα. In *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Τόμ. Α')*. Πάτρα: ΕΑΠ.

Ποτηριάδου, Ε. (2022). Στατιστική Επεξεργασία των Δεδομένων της Έρευνας με smartphones. Retrieved from <http://smartphonesgraspcyprus.pbworks.com/w/page/148551567/FrontPage>

Παραρτήματα

Παράρτημα Α: Ερωτηματολόγιο pre-test και post-test

Ερωτηματολόγιο

Συμπληρώστε τα παρακάτω στοιχεία:

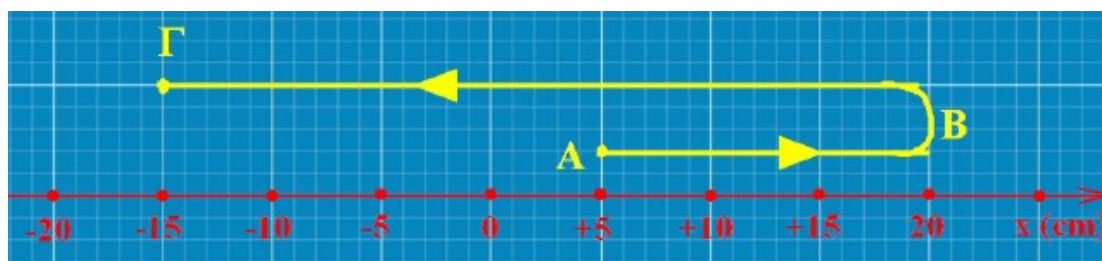
- Ονοματεπώνυμο: _____

- Ημερομηνία: _____

Το ερωτηματολόγιο συντάχθηκε στο πλαίσιο της διερεύνησης και μελέτης διδακτικών μεθόδων και δεν σχετίζεται με κανενός είδους γραπτή δοκιμασία. Έχει στατιστικό χαρακτήρα και δεν εστιάζεται στο χαρακτηρισμό των απαντήσεων ως «αποδεκτές» και «μη αποδεκτές». Ευχαριστούμε για τη συνεργασία σας.

Ερώτηση 1: (Εννοιολογική)

Ένα σώμα κινείται από το σημείο Α στο σημείο Γ μέσω του σημείου Β, όπως φαίνεται στο σχήμα.



Επιλέξτε τη σωστή απάντηση αναφορικά με τη μετατόπιση Δx και την απόσταση s που διένυσε το σώμα:

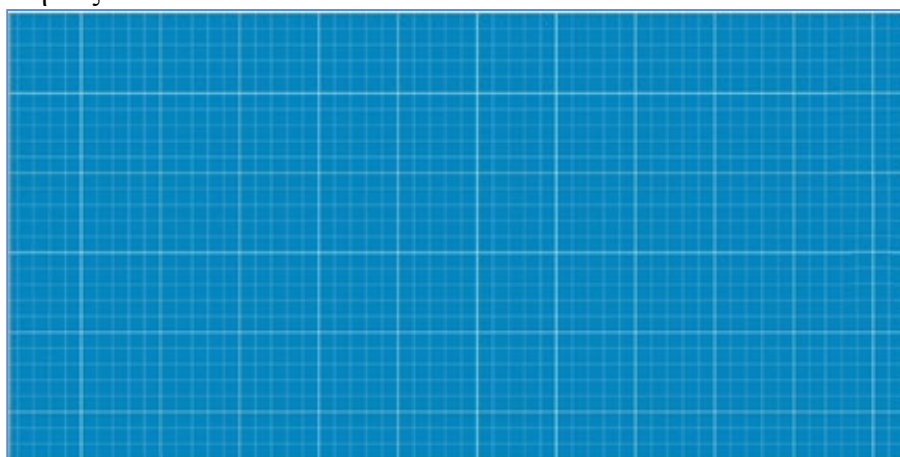
(Επιλέξτε μόνο μία από τις ακόλουθες προτάσεις.)

- α) $\Delta x = 20 \text{ cm}, s = 35 \text{ cm}$
- β) $\Delta x = -15 \text{ cm}, s = 15 \text{ cm}$
- γ) $\Delta x = -20 \text{ cm}, s = 50 \text{ cm}$
- δ) Δεν γνωρίζω.

Ερώτηση 2: (Μεθοδολογική)

Δίνεται ο ακόλουθος πίνακας τιμών για τα μεγέθη χρόνος, t , σε s και τη θέση, x , σε cm . Να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση $x-t$ και να επιλέξετε μία από τις ακόλουθες απαντήσεις.

x (cm)	t (s)
0	0.0
7	2.5
9	3.5



15	5.0
19	6.5
25	8.0
27	9.0

- α) Η γραφική παράσταση $x-t$ είναι ευθεία παράλληλη στον άξονα των χρόνων, t .
- β) Η γραφική παράσταση $x-t$ είναι ευθεία με θετική κλίση που περνά από την αρχή των αξόνων.
- γ) Η γραφική παράσταση $x-t$ είναι καμπύλη και αντιστοιχεί σε παραβολή.
- δ) Δεν γνωρίζω.

Ερώτηση 3: (Πολιτισμική)

Η έννοια «γεγονός» στη Φυσική αναφέρεται:

(Επιλέξτε μόνο μία από τις ακόλουθες προτάσεις.)

- α) στην άρρηκτη σχέση των εννοιών: χρονική στιγμή και θέση.
- β) στην άρρηκτη σχέση των εννοιών: χρονικό διάστημα και απόσταση.
- γ) στην κίνηση ενός σώματος.
- δ) Δεν γνωρίζω.

Ερώτηση 4: (Εννοιολογική)

Σε μια πειραματική διαδικασία μελέτης της κίνησης ενός σώματος μέσα σε χρονικό διάστημα $\Delta t = 4$ s, πήρατε τις εξής μετρήσεις: απόσταση $s = 80$ cm και μετατόπιση $\Delta x = -60$ cm. Η μέση ταχύτητα και η μέση διανυσματική ταχύτητα είναι αντίστοιχα:

(Επιλέξτε μόνο μία από τις ακόλουθες προτάσεις.)

- α) Μέση ταχύτητα = -15 cm/s, Μέση διανυσματική ταχύτητα = 20 cm/s
- β) Μέση ταχύτητα = 15 cm/s, Μέση διανυσματική ταχύτητα = -15 cm/s
- γ) Μέση ταχύτητα = 20 cm/s, Μέση διανυσματική ταχύτητα = -15 cm/s
- δ) Δεν γνωρίζω.

Ερώτηση 5: (Μεθοδολογική)

Δύο αδέρφια ξεκινούν μαζί από το σχολείο τους και κατευθύνονται προς το σπίτι τους ακολουθώντας διαφορετικές διαδρομές. Ποια από τις επόμενες μετρήσεις θα πραγματοποιούσατε για να βρείτε ποιο παιδί θα φτάσει πρώτο στο σπίτι του;

(Επιλέξτε μόνο μία από τις ακόλουθες προτάσεις.)

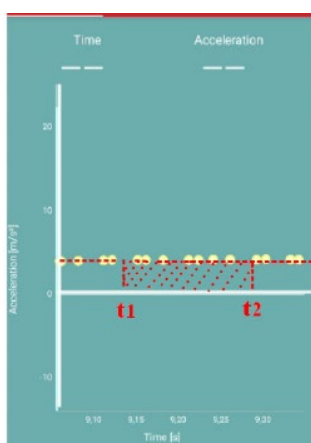
- α) τη μέση ταχύτητα και τη μέση διανυσματική ταχύτητα*
- β) τη μέση ταχύτητα*
- γ) τη μέση διανυσματική ταχύτητα*
- δ) Δεν γνωρίζω.*

Ερώτηση 6: (Πολιτισμική)

Στην καθημερινή γλώσσα, για να απαντηθεί το ερώτημα «πόσο γρήγορα κινείται μια μοτοσυκλέτα;» χρησιμοποιείται η έννοια της ταχύτητας. Στη γλώσσα της Φυσικής η ταχύτητα αυτή εκφράζει μόνο:

(Επιλέξτε μόνο μία από τις ακόλουθες προτάσεις.)

- α) τη μέση ταχύτητα*
- β) τη στιγμιαία ταχύτητα*
- γ) τη μέση διανυσματική ταχύτητα*
- δ) Δεν γνωρίζω.*



Ερώτηση 7: (Εννοιολογική)

Το εμβαδό που περικλείεται από τη γραφική παράσταση $a-t$ με τον άξονα των χρόνων, t , για το χρονικό διάστημα από t_1 έως t_2 παριστάνει:

(Επιλέξτε μόνο μία από τις ακόλουθες προτάσεις.)

- α) τη μετατόπιση*
- β) τη στιγμιαία ταχύτητα*
- γ) τη μεταβολή της ταχύτητας*
- δ) Δεν γνωρίζω.*

Ερώτηση 8: (Μεθοδολογική)

Σε πείραμα που πραγματοποιήσατε στην ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση, πήρατε τον ακόλουθο πίνακα μετρήσεων και υπολογίσατε τα μεγέθη v , t και a . Λείπει η τρίτη τιμή της επιτάχυνσης (στην τελευταία στήλη). Αφού την υπολογίσετε, επιλέξτε τη σωστή απάντηση:

(Επιλέξτε μόνο μία από τις ακόλουθες προτάσεις.)

$\Delta x(\text{cm})$	$\Delta t(\text{s})$	$v(\text{cm/s})$	$t(\text{s})$	$a(\text{cm/s}^2)$
2.8	0.2	14	0.1	82.5
6.1	0.2	30.5	0.3	85
9.5	0.2	47.5	0.5	?
12.9	0.2	64.5	0.7	82.5
16.2	0.2	81	0.9	—

- α) 82.5
- β) 85
- γ) 95
- δ) Δεν γνωρίζω.

Εξηγείστε τη διαδικασία απόδειξης:

Ερώτηση 9: (Πολιτισμική)

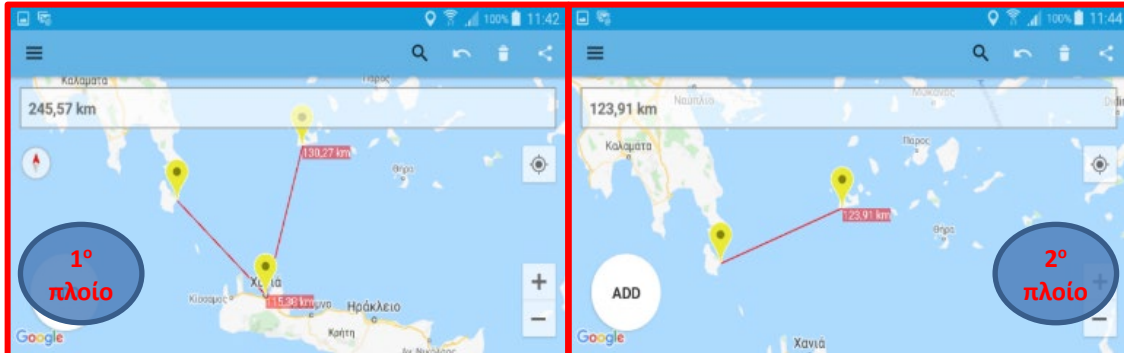
Το alter ego του Γαλιλαίου στο βιβλίο "Δύο Νέες Επιστήμες" είχε συλλάβει δύο πιθανούς τρόπους περιγραφής της αλλαγής της ταχύτητας. Θα λέγαμε ότι πρόκειται για τα μεγέθη $\Delta v/\Delta t$ και $\Delta v/\Delta s$. Ο Γαλιλαίος απορρίπτει το πρώτο:

(Επιλέξτε μόνο μία από τις ακόλουθες προτάσεις.)

- α) για λόγους που υπαγορεύονται από κριτήρια κομψότητας και απλότητας.
- β) μετά από μαθηματικούς υπολογισμούς.
- γ) επειδή ήταν γνωστό ότι η ελεύθερη πτώση (δηλαδή η κίνηση που θέλει να περιγράψει) είναι ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση ως προς το $\Delta v/\Delta t$ και όχι ως προς το $\Delta v/\Delta s$.

δ) Δεν γνωρίζω.

Ερώτηση 10:



Δύο πειρατικά πλοία ξεκινούν ταυτόχρονα από το νησί των Κηθύρων με προορισμό τη Μήλο για την οποία υπάρχει η πληροφορία ότι εκεί βρίσκεται ο θησαυρός. Το 1^ο πλοίο όμως θα πρέπει να κάνει μια ενδιάμεση στάση και να δέσει πρώτα στα Χανιά για ανεφοδιασμό, όπως φαίνεται στο πρώτο σχήμα. Η πορεία του 2^{ου} πλοίου φαίνεται στο δεύτερο σχήμα.

Όπως φαίνεται στα σχήματα, το 1^ο πλοίο διανύει περίπου διπλάσια απόσταση από το 2^ο και θα πρέπει ωστόσο να προφτάσει το 2^ο πλοίο που διανύει μόλις μια απόσταση 123,91 km. Θα τα καταφέρει;

Ο Γιάννης, μαθητής στο Α1, αναζητώντας παλιά βιβλία ναυτικών, βρίσκει ότι η μέση ταχύτητα ενός πειρατικού πλοίου θα μπορούσε να είναι ίση με 60 km/h. Όλα τα παιδιά του τμήματος συμφωνούν να αποδώσουν την ταχύτητα αυτή στο 2^ο πλοίο. Θεωρούν δηλαδή, ότι το 2^ο πλοίο κινείται με ταχύτητα $v = 60 \text{ km/h}$. Οι μαθητές γνωρίζουν ότι η ταχύτητα είναι απόσταση προς χρόνο και υπολογίζουν το χρόνο της διαδρομής που διανύει το 2^ο πλοίο από τα Κήθυρα στη Μήλο:

$$v = \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow 60 \text{ km/h} = \frac{123,91 \text{ km}}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{123,91 \text{ km}}{60 \text{ km/h}} \Rightarrow \underline{\Delta t = 2,065 \text{ h}}$$

Το 1^ο πλοίο που θα κάνει μεγαλύτερη διαδρομή (Κήθυρα-Χανιά-Μήλος), δηλαδή συνολικά 245,57 km, θα πρέπει να φτάσει στο νησί του θησαυρού, στη Μήλο, το πολύ σε $\Delta t = 2,065 \text{ h}$. Επομένως, θα πρέπει να κινηθεί με ταχύτητα:

Με βάση το αποτέλεσμα που προέκυψε, ο Γιάννης ισχυρίζεται ότι είναι εφικτό και όχι ακατόρθωτο για το 1^ο πλοίο να καταφέρει να φτάσει στο νησί του θησαυρού. Δίνει μη

μηδενικές πιθανότητες στο 1^ο πλοίο να προλάβει το 2^ο πλοίο. Ποια από όλα τα προηγούμενα στοιχεία (ίσως και άλλα επιπλέον), οδήγησαν τον Γιάννη:

α) στον υπολογισμό της ταχύτητας και β) στο συμπέρασμα αυτό;

Δικαιολογείστε την επιλογή των στοιχείων.

Η Μαρία, μια μαθήτρια του ίδιου τμήματος, ισχυρίζεται ότι ο Γιάννης έχει κάνει λάθος τόσο στον υπολογισμό της ταχύτητας όσο και στο συμπέρασμα στο οποίο κατέληξε. Ισχυρίζεται ότι ο Γιάννης υπολόγισε τη μέση ταχύτητα ενώ θα έπρεπε να υπολογίσει τη μέση διανυσματική ταχύτητα. Έτσι, η Μαρία καταλήγει στο συμπέρασμα ότι τα δύο πλοία κινούνται με ακριβώς την ίδια μέση διανυσματική ταχύτητα. Επομένως, δεδομένου ότι το 1^ο πλοίο διανύει περίπου τη διπλάσια διαδρομή, θα φτάσει στον προορισμό του και στο διπλάσιο χρόνο. Συνεπώς, το 2^ο πλοίο που θα φτάσει νωρίτερα, θα προλάβει να πάρει το θησαυρό. Ποια από όλα τα στοιχεία (ίσως και άλλα επιπλέον), οδήγησαν τη Μαρία στο συμπέρασμα αυτό; Δικαιολογείστε την επιλογή των στοιχείων.

		<p>Να αναγνωρίσουν ότι η θέση δεν έχει μήκος.</p> <p>Έκβαση στους λειτουργικούς ορισμούς της απόστασης και της μετατόπισης.</p> <p>Να συμπεράνουν ότι η μετατόπιση είναι διανυσματικό μέγεθος και το μέτρο της δεν ταυτίζεται πάντα με την απόσταση.</p> <p>Να συνδέουν μια γραφική παράσταση με έννοιες της Φυσικής.</p>	<p>και τον καθορισμό κλίμακας για τη μελέτη της κίνησης.</p> <p>Να ερμηνεύουν μια γραφική παράσταση.</p> <p>Να κατασκευάζουν μια γραφική παράσταση από έναν πίνακα τιμών.</p>	<p>Αντιμετώπιση εναλλακτικής άποψης σύμφωνα με την οποία η απόσταση που διανύει ένα σώμα και η μετατόπιση, ταυτίζονται.</p> <p>Να γίνει αντιληπτό ότι πολλές έννοιες της Φυσικής έχουν διαφορετικό νόημα με τις αντίστοιχες λέξεις που χρησιμοποιούνται στην καθημερινή ζωή όπως για παράδειγμα η έννοια «γεγονός».</p>
3 ^η & 4 ^η	<p>Πώς χρησιμοποιούνται οι έννοιες μέση ταχύτητα, μέση διανυσματική ταχύτητα και στιγμιαία ταχύτητα για την περιγραφή της κίνησης ενός σώματος;</p>	<p>Έκβαση στους λειτουργικούς ορισμούς των εννοιών: μέση ταχύτητα, μέση διανυσματική ταχύτητα και στιγμιαία ταχύτητα.</p> <p>Να υπολογίζουν τη μέση ταχύτητα και τη μέση διανυσματική ταχύτητα από τα πειραματικά δεδομένα θέσης x και χρόνου t.</p> <p>Να ερμηνεύουν το πρόσημο στη διανυσματική ταχύτητα.</p>	<p>Να αναζητούν πηγές για τον εντοπισμό ορισμών φυσικών μεγεθών.</p> <p>Να σχεδιάζουν πειραματικές διαδικασίες που θα οδηγήσουν στην έκβαση και διατύπωση λειτουργικών ορισμών των εννοιών: μέση ταχύτητα, μέση διανυσματική ταχύτητα και στιγμιαία ταχύτητα.</p> <p>Να συλλέγουν όλα τα δεδομένα που έλαβαν ή</p>	<p>Να αντιλαμβάνονται την έννοια του λειτουργικού ορισμού ενός φυσικού μεγέθους σε αντιδιαστολή με έναν αυθαίρετο ορισμό.</p> <p>Αντιμετώπιση εναλλακτικών ιδεών όπως «<i>Η ταχύτητα δίνει πληροφορίες για το πόσο γρήγορα κινείται ένα αντικείμενο και μόνο αυτό</i>» και «<i>Εάν ένα αντικείμενο μετακινηθεί από την αρχική του θέση και επιστρέψει σε</i></p>


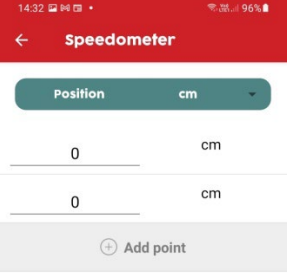

		<p>Να αποφασίζουν για το βαθμό συσχέτισης ανάμεσα στις έννοιες: μέση ταχύτητα και μέση διανυσματική ταχύτητα.</p> <p>Να ερμηνεύουν πίνακα μετρήσεων που λαμβάνουν από την αντίστοιχη εφαρμογή του smartphone και να εξηγούν πώς προκύπτουν τα μεγέθη dt, dx και v_M που υπάρχουν στον πίνακα μετρήσεων.</p> <p>Να ερμηνεύουν διάγραμμα $v-t$ και να περιγράφουν την κίνηση χρησιμοποιώντας τις έννοιες που διδάχθηκαν.</p>	<p>επεξεργάστηκαν για να καταλήγουν σε συμπεράσματα.</p> <p>Να επιλέγουν κριτήρια για να αποφασίσουν για το αποτέλεσμα ενός αγώνα ταχύτητας.</p> <p>Να εντοπίζουν τα ελλιπή στοιχεία της διαδικασίας των αγώνων ταχύτητας που έχουν ως αποτέλεσμα να μην είναι σαφές ποιος είναι ο νικητής.</p> <p>Να προτείνουν νέους κανόνες διεξαγωγής των αγώνων έτσι ώστε να είναι σαφές το αποτέλεσμα και ο νικητής των αγώνων.</p>	<p>αυτή, η μέση διανυσματική ταχύτητά του κατά τη διάρκεια της κίνησης δεν είναι δυνατό να είναι μηδέν».</p> <p>Να αντιληφθούν ότι μπορούν να ελέγξουν ένα συμπέρασμα στο οποίο κατέληξαν συγκρίνοντάς το με την άποψη της επιστημονικής κοινότητας, των ειδικών, για το αποτέλεσμα αυτό.</p> <p>Να επιλύουν μια διαφωνία, πχ σχετικά με το αποτέλεσμα ενός αγώνα ταχύτητας, χρησιμοποιώντας αποδεικτικά στοιχεία και τις κατάλληλες έννοιες περιγραφής της κίνησης.</p> <p>Να μπορούν να εφαρμόζουν τη γνώση που απέκτησαν σε νέο πλαίσιο και περίσταση της καθημερινής ζωής.</p>
--	--	--	---	--

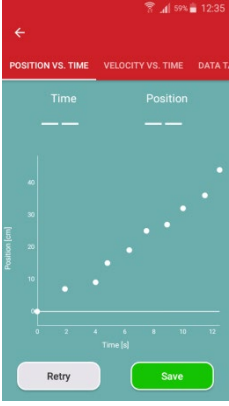
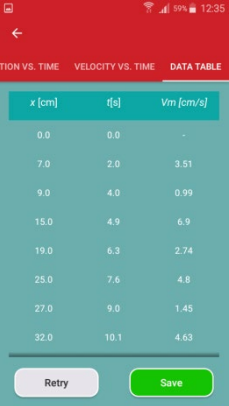
Διδακτική ώρα	Κατάσταση – Πρόβλημα	Διδακτικοί Στόχοι		
		Εννοιολογικοί	Μεθοδολογικοί	Πολιτισμικοί
5 ^η & 6 ^η	Πώς χρησιμοποιούνται οι έννοιες ταχύτητα και επιτάχυνση για την περιγραφή	Να αναγνωρίζουν οι μαθητές την επιτάχυνση ως ένα νέο μέγεθος για την περιγραφή μιας κίνησης όπου	Διατύπωση υποθέσεων και έλεγχος με τη βοήθεια πίνακα τιμών και γραφικών παραστάσεων.	Να αντιλαμβάνονται, μέσω της ιστορικής εξέλιξης των εννοιών, ότι οι επιστημονικές


της κίνησης ενός σώματος;	<p>η ταχύτητα μεταβάλλεται.</p> <p>Να αντιλαμβάνονται το διαφορετικό εννοιολογικό περιεχόμενο των εννοιών: ταχύτητα και επιτάχυνση.</p> <p>Αντιμετώπιση της εναλλακτικής ιδέας σύμφωνα με την οποία όταν η ταχύτητα είναι μηδέν τότε είναι και η επιτάχυνση.</p> <p>Να διαπιστώνουν τις διαφορές και τις ομοιότητες ανάμεσα στην ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη και την ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση.</p> <p>Να περιγράφουν και να ερμηνεύουν τις γραφικές παραστάσεις $x-t$, $v-t$ και $a-t$ στην ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση.</p>	<p>Ανάλυση δεδομένων μέσω πίνακα τιμών και γραφικής παράστασης.</p> <p>Διερεύνηση και επιλογή της καταλληλότερης διαδικασίας που θα οδηγήσει στο λειτουργικό ορισμό της έννοιας της επιτάχυνσης.</p>	<p>έννοιες είναι δημιουργήματα της ανθρώπινης φαντασίας και ευφυΐας.</p> <p>Αντιμετώπιση της εναλλακτικής ιδέας σύμφωνα με την οποία, η ταχύτητα και η επιτάχυνση ταυτίζονται.</p> <p>Να επιλύουν προβλήματα της καθημερινής ζωής χρησιμοποιώντας έννοιες και μεθόδους που χρησιμοποιεί η επιστημονική κοινότητα.</p>
---------------------------	--	--	---

Παράρτημα Γ: Διαγράμματα με βέλη

Διάγραμμα με βέλη – 1 (Arrows diagram)			
α/α	Αξιολόγηση Αποδεικτικών Στοιχείων (Evidence Goodness Rating)	Μοντέλο 1 (για την έννοια)	Μοντέλο 2 (για την έννοια)

<p>1.</p>	<p>Κατασκευή χάρτη, δημιουργία κλίμακας</p>  <p>Βαθμολογία: (από 0 έως 2) <input type="text"/></p>	<p>Η θέση ενός κινητού παριστάνει απόσταση που διανύει ένα σώμα.</p>	<p>Η θέση ενός κινητού δεν παριστάνει απόσταση που διανύει ένα σώμα.</p>
<p>2.</p> <p>Speedometer (Εργαλείο του Smartphone):</p>  <p>Βαθμολογία: (από 0 έως 2) <input type="text"/></p>		<p>Σημειώστε με κύκλο το καλύτερο μοντέλο:</p> <p>1 ή 2</p> <p>Η θέση και η χρονική στιγμή είναι δύο έννοιες που συνδέονται άρρηκτα μεταξύ τους.</p> <p>Η θέση και η χρονική στιγμή είναι δύο έννοιες που δε συνδέονται άρρηκτα μεταξύ τους.</p> <p>Σημειώστε με κύκλο το καλύτερο μοντέλο:</p> <p>1 ή 2</p>	
<p>3.</p>	<p>Δυνατότητα δημιουργίας της πορείας του πλοίου και μετρήσεις επάνω στο χάρτη.</p>  <p>Βαθμολογία: (από 0 έως 2) <input type="text"/></p>	<p>Η έννοια της απόστασης ταυτίζεται με την έννοια της μετατόπισης.</p>	<p>Η έννοια της απόστασης δεν ταυτίζεται με την έννοια της μετατόπισης.</p>
		<p>Σημειώστε με κύκλο το καλύτερο μοντέλο:</p> <p>1 ή 2</p>	

<p>4.</p>	<p>Μελέτη γραφικής παράστασης.</p>  <p>Βαθμολογία: (από 0 έως 2)</p> <input data-bbox="571 683 671 779" type="text"/>	<p>Η κίνηση μπορεί να περιγραφεί με τις έννοιες: θέση, χρόνος, χρονικό διάστημα, μετατόπιση.</p>	<p>Η κίνηση δεν μπορεί να περιγραφεί με τις έννοιες: θέση, χρόνος, χρονικό διάστημα, διάστημα, μετατόπιση.</p>	
<p>5.</p>		<p>Κατασκευή γραφικής παράστασης από πίνακα μετρήσεων.</p>  <p>Βαθμολογία: (από 0 έως 2)</p> <input data-bbox="571 1391 671 1487" type="text"/>	<p>Σε μια πειραματική διαδικασία, η γραφική παράσταση κατασκευάζεται από πίνακα μετρήσεων.</p>	<p>Σε μια πειραματική διαδικασία, η γραφική παράσταση δεν κατασκευάζεται από πίνακα μετρήσεων.</p>
<p>Σημειώστε με κύκλο το καλύτερο μοντέλο:</p> <p style="text-align: center;">1 ή 2</p>		<p>Σημειώστε με κύκλο το καλύτερο μοντέλο:</p> <p style="text-align: center;">1 ή 2</p>		

<p>2.</p>	<p>Πίνακας μετρήσεων για τον υπολογισμό της μέσης και της μέσης διανυσματικής ταχύτητας:</p> <table border="1" data-bbox="352 376 659 517"> <thead> <tr> <th>α/α</th> <th>Διαδρομή</th> <th>Χρόνος t(s)</th> <th>Διάστημα s (cm)</th> <th>Μετατόπιση x (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>AB [Σίματος-Σίματος]</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>BA [Σίματος-Σίματος]</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>AT [Σίματος-Κιάτος]</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>BT [Σίματος-Κιάτος]</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Βαθμολογία: (από 0 έως 2)</p> 	α/α	Διαδρομή	Χρόνος t(s)	Διάστημα s (cm)	Μετατόπιση x (cm)	1	AB [Σίματος-Σίματος]				2	BA [Σίματος-Σίματος]				3	AT [Σίματος-Κιάτος]				4	BT [Σίματος-Κιάτος]				<p>Η μέση ταχύτητα και η μέση διανυσματική ταχύτητα ταυτίζονται στις ευθύγραμμες κινήσεις.</p>	<p>Η μέση ταχύτητα και η μέση διανυσματική ταχύτητα δεν ταυτίζονται στις ευθύγραμμες κινήσεις.</p>
α/α	Διαδρομή	Χρόνος t(s)	Διάστημα s (cm)	Μετατόπιση x (cm)																								
1	AB [Σίματος-Σίματος]																											
2	BA [Σίματος-Σίματος]																											
3	AT [Σίματος-Κιάτος]																											
4	BT [Σίματος-Κιάτος]																											
<p>3.</p>		<p>Σώμα με διανυσματική ταχύτητα 5cm/s κινείται το ίδιο γρήγορα με σώμα που έχει διανυσματική ταχύτητα -5cm/s καθώς $5\text{cm/s} = -5 \text{cm/s}$.</p>	<p>Σώμα με διανυσματική ταχύτητα 5cm/s κινείται πιο γρήγορα από σώμα που έχει διανυσματική ταχύτητα -5cm/s καθώς $5\text{cm/s} > -5\text{cm/s}$.</p>																									
<p>4.</p>		<p>Η ταχύτητα στην τρίτη στήλη του πίνακα μετρήσεων αναφέρεται σε ένα χρονικό διάστημα.</p>	<p>Η ταχύτητα στην τρίτη στήλη του πίνακα μετρήσεων αναφέρεται σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή.</p>																									



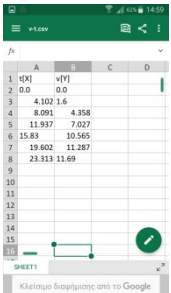
5.	<p>Γραφική παράσταση v-t από τη λήψη δεδομένων της εφαρμογής του smartphone, Speedometer.</p> 	<p>Για πολύ μικρό χρονικό διάστημα, η μέση διανυσματική ταχύτητα ταυτίζεται με τη στιγμιαία ταχύτητα.</p>	<p>Για πολύ μικρό χρονικό διάστημα, η μέση διανυσματική ταχύτητα ταυτίζεται με τη μέση ταχύτητα.</p>
	<p>Βαθμολογία: (από 0 έως 2)</p> <div style="border: 1px solid blue; border-radius: 15px; width: 40px; height: 40px; background-color: lightblue; margin-left: auto; margin-right: auto;"></div>	<p>Σημειώστε με κύκλο το καλύτερο μοντέλο:</p> <p style="font-size: 24px; font-weight: bold;">1 ή 2</p>	

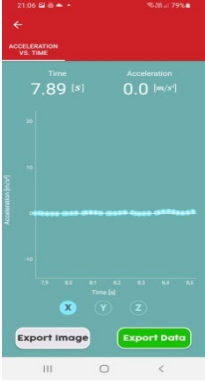
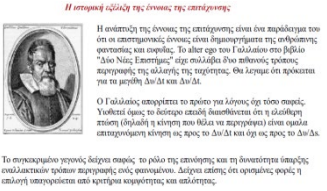
- ✚ Για όλα τα αποδεικτικά στοιχεία που καταγράφονται στην αριστερή στήλη, βεβαιωθείτε ότι τα έχετε βαθμολογήσει σε κλίμακα από 0 έως 2 (αποδώστε τους βαθμούς 0, 1 ή 2).
- ✚ Σχεδιάστε με βέλη (όπως εξηγούνται στη συνέχεια) για να δείξετε πόσο ισχυρά συνδέεται το κάθε αποδεικτικό στοιχείο της αριστερής στήλης με τα μοντέλα 1 και 2 που αφορούν στην κάθε έννοια (θέση, μετατόπιση, απόσταση κλπ). Το πόσο ισχυρά το κάθε αποδεικτικό στοιχείο υποστηρίζει τα αντίστοιχα μοντέλα (1 ή 2) αποδίδεται με ένα από τα ακόλουθα βέλη:

Δε σχετίζεται:	----->
Έρχεται ισχυρά σε αντίθεση:	=><=>
Έρχεται σε αντίθεση:	-><=>
Υποστηρίζει:	=>
Υποστηρίζει ισχυρά:	==>






- ✚ Βεβαιωθείτε ότι για κάθε αποδεικτικό στοιχείο επιλέγετε το πιο κατάλληλο μοντέλο (1 ή 2) και το σημειώνετε με κύκλο στην αντίστοιχη θέση του πίνακα.

Διάγραμμα με βέλη – 3 (Arrows diagram)

α/α	Αξιολόγηση Αποδεικτικών Στοιχείων (Evidence Goodness Rating)	Μοντέλο 1 (για την έννοια)	Μοντέλο 2 (για την έννοια)
1.	<p>Κείμενο 5: Τρία πλοία για το νησί του θησαυρού. [Απόσπασμα από ημερολόγιο]</p>  <p>Βαθμολογία: (από 0 έως 2) <input style="width: 40px; height: 30px; border: 1px solid blue; border-radius: 10px;" type="text"/></p>	<p>Η επίλυση προβλημάτων καθημερινής ζωής διευκολύνεται και επιτυγχάνεται με τη χρήση επιστημονικών μεθόδων και εννοιών.</p>	<p>Η επίλυση προβλημάτων καθημερινής ζωής γίνεται πιο πολύπλοκη και δύσκολη με τη χρήση επιστημονικών μεθόδων και εννοιών.</p>
		<p>Σημειώστε με κύκλο το καλύτερο μοντέλο:</p> <p style="font-size: 1.2em;">1 ή 2</p>	
2.	<p>Γραφικές παραστάσεις v-t, x-t από τη λήψη δεδομένων της εφαρμογής του smartphone, Speedometer.</p>  <p>Βαθμολογία: (από 0 έως 2) <input style="width: 40px; height: 30px; border: 1px solid blue; border-radius: 10px;" type="text"/></p>	<p>Στην ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση η ταχύτητα παραμένει σταθερή και η επιτάχυνση αυξάνεται ομαλά με το χρόνο.</p>	<p>Στην ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση η ταχύτητα αυξάνεται ομαλά με το χρόνο και η επιτάχυνση παραμένει σταθερή.</p>
		<p>Σημειώστε με κύκλο το καλύτερο μοντέλο:</p> <p style="font-size: 1.2em;">1 ή 2</p>	
3.	<p>Πίνακας μετρήσεων και επινόηση κατάλληλης έννοιας.</p> 	<p>Το πηλίκο $\Delta v / \Delta x$ είναι πιο κατάλληλο από το πηλίκο $\Delta v / \Delta t$ να περιγράψει την ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση.</p>	<p>Το πηλίκο $\Delta v / \Delta t$ είναι πιο κατάλληλο από το πηλίκο $\Delta v / \Delta x$ να περιγράψει την ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση.</p>

	Βαθμολογία: (από 0 έως 2) <input data-bbox="576 203 673 297" type="text"/>	Σημειώστε με κύκλο το καλύτερο μοντέλο: 1 ή 2	
4.	Γραφική παράσταση a-t από τη λήψη δεδομένων της εφαρμογής του smartphone, Accelerometer.  Βαθμολογία: (από 0 έως 2) <input data-bbox="576 891 673 985" type="text"/>	Όταν η επιτάχυνση είναι μηδέν είναι πάντα και η ταχύτητα μηδέν.	Όταν η επιτάχυνση είναι μηδέν δεν είναι πάντα και η ταχύτητα μηδέν.
5.	Κείμενο 6: Η ιστορική εξέλιξη της έννοιας της επιτάχυνσης.  Βαθμολογία: (από 0 έως 2) <input data-bbox="576 1512 673 1606" type="text"/>	Ο Γαλιλαίος απέδειξε αλγεβρικά ότι η ελεύθερη πτώση είναι ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση ως προς $\Delta u/\Delta t$ και όχι ως προς το $\Delta u/\Delta s$.	Ο Γαλιλαίος διαισθάνθηκε ότι η ελεύθερη πτώση είναι ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση ως προς $\Delta u/\Delta t$ και όχι ως προς το $\Delta u/\Delta s$.
		Σημειώστε με κύκλο το καλύτερο μοντέλο: 1 ή 2	

- ✚ Για όλα τα αποδεικτικά στοιχεία που καταγράφονται στην αριστερή στήλη, βεβαιωθείτε ότι τα έχετε βαθμολογήσει σε κλίμακα από 0 έως 2 (αποδώστε τους βαθμούς 0, 1 ή 2).
- ✚ Σχεδιάστε με βέλη (όπως εξηγούνται στη συνέχεια) για να δείξετε πόσο ισχυρά συνδέεται το κάθε αποδεικτικό στοιχείο της αριστερής στήλης με τα μοντέλα 1 και 2 που αφορούν στην κάθε έννοια (θέση, μετατόπιση, απόσταση κλπ). Το πόσο ισχυρά το κάθε αποδεικτικό στοιχείο υποστηρίζει τα αντίστοιχα μοντέλα (1 ή 2) αποδίδεται με ένα από τα ακόλουθα βέλη:

Δε σχετίζεται:	
Έρχεται ισχυρά σε αντίθεση:	
Έρχεται σε αντίθεση:	
Υποστηρίζει:	
Υποστηρίζει ισχυρά:	

- ✚ Βεβαιωθείτε ότι για κάθε αποδεικτικό στοιχείο επιλέγετε το πιο κατάλληλο μοντέλο (1 ή 2) και το σημειώνετε με κύκλο στην αντίστοιχη θέση του πίνακα.

Παράρτημα Δ: Δομημένη συνέντευξη

1. Σας άρεσε η χρήση κινητών για την πραγματοποίηση πειραμάτων; Τη βρήκατε ενδιαφέρουσα; Είχατε χρησιμοποιήσει κινητά τηλέφωνα στο παρελθόν στο πλαίσιο σχολικών πειραμάτων;
2. Κατά τη διάρκεια των διδακτικών παρεμβάσεων και της πραγματοποίησης των πειραμάτων χρειάστηκε είτε να χρησιμοποιήσετε αποδεικτικά στοιχεία που σας δόθηκαν (ημερολόγιο πειρατή, γραφικές παραστάσεις, πίνακες τιμών, κείμενο πάνω στην ιστορία της Φυσικής σχετικό με τον Γαλιλαίο, αισθητήρες που υπάρχουν στο κινητό κλπ) είτε να επινοήσετε δικά σας για να οδηγηθείτε σε κάποιο επιστημονικό αποτέλεσμα.
 - i. Σας βοήθησε η χρήση των αποδεικτικών στοιχείων για να οδηγηθείτε σε κάποιο επιστημονικό αποτέλεσμα;
 - ii. Θα ήταν εύκολο να οδηγηθείτε στα συγκεκριμένα επιστημονικά αποτελέσματα χωρίς τη χρήση αποδεικτικών στοιχείων;
3. Η χρήση κινητών σας έδωσε τη δυνατότητα να συνδέσετε απευθείας την πραγματική κίνηση με τις γραφικές παραστάσεις. Προκαλούσατε στο εργαστήριο μια πραγματική κίνηση και παρατηρούσατε ταυτόχρονα τη γραφική απεικόνιση αφηρημένων εννοιών της Φυσικής. Είχατε στο παρελθόν μια τέτοια μαθησιακή εμπειρία;
4. Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων κληθήκατε να απαντήσετε σε πραγματικά προβλήματα που προέκυψαν από τα γεγονότα που περιγράφονταν στο ημερολόγιο του πειρατή. Σχεδιάσατε πειράματα για να απαντήσετε στα προβλήματα που προέκυπταν από τις ιστορίες που περιγράφονταν στο ημερολόγιο. Με βάση τα παραπάνω:
 - vii) Βρήκατε ενδιαφέρουσα τη χρήση της διερευνητικής μεθόδου, IBSE;
 - viii) Πώς τη συγκρίνετε με την παραδοσιακή διδασκαλία όπου καλείστε να μάθετε τη θεωρία και να λύσετε ασκήσεις;
 - ix) Η σύνδεση των εννοιών της φυσικής με πραγματικά προβλήματα της ζωής σας φάνηκε ενδιαφέρουσα;
 - x) Η συσχέτιση με την πραγματικότητα αυξάνει την περιέργεια;
 - xi) Η συσχέτιση με την πραγματικότητα αυξάνει το ενδιαφέρον;
 - xii) Η συσχέτιση με την πραγματικότητα αυξάνει τα κίνητρα για μάθηση;

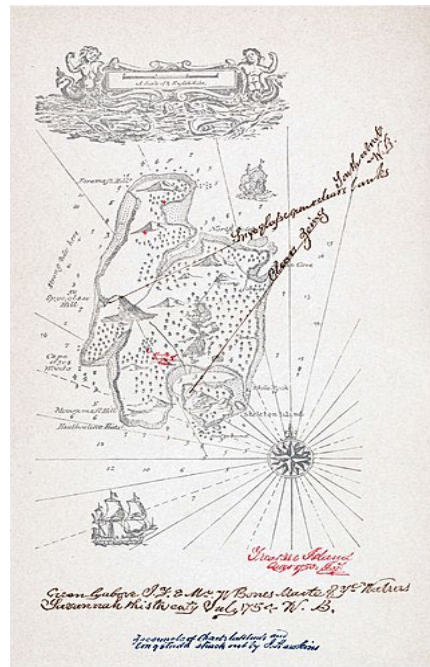
5. Πώς αντιλαμβάνεστε την επίδοσή σας στα πειράματα με κινητό και σε συνδυασμό με τη διερευνητική μάθηση σε σχέση με την επίδοσή σας στη συμβατική διδασκαλία;

Παράρτημα Ε: Φύλλα Εργασίας

Όνοματεπώνυμο: _____

Φύλλο Εργασίας 1

«Από τον Κάβο Ματαπά σαράντα μίλια μακριά κι από το Κάβο Γκρόσο σαράντα κι άλλο τόσο.» Ναυτική παροιμία



<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CE%>

ΚΕΙΜΕΝΟ 1: ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ

Το πείραμα: Ο κρυμμένος θησαυρός

Ο σκοπός	Οι έννοιες	Εργαλείο της εφαρμογής του smartphone
Οι μαθητές θα καθοδηγηθούν στη διατύπωση των λειτουργικών ορισμών και θα διερευνήσουν τις διαφορές ανάμεσα στη μετατόπιση, την τροχιά και την απόσταση.	Θέση, μετατόπιση, τροχιά, απόσταση.	Speedometer

Σε μια παραλία βρίσκετε ένα παλιό χειρόγραφο ημερολόγιο το μεγαλύτερο μέρος του οποίου είναι μέσα στην άμμο. Το ημερολόγιο είναι λίγο υγρό και μόνο λίγες από τις

σελίδες του παραμένουν ανέπαφες. Με λίγη υπομονή και πολύ μεθοδικό διάβασμα, καταφέρνετε να ανακαλύψετε ότι αυτό ανήκε σε έναν μυστηριώδη πειρατή ο οποίος, όπως αναφέρεται στο ημερολόγιο, το 1803 ήταν μέλος του πληρώματος του Μαλτέζου πειρατή Lorezzo Calamatta. Το πλοίο έπιασε στεριά μεταξύ άλλων και στην παραλία όπου εσείς βρήκατε το ημερολόγιο. Το πλοίο είχε ως προορισμό το νησί του θησαυρού.

Το ημερολόγιο αναφέρει την περιπετειώδη ιστορία του ταξιδιού του πειρατικού πλοίου στο Αιγαίο πέλαγος και στις τελευταίες σελίδες αναφέρεται ότι υπάρχει μια μεγάλη ανταμοιβή για όποιον κατορθώσει να επαναλάβει τη διαδρομή του πειρατικού πλοίου του Lorezzo Calamatta.

Προτείνετε σε μια ομάδα φίλων σας να επαναλάβετε το ταξίδι με σκοπό να καταλάβετε που είναι ο θησαυρός και να τον ανακτήσετε.

ΥΛΙΚΑ

Ένα κομμάτι χαρτί, χάρτης, μιλιμετρέ χαρτί, χαρτοταινία, στυλό, χάρακα, φύλλο εργασίας, smartphone.

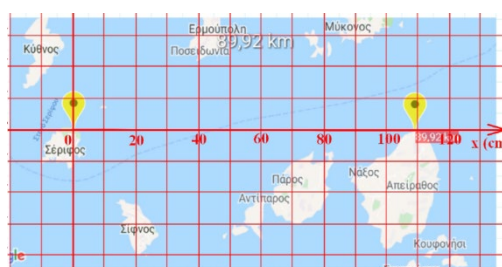
ΧΡΟΝΟΣ

80 – 90 min.

Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Βήμα 1: Χαρτογράφηση του Αρχιπελάγους

Για να δημιουργήσετε το χάρτη μιας περιοχής από όπου πέρασε το πλοίο:



1. Χρησιμοποιείτε τη χαρτοταινία για να κολλήσετε το κομμάτι χαρτί (ή το χάρτη) επάνω στο τραπέζι. Χωρίστε το εμβαδό του χαρτιού σε κατακόρυφες και σε οριζόντιες ζώνες όπως φαίνεται στο σχήμα. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε και διαφανές μιλιμετρέ χαρτί.
2. Βρείτε την οριζόντια γραμμή που είναι στο κέντρο του χαρτιού και με ένα μαρκαδόρο ή στυλό χωρίστε το σε 12 μέρη, όπως φαίνεται στο σχήμα.

Βαθμονομήστε τα σημεία αυτά σε κλίμακα τέτοια ώστε δύο γειτονικά σημεία να απέχουν 10 cm επάνω στο χάρτη, αρχίζοντας από 0 cm και φτάνοντας στη θέση 120 cm.

3. Κατασκευάστε το χάρτινο πλοίο σας χρησιμοποιώντας ένα τετράγωνο κομμάτι χαρτί.
4. Σχεδιάστε τα νησιά ακολουθώντας το διάγραμμα του σχήματος.
5. Σχεδιάστε την πορεία του πλοίου.

Όταν ολοκληρωθούν τα βήματα αυτά θα έχουμε μια αναπαράσταση περιοχές από όπου πέρασε το πειρατικό πλοίο στη διάρκεια του ταξιδιού του.

Ερωτήσεις:

- Τοποθετείστε το πλοίο σε μια θέση επάνω στο χάρτη. Τι παριστάνει ένας αριθμός στην οριζόντια κλίμακα;

- Τι παριστάνει ένας αριθμός στην κατακόρυφη κλίμακα;

- Από ποιους αριθμούς περιγράφεται η θέση του πλοίου;

- Τι παριστάνει η θέση του πλοίου; [ή τι ΔΕΝ παριστάνει η θέση του πλοίου;]

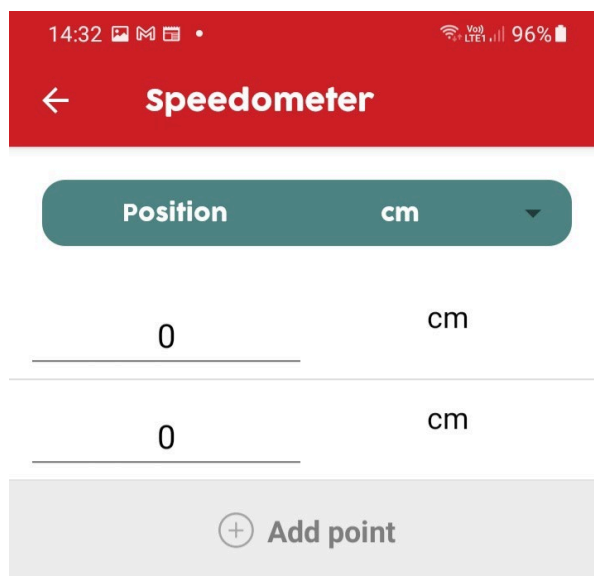
- Μετακινείτε το πλοίο οριζόντια. Μπορείτε να παραστήσετε την αλλαγή της θέσης του πλοίου με έναν τέτοιο αριθμό;

-
-
-
-
-
- Η τιμή της θέσης έχει μήκος;
-
-
-
-

Βήμα 2: Επιλέγοντας τους ρόλους

Τώρα που έχετε κατασκευάσει το γενικό χάρτη, μπορείτε να αναλάβετε τους εξής ρόλους: Ο μαθητής Α θα είναι ο επιμελητής/φροντιστής που θα μετακινεί το πλοίο σύμφωνα με την πορεία που δημιουργήσατε στο προηγούμενο βήμα. Ο μαθητής Β θα ενημερώνει κάθε φορά που το πλοίο περνά από τη σημειωμένη θέση επάνω στο χάρτη. Ο μαθητής Γ, ο χαρτογράφος, θα στέκεται στη μία άκρη της πορείας και επιλέγει το κουμπί του ταχυμέτρου (Speedometer) που αποτελεί εργαλείο της εφαρμογής του smartphone. Έτσι, μπορεί να:

- μετρήσει τη χρονική στιγμή που το πλοίο βρίσκεται σε μια θέση
- μετρήσει το χρόνο που χρειάζεται το πλοίο να ταξιδέψει από τη μια στην άλλη θέση που σημειώνονται κατά μήκος της πορείας.



Πάρτε δοκιμαστικές μετρήσεις:

- χρονικής στιγμής – θέσης
- χρονικού διαστήματος – απόστασης

Ο μαθητής Δ θα είναι υπεύθυνος για την ενημέρωση ότι τα πειραματικά δεδομένα θα πρέπει να αποθηκευτούν.

Ερωτήσεις:

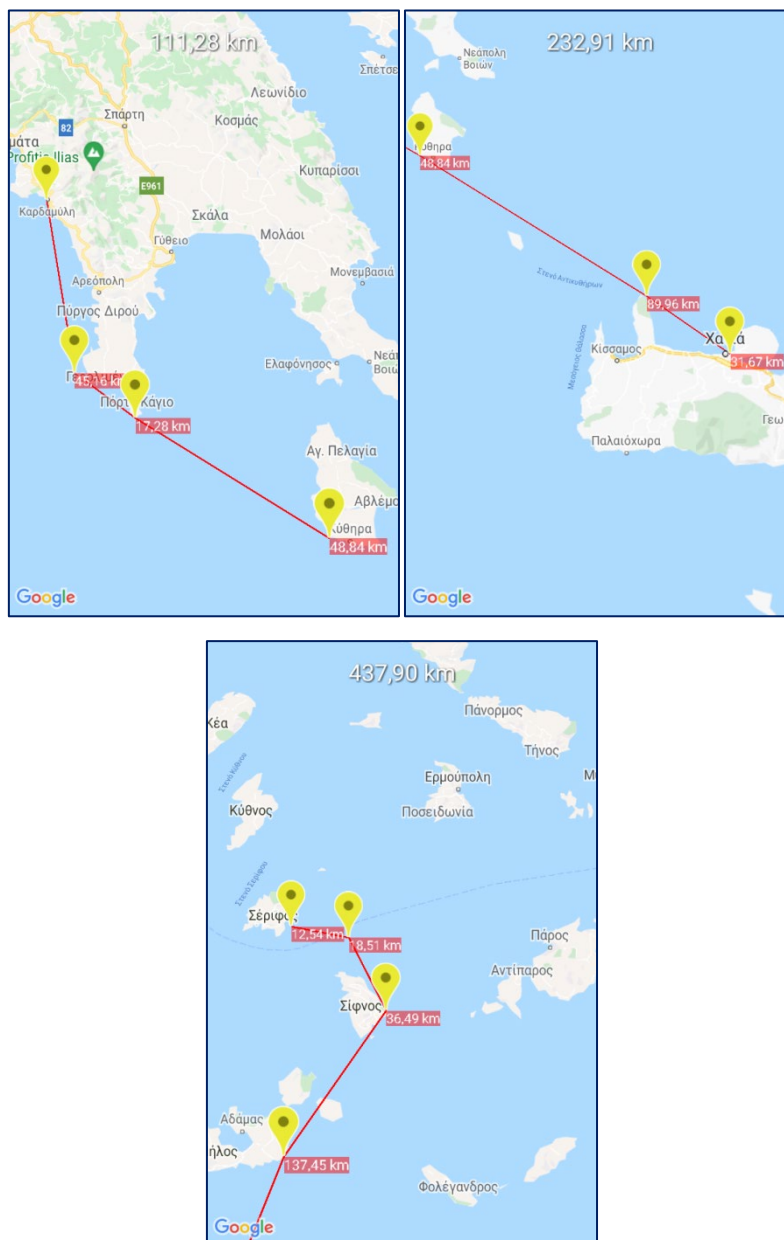
- Πόσες ενδείξεις χρονομέτρου χρειάζονται για να μετρηθεί το χρονικό διάστημα ανάμεσα σε δύο θέσεις;

- Πώς ονομάζει η κοινότητα των επιστημόνων την ένδειξη του χρονομέτρου;

- Αναφέρετε δύο έννοιες/φυσικά μεγέθη που συνδέονται άρρηκτα μεταξύ τους και η κοινότητα των επιστημόνων ονομάζει «γεγονός».

- Χρησιμοποιείται με τον ίδιο τρόπο στην καθημερινή γλώσσα η λέξη «γεγονός»;

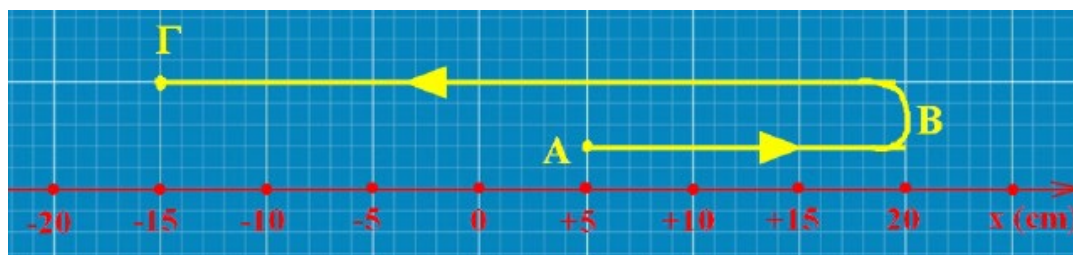
Βήμα 3: Τα μέρη από όπου πέρασε το πλοίο



Διαβάστε το Κείμενο 2, απόσπασμα από το μυστηριώδες ημερολόγιο του πειρατή, το οποίο περιγράφει το τελευταίο ταξίδι του. Σημειώστε στο χάρτη σας τα σημεία από όπου θα περάσει το πλοίο σας ακολουθώντας τις περιγραφές του ημερολογίου μέχρι το σημείο όπου το βρήκατε.

Ερωτήσεις:

- Εντοπίστε τα διαδοχικά σημεία Α, Β και Γ από όπου πέρασε το πλοίο και μετρήστε τις αποστάσεις μεταξύ τους.



AB = _____ cm BΓ = _____ cm

- Μετρήστε τη συνολική απόσταση από το σημείο Α στο σημείο Γ που διένυσε το πλοίο σύμφωνα με το χάρτη:

$S_{ολ} =$ _____ cm

- Μετρήστε τη γεωμετρική απόσταση ανάμεσα στα σημεία Α και Γ:

$|ΑΓ| =$ _____ cm

- Ταυτίζεται το $S_{ολ}$ με το $|ΑΓ|$;
- Η επιστημονική κοινότητα ονομάζει το πρώτο μέγεθος απόσταση και είναι μονόμετρο καθώς προσδιορίζεται από μόνο μία τιμή ενώ το δεύτερο μετατόπιση και είναι διανυσματικό μέγεθος καθώς εξαρτάται από την κατεύθυνση της πορείας του κινητού.
- Σχεδιάστε το διάνυσμα της μετατόπισης από το σημείο Α στο σημείο Γ.

Βήμα 4: Ανακατασκευάζοντας το ταξίδι

Τώρα, ο χαρτογράφος, εισάγει αυτή τη λίστα των σημείων στο ταχύμετρο (Speedometer). Προσομοιάστε το ταξίδι της ιστορίας μας μετρώντας το χρόνο με το ταχύμετρο (Speedometer). Μετά το τέλος της μέτρησης, παρατηρείστε τη γραφική παράσταση θέση-χρόνος. Σχεδιάστε τη από κάτω. Μην ξεχάσετε να αποθηκεύσετε τη μέτρησή σας και τη γραφική παράσταση στην εφαρμογή.

Ερωτήσεις:

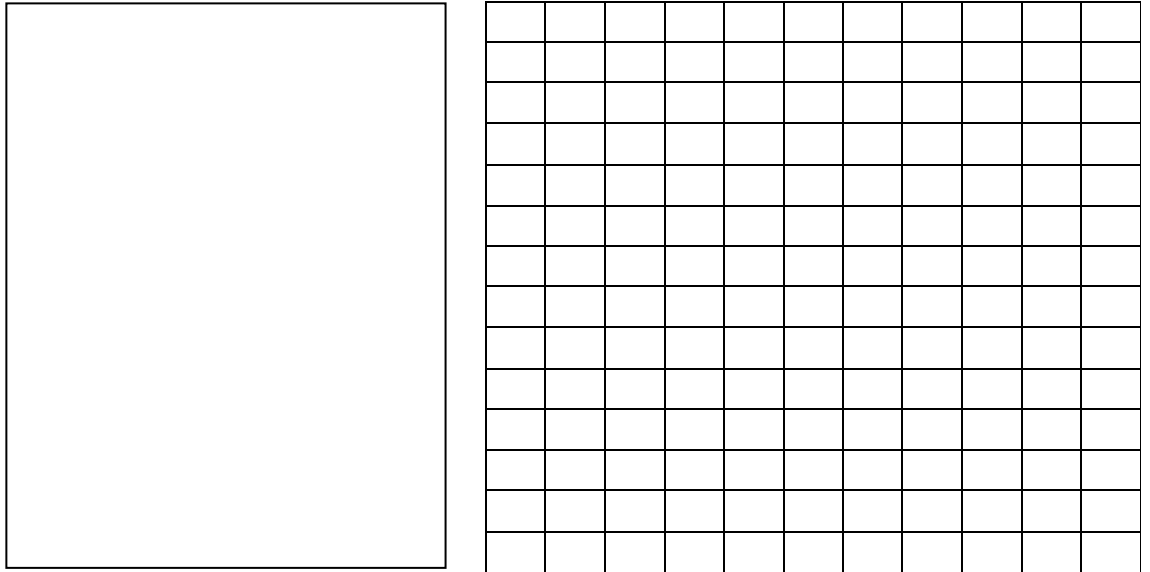
- Στο ημερολόγιο αναφέρεται ότι στα ανοιχτά της Μάλτας και λίγο πριν από μία καταδίωξη από άλλο πλοίο είχαν υπολογίσει ότι θα είχαν άλλες 11 ημέρες ταξίδι μέχρι να φτάσουν σε έναν επόμενο προορισμό τους δεδομένου ότι κινούνταν με περίπου 1,5 κόμβους (1 κόμβος = 1,852 km/h). Ποιο ή ποια είναι τα πιθανά μέρη όπου είναι κρυμμένος ο θησαυρός; Αρκούν οι πληροφορίες που έχετε;

- Αφού αποθηκεύσετε τα δεδομένα του ταχύμετρου (Speedometer), παρατηρείστε τη γραφική παράσταση θέση-χρόνος. Περιγράψτε την κίνηση χρησιμοποιώντας τις έννοιες: θέση, χρόνος, χρονικό διάστημα, απόσταση, μετατόπιση.

- Μεταφέρετε στο φύλλο εργασίας τον πίνακα μετρήσεων θέσης-χρόνου. Σχεδιάστε τη δική σας γραφική παράσταση θέση-χρόνος. Συγκρίνετε τη

γραφική παράσταση που κατασκευάσατε με τη γραφική παράσταση των δεδομένων του ταχύμετρου (Speedometer) που αποθηκεύσατε.

[Μεθοδολογικός στόχος: Κατασκευή γραφικής παράστασης από πίνακα μετρήσεων]



- Λαμβάνοντας υπόψη τη συνολική μετακίνηση του πλοίου, συμπεριλαμβάνοντας και τα δύο τμήματα της ιστορίας, σχεδιάστε μια εικόνα της συνολικής τροχιάς. Σχεδιάστε τη συνολική μετατόπιση και υπολογίστε τη συνολική απόσταση που ταξίδεψε το πλοίο.

Βήμα 6: Εφαρμόζοντας όσα μάθαμε – Μεταγνωστική άσκηση

- Εξηγείστε με δικά σας λόγια ποιες είναι οι διαφορές ανάμεσα στη μετατόπιση και την απόσταση που διανύθηκε.

- Δώστε ένα παράδειγμα μιας κίνησης όπου το μήκος της διαδρομής ισούται με την απόσταση που διανύθηκε.

- Δώστε ένα παράδειγμα μιας κίνησης όπου το μήκος της διαδρομής ισούται με τη μετατόπιση.

- Με τα δεδομένα που αποκτήσατε από την ιστορία και την ανακατασκευή του χάρτη της διαδρομής, πιστεύετε ότι μπορείτε να βρείτε την τοποθεσία που ενδεχομένως να βρίσκεται ο θησαυρός; Η τοποθεσία μπορεί να είναι μια περιοχή.

- Εάν η απάντηση είναι «ναι», εξηγήστε πού βρίσκεται ο θησαυρός και πώς τον βρήκατε. Εάν η απάντηση είναι «όχι» υποδείξτε ποιες πληροφορίες σας λείπουν για να μπορέσετε να το βρείτε.

Όνοματεπώνυμο: _____

Φύλλο Εργασίας 2

Το πείραμα: Ο κρυμμένος θησαυρός

Ο σκοπός	Οι έννοιες	Εργαλείο της εφαρμογής του smartphone
Οι μαθητές θα καθοδηγηθούν στη διατύπωση των λειτουργικών ορισμών και θα διερευνήσουν τις διαφορές ανάμεσα στη μέση ταχύτητα, τη μέση διανυσματική ταχύτητα, και τη στιγμιαία ταχύτητα.	Απόσταση - Μετατόπιση - Μέση Ταχύτητα - Μέση Διανυσματική Ταχύτητα - Στιγμιαία Ταχύτητα	Speedometer

ΥΛΙΚΑ

Κείμενο 4: Το πιο γρήγορο πλοίο, τρεις χάρτες, φύλλο εργασίας, smartphone.

ΧΡΟΝΟΣ

80 – 90 min.

Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

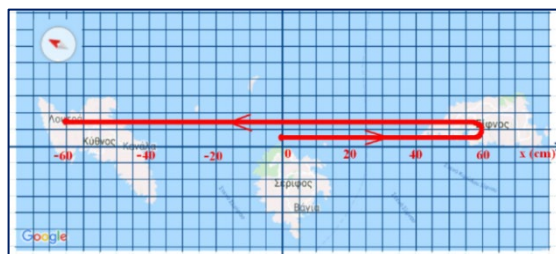
Βήμα 1: Το πρώτο διαγωνιζόμενο πλοίο

6. Διαβάζετε το Κείμενο 4.

7. Ο επιμελητής/φροντιστής θα έχει ως τακτική να μετακινεί το πλοίο

ευθύγραμμα και με ομαλό τρόπο. Το πλοίο θα περνά από δύο διαδοχικά σημειωμένες περιοχές σε χρόνο t_1 ($t_1 = 4s$).

8. Ο χαρτογράφος εισάγει στο ταχύμετρο (Speedometer) τις θέσεις:



0, 20, 40, 60, 40, 20, 0, -20, -40 και -60 cm.

9. Ο συντονιστής θα δώσει το πρώτο σήμα όταν ο επιμελητής/φροντιστής αρχίζει να κινεί το πλοίο και ο χαρτογράφος αρχίζει τις μετρήσεις (κουμπί "Go!").
10. Στη συνέχεια, ο χαρτογράφος θα πατάει το πράσινο κουμπί της οθόνης κάθε φορά που θα λαμβάνει σήμα από το συντονιστή, ξεκινώντας από 0 cm.
11. Ένας άλλος μαθητής θα είναι υπεύθυνος για να υπενθυμίζει την αποθήκευση των δεδομένων του πειράματος.

Ερωτήσεις:

- Να συμπληρωθεί ο πίνακας:

a/a	Διαδρομή	Χρόνος t(s)	Διάστημα s (cm)	Μετατόπιση x (cm)
1	AB [Σέριφος-Σίφνος]			
2	BA [Σίφνος-Σέριφος]			
3	AΓ [Σέριφος-Κύθνος]			
4	BΓ [Σίφνος-Κύθνος]			

- Πόσο είναι το συνολικό διάστημα $s_{ολ}$ που διένυσε το πλοίο; Εξηγήστε αναλυτικά με αριθμητικές πράξεις:

$$S_{ολ} = \text{_____ cm}$$

- Πόση είναι η συνολική μετατόπιση του πλοίου; Εξηγήστε αναλυτικά με αριθμητικές πράξεις:

$$\Delta x = \text{_____ cm}$$

- Ανατρέξτε στο υλικό που σας έχει δοθεί και σε βιβλία και αναζητείστε τις έννοιες της μέσης ταχύτητας και της μέσης διανυσματικής ταχύτητας. Γράψτε τις αντίστοιχες σχέσεις:

Μέση ταχύτητα: $v =$

Μέση διανυσματική ταχύτητα: $v =$

- Στο πείραμα που πραγματοποιήσατε, πόση είναι η μέση ταχύτητα και πόση η μέση διανυσματική ταχύτητα;

Μέση ταχύτητα: $v =$ _____ cm/s

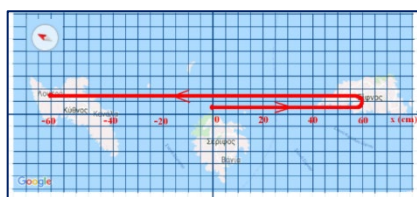
Μέση διανυσματική ταχύτητα: $v =$ _____ cm/s

- Ανατρέξτε στο υλικό που σας έχει δοθεί και σε βιβλία και αναζητείστε πώς σχετίζεται η στιγμιαία ταχύτητα με κάποια από τις προηγούμενες που υπολογίσατε. Συμπληρώστε την ακόλουθη πρόταση με τη σωστή επιλογή:

Η στιγμιαία ταχύτητα είναι ίση με τη μέση ταχύτητα / μέση διανυσματική ταχύτητα για πολύ μικρό χρονικό διάστημα ώστε να μπορούμε να αναφερόμαστε σε χρονική στιγμή.

Βήμα 2: Το δεύτερο διαγωνιζόμενο πλοίο

1. Το δεύτερο διαγωνιζόμενο πλοίο ακολουθεί την εξής τακτική: Για το πρώτο μέρος της διαδρομής, καθώς κινείται προς τον θετικό άξονα-x, περνά από κάθε σημειωμένη περιοχή κάθε 3s. Δηλαδή, τη διαδρομή AB (Σέριφος-Σίφνος) τη διασχίζει σε χρόνο $t_1 (=3s)$ επάνω στον χάρτη. Στο δεύτερο μέρος της διαδρομής κινείται πιο αργά κι έτσι, καθώς κινείται προς τα αρνητικά του άξονα-x, περνά από κάθε σημειωμένη περιοχή κάθε $t_2 > t_1$ ($t_2 = 5s$).
2. Ο χαρτογράφος εισάγει στο ταχύμετρο (Speedometer) τις ίδιες θέσεις με το προηγούμενο βήμα:



0, 20, 40, 60, 40, 20, 0, -20, -40 και -60 cm.

3. Κάθε μέλος της ομάδας επαναλαμβάνει τους ρόλους των προηγούμενων δραστηριοτήτων.

Ερωτήσεις:

- Να συμπληρωθεί ο πίνακας:

a/a	Διαδρομή	Χρόνος t(s)	Διάστημα s (cm)	Μετατόπιση x (cm)
1	AB [Σέριφος-Σίφνος]			
2	BA [Σίφνος-Σέριφος]			
3	AΓ [Σέριφος-Κύθνος]			
4	BΓ [Σίφνος-Κύθνος]			

- Πόσο είναι το συνολικό διάστημα $s_{ολ}$ που διένυσε το πλοίο; Εξηγήστε αναλυτικά με αριθμητικές πράξεις:

$$S_{ολ} = \text{_____ cm}$$

- Πόση είναι η συνολική μετατόπιση του πλοίου; Εξηγήστε αναλυτικά με αριθμητικές πράξεις:

$$\Delta x = \text{_____ cm}$$

- Ανατρέξτε στο υλικό που σας έχει δοθεί και σε βιβλία και αναζητήστε τις έννοιες της μέσης ταχύτητας και της μέσης διανυσματικής ταχύτητας. Γράψτε τις αντίστοιχες σχέσεις:

Μέση ταχύτητα: $v =$

Μέση διανυσματική ταχύτητα: $v =$

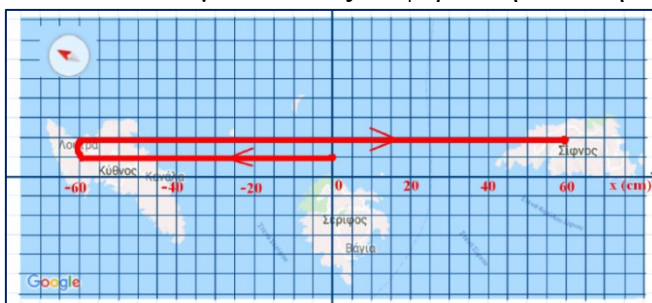
- Στο πείραμα που πραγματοποιήσατε, πόση είναι η μέση ταχύτητα και πόση η μέση διανυσματική ταχύτητα;

Μέση ταχύτητα: $v =$ _____ cm/s

Μέση διανυσματική ταχύτητα: $v =$ _____ cm/s

Βήμα 3: Το τρίτο διαγωνιζόμενο πλοίο

1. Το τρίτο διαγωνιζόμενο πλοίο ακολουθεί μια εντελώς διαφορετική τακτική από τα άλλα δύο: Πρόκειται να αλλάξει την κατεύθυνση της πορείας του και στα δύο μέρη της διαδρομής. Συγκεκριμένα, αρχικά



- θα κινηθεί προς τα αρνητικά του άξονα-x, δηλαδή θα διασχίσει τη διαδρομή ΑΓ (Σέριφος-Κύθνος) και στη συνέχεια θα κινηθεί προς τα θετικά του άξονα-x, δηλαδή θα διασχίσει τη διαδρομή ΓΒ (Κύθνος-Σίφνος) και θα τελειώσει τη διαδρομή του στη θέση +60cm.
2. Θα κινείται με τον ίδιο ρυθμό όπως το πρώτο διαγωνιζόμενο πλοίο. Έτσι, θα περνά από δύο διαδοχικά σημειωμένες περιοχές κάθε t_1 ($t_1 = 4s$).
 3. Ο χαρτογράφος εισάγει στο ταχύμετρο (Speedometer) τις ίδιες θέσεις με το προηγούμενο βήμα:
0, 20, 40, 60, 40, 20, 0, -20, -40 και **-60 cm**.
 4. Κάθε μέλος της ομάδας επαναλαμβάνει τις δραστηριότητες του προηγούμενου βήματος.

Ερωτήσεις:

- Να συμπληρωθεί ο πίνακας:

α/α	Διαδρομή	Χρόνος t(s)	Διάστημα s (cm)	Μετατόπιση x (cm)
1	ΑΓ [Σέριφος-Κύθνος]			
2	ΓΑ [Κύθνος-Σέριφος]			
3	ΑΒ [Σέριφος-Σίφνος]			

- Πόσο είναι το συνολικό διάστημα $s_{ολ}$ που διένυσε το πλοίο; Εξηγήστε αναλυτικά με αριθμητικές πράξεις:

$$S_{ολ} = \text{_____ cm}$$

- Πόση είναι η συνολική μετατόπιση του πλοίου; Εξηγήστε αναλυτικά με αριθμητικές πράξεις:

$$\Delta x = \text{_____ cm}$$

- Ανατρέξτε στο υλικό που σας έχει δοθεί και σε βιβλία και αναζητήστε τις έννοιες της μέσης ταχύτητας και της μέσης διανυσματικής ταχύτητας. Γράψτε τις αντίστοιχες σχέσεις:

Μέση ταχύτητα: $v =$

Μέση διανυσματική ταχύτητα: $v =$

- Στο πείραμα που πραγματοποιήσατε, πόση είναι η μέση ταχύτητα και πόση η μέση διανυσματική ταχύτητα;

Μέση ταχύτητα: $v = \text{_____ cm/s}$

Μέση διανυσματική ταχύτητα: $v =$ _____ cm/s

Βήμα 4: Ποιο πλοίο είναι ο νικητής;

Συλλέγουμε όλα τα δεδομένα από τα βήματα 1, 2 και 3.

Ερωτήσεις:

- Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα.

Μέγεθος	Πλοίο 1	Πλοίο 2	Πλοίο 3
Συνολικός χρόνος (s)			
Συνολικό διάστημα (cm)			
Αρχική θέση (cm)			
Τελική θέση (cm)			
Μετατόπιση (cm)			
Μέση ταχύτητα (cm/s)			
Μέση διανυσματική ταχύτητα (cm/s)			

- Ποιο πλοίο είναι ο νικητής;

- Αιτιολογείστε την απάντησή σας:

Τα μεγέθη μέση ταχύτητα και μέση διανυσματική ταχύτητα, σχετίζονται μεταξύ τους;

Αιτιολογήστε:

Βήμα 6: Η διαφωνία για το νικητή

Διαπιστώθηκε διαφωνία σχετικά με το ποιος είναι ο νικητής. Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων μιας ομάδας προέκυψε ότι η μέση διανυσματική ταχύτητα του πρώτου πλοίου είναι -5 cm/s και η μέση διανυσματική ταχύτητα του τρίτου πλοίου είναι 5 cm/s . Το πλήρωμα του τρίτου πλοίου ισχυρίζεται ότι η μέση διανυσματική ταχύτητα του πρώτου πλοίου είναι μικρότερη καθώς τα -5 cm/s είναι μικρότερη ταχύτητα από τα 5 cm/s .

Ερωτήσεις:

- Τι θα πρέπει να λάβουμε υπόψη για να αποφασίσουμε ποιος είναι ο νικητής;

- Εάν ήσασταν μέλος σε κάποιο από τα πληρώματα, τι θα προτείνατε στον τρόπο διαγωνισμού έτσι ώστε να μην προκύψει πρόβλημα σχετικά με την επιλογή του νικητή;

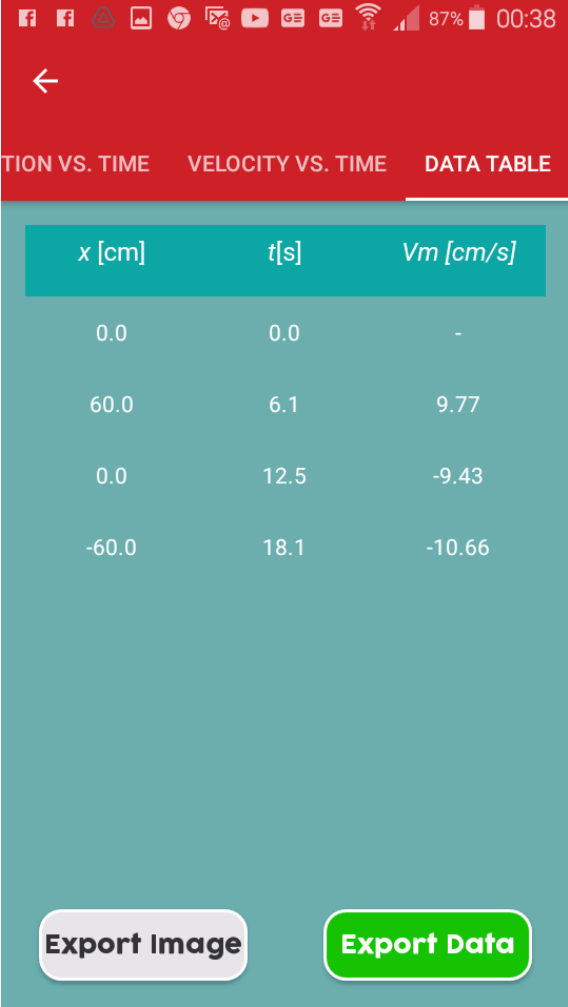
Βήμα 8: Μεταγνωστική άσκηση 1

[Εφαρμόζω τη γνώση που απέκτησα σε άλλο πλαίσιο]

Δίνεται ο διπλανός πίνακας τιμών όπως προέκυψε από την πειραματική διαδικασία.

Ερωτήσεις:

- Πώς προκύπτουν οι τιμές της τρίτης στήλης στον πίνακα μετρήσεων;



x [cm]	t[s]	Vm [cm/s]
0.0	0.0	-
60.0	6.1	9.77
0.0	12.5	-9.43
-60.0	18.1	-10.66

- Ποιο μέγεθος εκφράζουν οι τιμές της τρίτης στήλης του πίνακα μετρήσεων αριστερά;

Εάν το χρονικό διάστημα ανάμεσα σε δύο μετρήσεις γίνει πολύ μικρό, με ποιο μέγεθος ταυτίζεται το μέγεθος της τρίτης στήλης;

Για να ελέγξετε τις απαντήσεις σας στις προηγούμενες ερωτήσεις, σας δίνεται το ακόλουθο αποδεικτικό στοιχείο που προκύπτει από την εξαγωγή δεδομένων του ταχύμετρου (Speedometer). Έτσι, λαμβάνουμε τον ακόλουθο αναλυτικό πίνακα μετρήσεων.

The screenshot shows a mobile spreadsheet application with a green header bar. The title bar contains 'ship1.csv'. Below the header, there is a formula bar with 'fx' and 'x[cm]'. The spreadsheet has columns A through H and rows 1 through 6. The data is as follows:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	x[cm]	x[m]	t[s]	DX[m]	DT[s]	VM[m/s]		
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
3	6000.0	60.0	6.141	60.0	6.141	9.77		
4	0.0	0.0	12.501	-60.0	6.36	-9.434		
5	-6000.0	-60.0	18.131	-60.0	5.63	-10.657		
6								

The bottom of the screen shows 'SHEET1' and a zoom icon.

Εξηγήστε τη διαδικασία με την οποία προκύπτουν οι τιμές της τελευταίας γραμμής. Συγκεκριμένα:

- Εξηγήστε τη διαδικασία πώς προκύπτει η τιμή $dx = -60$ cm της τελευταίας γραμμής και της στήλης D.

- Εξηγήστε τη διαδικασία πώς προκύπτει η τιμή $dt = 5.63$ s της τελευταίας γραμμής και της στήλης E.

-
-
-
- Εξηγήστε τη διαδικασία πώς προκύπτει η τιμή $V_M = -10.657 \text{ cm/s}$ της τελευταίας γραμμής και της στήλης F.
-
-
-
-
-

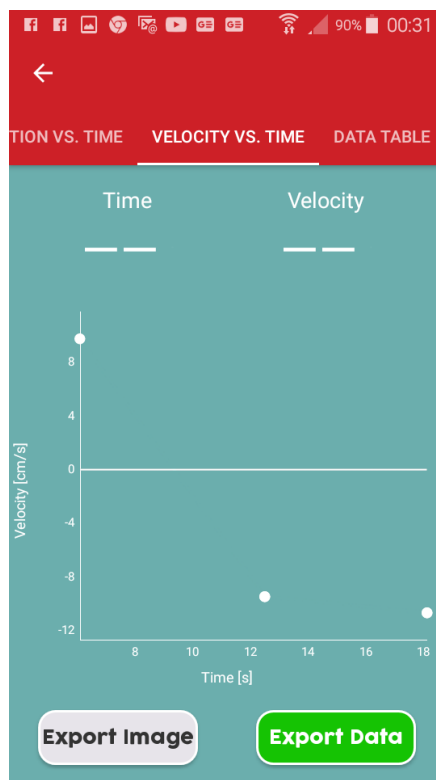
Βήμα 9: Μεταγνωστική άσκηση 2

[Εφαρμόζω τη γνώση που απέκτησα σε άλλο πλαίσιο]

Δίνεται στους μαθητές η γραφική παράσταση που προέκυψε από την εξαγωγή δεδομένων του πειράματος για το πρώτο πλοίο.

Ερωτήσεις:

- Τι σημαίνει η θετική τιμή της ταχύτητας τη χρονική στιγμή $t_1 = 0\text{s}$;



-
-
-
- Τι σημαίνουν οι αρνητικές τιμές της ταχύτητας τις χρονικές στιγμές $t_2 = 12,501\text{s}$ και $t_3 = 18,131 \text{ s}$;

-
-
-
- Αφού συμβουλευτείτε τη συγκεκριμένη γραφική παράσταση $v-t$ καθώς και τον πίνακα τιμών της προηγούμενης δραστηριότητας, καταγράψτε τις τιμές της ταχύτητας που παρατηρείτε:

$$v_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$v_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$v_3 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- Τι παρατηρείτε σχετικά με τις τιμές που καταγράψατε στο προηγούμενο βήμα; Σχολιάστε.

Όνοματεπώνυμο: _____

Φύλλο Εργασίας 3

Το πείραμα: Ο κρυμμένος θησαυρός

Ο σκοπός

Οι έννοιες

Εργαλείο της εφαρμογής
του smartphone

<p>Οι μαθητές θα καθοδηγηθούν στη διατύπωση των λειτουργικών ορισμών και θα διερευνήσουν τις διαφορές ανάμεσα στην ταχύτητα, τη μεταβολή της ταχύτητας και την επιτάχυνση.</p>	<p>Ταχύτητα – Μεταβολή της ταχύτητας - Επιτάχυνση</p>	<p>Speedometer Accelerometer</p>
--	---	--------------------------------------

ΥΛΙΚΑ

Κείμενο 5: Τρία πλοία για το νησί του θησαυρού, χάρτης με κλίμακα, φύλλο εργασίας, smartphone.

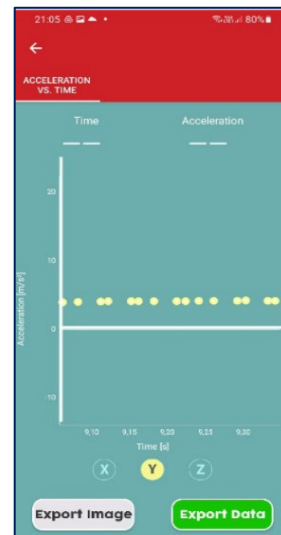
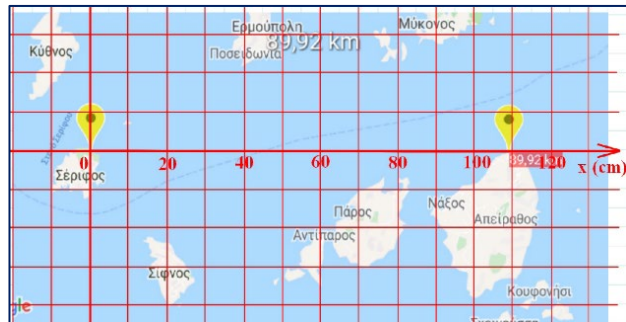
ΧΡΟΝΟΣ

80 – 90 min.

Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Βήμα 1: Αναγνώριση κινήσεων - Δημιουργία κλίμακας

12. Διαβάζετε το Κείμενο 5.
13. Συζήτηση για τους τρόπους που πρόκειται να ανακατασκευάσετε τα ταξίδια των τριών πλοίων.
 Ποια είναι τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχουν οι τρεις διαφορετικές κινήσεις;

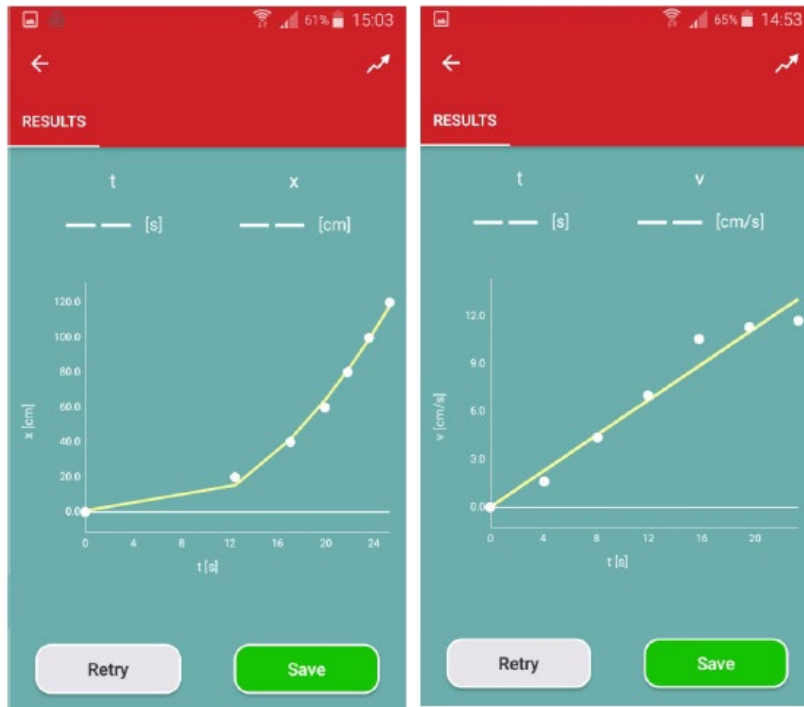


14. Κατασκευάζετε κλίμακα επάνω στο χάρτη. Χωρίζετε την απόσταση ανάμεσα στα νησιά Σέριφος και Νάξος ανά 20cm όπως φαίνεται στο σχήμα.

Βήμα 2: Ανακατασκευή ταξιδιού του πρώτου πλοίου

1. Το πρώτο πλοίο, σύμφωνα με το ημερολόγιο, το οδηγεί ο αρχηγός του πληρώματος και θα κινείται όλο και πιο γρήγορα. Μετακινείτε το πλοίο επάνω στο χάρτη όλο και πιο γρήγορα, με αυξανόμενη ταχύτητα. Κάνετε δοκιμές έτσι ώστε η αύξηση της ταχύτητας να είναι η ίδια για κάθε ίδιο χρονικό διάστημα. Για να το πετύχετε αυτό, χρησιμοποιείτε την εφαρμογή του smartphone, Accelerometer. Συγκεκριμένα θα πρέπει η ευθεία που θα πάρετε στη γραφική παράσταση a-t να είναι παράλληλη στον οριζόντιο άξονα, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.

2. Στη συνέχεια παίρνετε μετρήσεις με το ταχύμετρο (Speedometer) του smartphone. [Οι ρόλοι των μαθητών είναι ίδιοι με τα προηγούμενα πειράματα.] Μετακινείτε το πλοίο επάνω στο χάρτη όλο και πιο γρήγορα. Κάνετε αρκετές δοκιμές ώστε να αποκτήσετε τις γραφικές παραστάσεις $x-t$ και $v-t$ της μορφής:



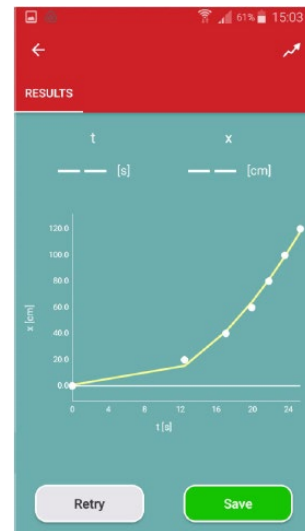
Ερωτήσεις:

- Παρατηρείστε στον πίνακα τιμών για τα μεγέθη x και t που λάβατε από το πείραμά σας. Πώς μεταβάλλεται η θέση x με το χρόνο t ;

	A	B	C	D
1	t[X]	x[Y]		
2	0.0	0.0		
3	12.502	20.0		
4	17.091	40.0		
5	19.937	60.0		
6	21.83	80.0		
7	23.602	100.0		
8	25.313	120.0		
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				

- Παρατηρείστε τη γραφική παράσταση $x-t$ που λάβατε από το πείραμά σας.

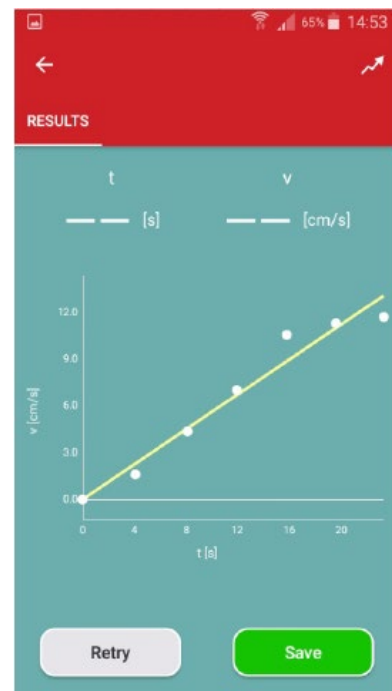
Με ποια μαθηματική συνάρτηση θα προσομοιάζατε τη γραφική παράσταση $x-t$;



- Παρατηρείστε στον πίνακα τιμών για τα μεγέθη v και t που λάβατε από το πείραμά σας, τις τιμές της ταχύτητας στη δεύτερη στήλη. Παραμένει σταθερή η ταχύτητα;

t[X]	v[Y]
0.0	0.0
4.102	1.6
8.091	4.358
11.937	7.027
15.83	10.565
19.602	11.287
23.313	11.69

-
-
- Παρατηρείστε τη γραφική παράσταση $v-t$ που λάβατε από το πείραμά σας. Με ποια μαθηματική συνάρτηση θα προσομοιάζατε τη γραφική παράσταση $v-t$;



-
-
- Από τη γραφική παράσταση $v-t$ του πειράματος, μπορούμε να υπολογίσουμε τη στιγμιαία ταχύτητα για τις χρονικές στιγμές 0, 5, 10, 15, 20, 25s οπότε παίρνουμε τον ακόλουθο πίνακα τιμών $v-t$:

t[s]	v[cm/s]
0	0
5	2.804
10	5.607
15	8.411
20	11.214
25	14.018

Τι παρατηρείτε; Πώς μεταβάλλεται η ταχύτητα; Αυξάνεται ή μειώνεται;

Μεταβάλλεται με σταθερό ρυθμό; Ποια διαδικασία θα ακολουθήσετε για να απαντήσετε;

- Από τον πίνακα τιμών $v-t$ της προηγούμενης ερώτησης, μπορούμε να βρούμε τη μεταβολή της ταχύτητας ΔV για κάθε ίδιο χρονικό διάστημα $\Delta t=5s$:

$t[s]$	$V[cm/s]$	$\Delta t[s]$	$\Delta V[cm/s]$
0	0		2.804
5	2.804	5	2.804
10	5.607	5	2.804
15	8.411	5	2.804
20	11.214	5	2.804
25	14.018	5	

Τι παρατηρείτε; Η μεταβολή της ταχύτητας παραμένει σταθερή σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα Δt ;

Ποιο πηλίκo θα θεωρούσατε χρήσιμο μέγεθος για την περιγραφή της κίνησης; [Υπόδειξη:

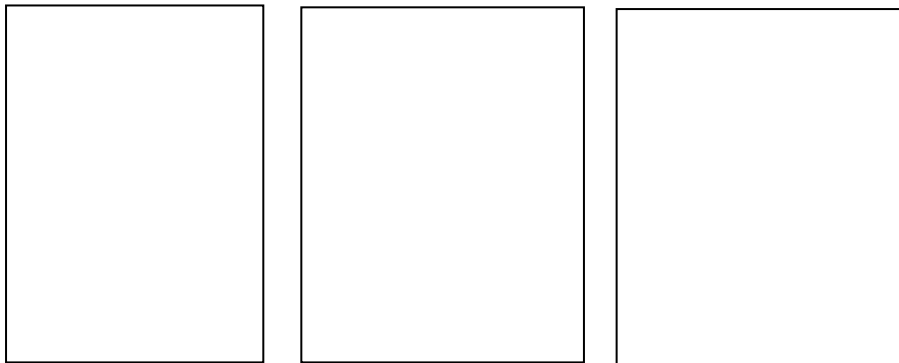
Παραμένει κάποιο πηλίκo σταθερό;]

- Ανατρέξτε στο σχολικό εγχειρίδιο, σε σημειώσεις που σας έχουν δοθεί ή σε άλλες πηγές και αναζητήστε το μέγεθος που η επιστημονική κοινότητα έχει επιλέξει για την περιγραφή μιας τέτοιας κίνησης με τη χρήση του πηλίκου αυτού. Αναφέρετε σύντομα τον ορισμό του και την ονομασία του:

-
-
-
- Όταν η ταχύτητα είναι μηδέν είναι και η επιτάχυνση μηδέν; [Συμβουλευτείτε τον πίνακα μετρήσεων]

-
-
-
- Ανατρέξτε στο σχολικό εγχειρίδιο, σε σημειώσεις που σας έχουν δοθεί ή σε άλλες πηγές και αναζητείστε πώς ονομάζει η επιστημονική κοινότητα την κίνηση κατά την οποία το μέγεθος που αναφέρατε στην προηγούμενη ερώτηση παραμένει σταθερό:

-
-
-
- Σχεδιάστε ποιοτικά τις γραφικές παραστάσεις $x-t$, $v-t$, $a-t$ για την ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση χωρίς αρχική ταχύτητα.



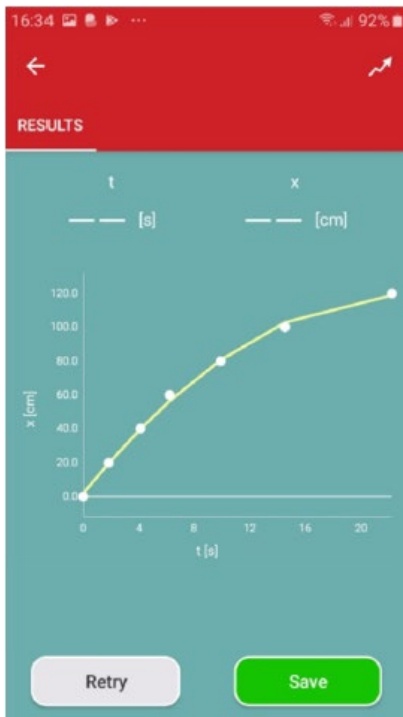
- Διαβάστε το Κείμενο 6: «Η ιστορική εξέλιξη της έννοιας της επιτάχυνσης». Τι συμπεραίνετε για τις επιστημονικές έννοιες γενικότερα;

Βήμα 3: Ανακατασκευή ταξιδιού του τρίτου πλοίου

1. Διαβάζετε και πάλι το Κείμενο 5 με σκοπό να ανακατασκευάσετε το ταξίδι του τρίτου πλοίου που οδηγεί ο πιο νέος του πληρώματος ο οποίος θα οδηγεί το πλοίο με βαθμιαία μειούμενη ταχύτητα έτσι ώστε να φτάσει στο νησί της Νάξου όπου είναι ο προορισμός του, με ακριβώς μηδενική ταχύτητα.
2. Όπως και πριν, χρησιμοποιείτε την εφαρμογή Accelerometer επιδιώκοντας να πάρετε στη γραφική παράσταση a-t μια ευθεία γραμμή παράλληλη στον οριζόντιο άξονα.
3. Στη συνέχεια, χρησιμοποιείτε την εφαρμογή Speedometer για να λάβετε πίνακες τιμών και γραφικές παραστάσεις της κίνησης αυτής καθώς το πλοίο περνάει από τις θέσεις: **0, 20, 40, 60, 80, 100, 120 cm**.

Ερωτήσεις:

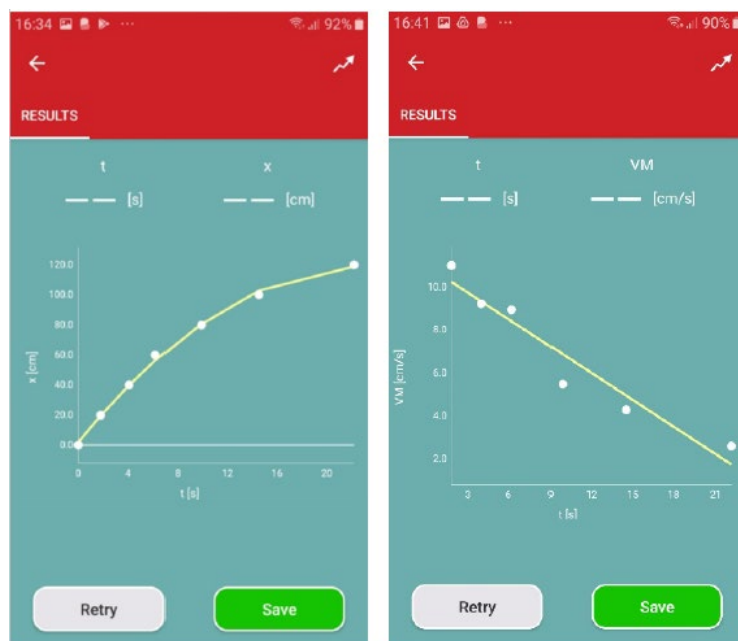
- Καθώς το πλοίο κινείται με βαθμιαία μειούμενη ταχύτητα, η κίνηση αυτή μπορεί να περιγραφεί από κάποιου είδους επιτάχυνση;



- Η γραφική παράσταση που λαμβάνετε από το πείραμά σας έχει τη μορφή της διπλανής γραφικής παράστασης. Πώς θα περιγράφατε την κίνηση;

-
-
- Ποια μαθηματική μορφή θα προσομοιάζε καλύτερα την καμπύλη της γραφικής παράστασης $x-t$;
-
-
-
-

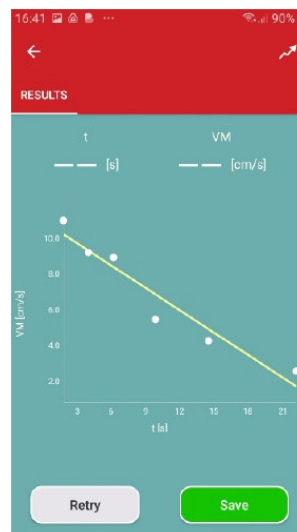
- Οι γραφικές παραστάσεις που λαμβάνετε από το πείραμά σας έχουν τη μορφή των γραφικών παραστάσεων που φαίνονται στο επόμενο σχήμα. Ποιες είναι διαφορές των δύο γραφικών;



-
-
- Ανατρέξτε στο σχολικό εγχειρίδιο, στις σημειώσεις που σας έχουν δοθεί ή σε άλλες πηγές και αναζητήστε πώς χαρακτηρίζει η επιστημονική κοινότητα τη συγκεκριμένη κίνηση που μελετήσατε στο πείραμά σας:

-
-
- Από τη διπλανή γραφική παράσταση που παίρνετε στο πείραμά σας, μπορείτε να υπολογίσετε γραφικά τις τιμές της ταχύτητας σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές (που απέχουν ίσα διαδοχικά χρονικά διαστήματα). Ενδεικτικές τιμές υπάρχουν στον επόμενο πίνακα τιμών:

t[s]	VM[cm/s]
0	10.999
5	8.916
10	6.833
15	4.750
20	2.667
25	0.584



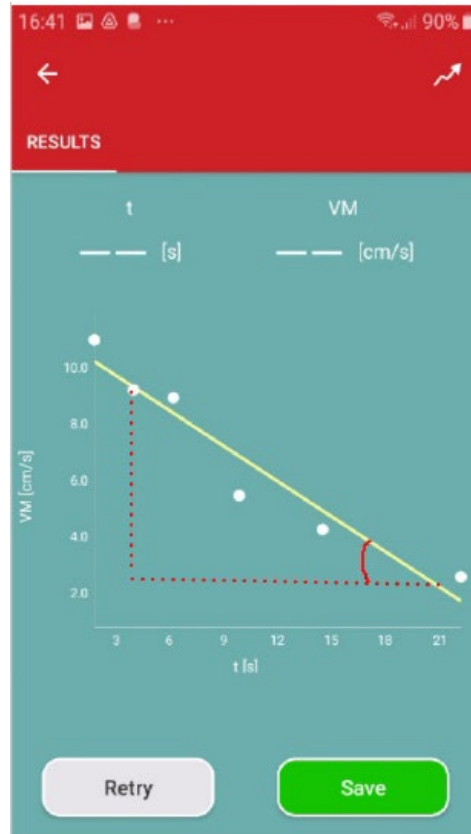
Παρατηρείτε ότι για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα $\Delta t=5s$, η ταχύτητα μειώνεται με ομαλό τρόπο, κατά το ίδιο περίπου ποσό. Δηλαδή ο ρυθμός μείωσης της ταχύτητας είναι σταθερός. Αυτός ο ρυθμός μείωσης της ταχύτητας ονομάζεται:

και περιγράφεται από τη σχέση:

- Υπολογίστε την κλίση στη γραφική παράσταση του διπλανού σχήματος:

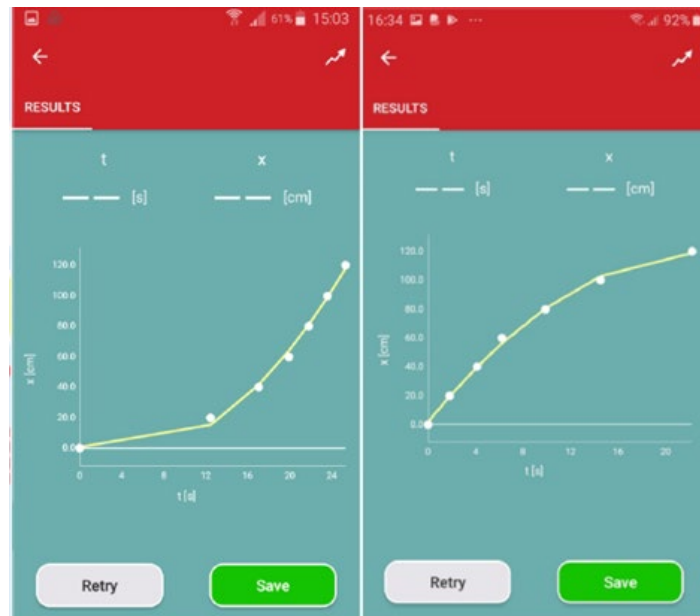
κλίση

=

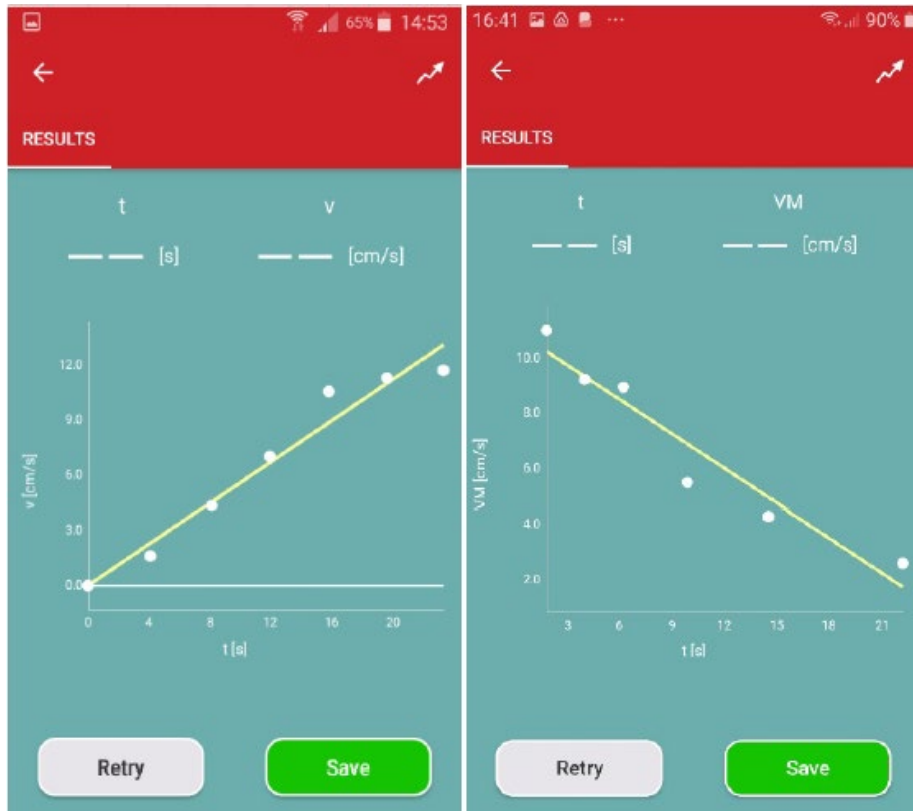


Ποιο μέγεθος εκφράζει;

- Συγκρίνετε τις γραφικές παραστάσεις $x-t$ για τα πειράματα που έχετε πραγματοποιήσει στην ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση και στην ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση. Τι παρατηρείτε;



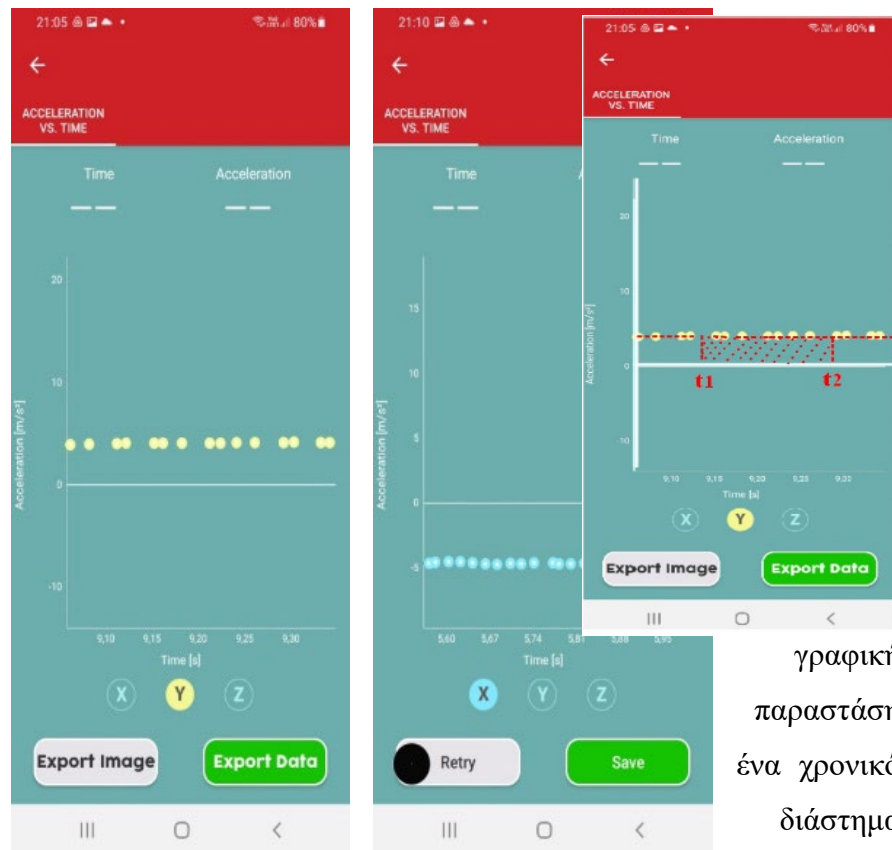
- Συγκρίνετε τις γραφικές παραστάσεις $v-t$ για τα πειράματα που έχετε πραγματοποιήσει στην ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση και στην ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση. Τι παρατηρείτε;



-
-
-
-
-
-
-
- Συγκρίνετε τις γραφικές παραστάσεις $a-t$ για τα πειράματα που έχετε πραγματοποιήσει στην ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση και στην ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση. Τι παρατηρείτε;

- Στη

a-t, για



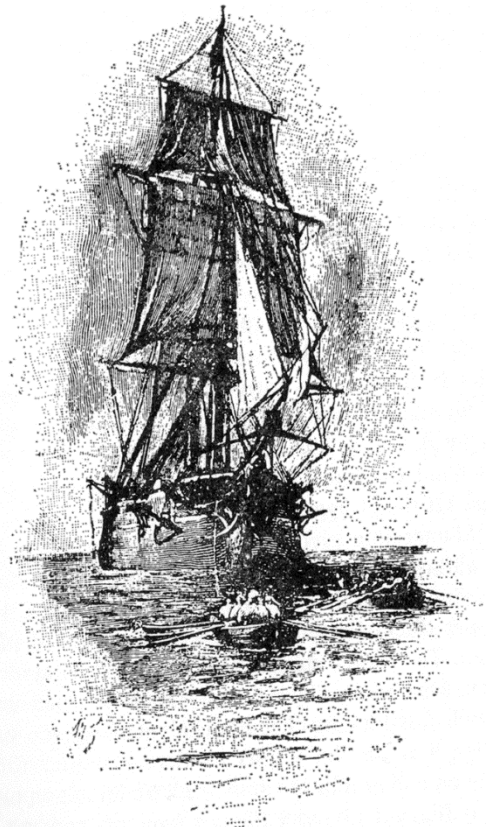
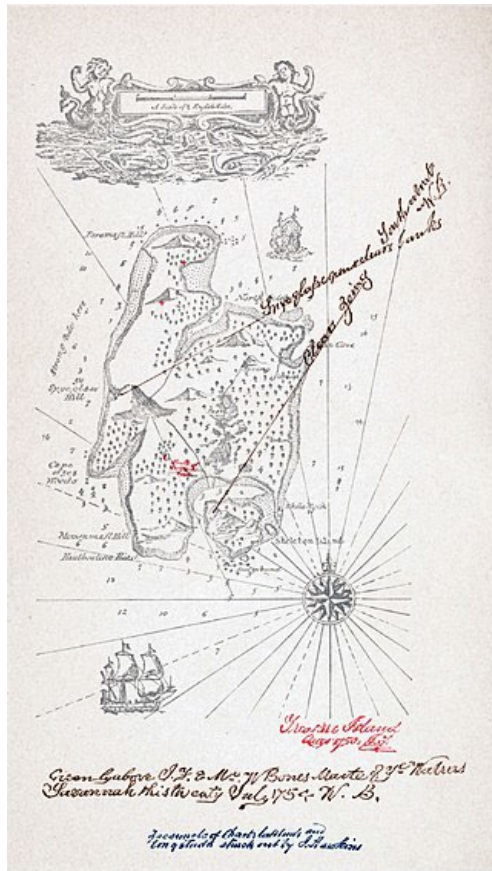
γραφική
 παρασάση
 ένα χρονικό
 διάστημα

Δt , σχεδιάστε το εμβαδό που σχηματίζεται με τον άξονα του χρόνου, t . Τι εκφράζει το εμβαδόν;

Παράρτημα ΣΤ: Τα κείμενα

Κείμενο 1: Το σενάριο

«Από τον Κάβο Ματαπά σαράντα μίλια μακριά κι από το Κάβο Γκρόσο σαράντα κι άλλο τόσο.» Ναυτική παροιμία



<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CE%>

Το σενάριο

Σε μια παραλία βρίσκετε ένα παλιό χειρόγραφο ημερολόγιο το μεγαλύτερο μέρος του οποίου είναι μέσα στην άμμο. Το ημερολόγιο είναι λίγο υγρό και μόνο λίγες από τις σελίδες του παραμένουν ανέπαφες. Με λίγη υπομονή και πολύ μεθοδικό διάβασμα, καταφέρνεται να ανακαλύψετε ότι αυτό ανήκε σε έναν μυστηριώδη πειρατή ο οποίος, όπως αναφέρεται στο ημερολόγιο, το 1803 ήταν μέλος του πληρώματος του Μαλτέζου πειρατή Lorezzo Calamatta. Το πλοίο έπιασε στεριά μεταξύ άλλων και στην παραλία όπου εσείς βρήκατε το ημερολόγιο. Το πλοίο είχε ως προορισμό το νησί του θησαυρού.

Το ημερολόγιο αναφέρει την περιπετειώδη ιστορία του ταξιδιού του πειρατικού πλοίου στη Μεσόγειο θάλασσα και το Αιγαίο πέλαγος. Στις τελευταίες σελίδες δίνονται αποδεικτικά στοιχεία στα οποία εάν γίνει σωστή επεξεργασία θα οδηγήσουν στον

κρυμμένο θησαυρό, μια μεγάλη ανταμοιβή για όποιον κατορθώσει να επαναλάβει τη διαδρομή του πειρατικού πλοίου του Lorezzo Calamatta.

Προτείνετε σε μια ομάδα φίλων σας να επαναλάβετε το ταξίδι με σκοπό να καταλάβετε που είναι ο θησαυρός και να τον ανακτήσετε.

Κείμενο 2: Το ταξίδι

Ξεκινήσαμε από τη Μάλτα και μετά από ένα μεγάλο ταξίδι περίπου δέκα ημερών, κάναμε την πρώτη μας στάση στο νησί Βενέτικο, απέναντι από το ακρωτήριο Ακρίτας...

...Σε απόσταση είκοσι ναυτικών μιλίων συναντήσαμε την Καρδαμύλη όπου ανεφοδιαστήκαμε και πήραμε δυνάμεις για το ταξίδι που θα ακολουθούσε...

... Στα εικοσιτέσσερα περίπου ναυτικά μίλια σταματήσαμε στον Γερολιμένα...

...Μετά από 9 ναυτικά μίλια συναντήσαμε το ακρωτήριο Ταίναρο...

... Κατευθυνθήκαμε προς τα Κήθυρα που βρίσκονταν είκοσι έξι ναυτικά μίλια μακριά από το Ταίναρο...

... Συναντήσαμε την Κρήτη, το ακρωτήριο Σπάθα, διανύοντας σαράντα οκτώ ναυτικά μίλια από το ακρωτήριο Ταίναρο...

...για να κάνουμε την επόμενη στάση μας στα Χανιά μετά από άλλα δεκαεπτά ναυτικά μίλια από το ακρωτήριο Σπάθα...

...Ακολούθησε ένα μεγάλο ταξίδι μέσα στη θάλασσα περίπου εβδομήντα τέσσερα μίλια μέχρι το νησί της Μήλου...

... και σε δεκαεννέα ναυτικά μίλια βρήκαμε το νησί της Σίφνου.

... Στα εννιάμισι περίπου ναυτικά μίλια μέσα στη θάλασσα δεχθήκαμε επίθεση από άλλο πλοίο και για να τους «ρίξουμε» μέσα στην περιοχή της ομίχλης αλλάξαμε κατεύθυνση και τώρα υπολογίζουμε ότι σε εξίμισι ναυτικά μίλια θα φτάσουμε στο νησί της Σερίφου.

Κείμενο 3: Από την Καρδαμύλη στον Γερολιμένα και από εκεί στο Ταίναρο

... συναντήσαμε την Καρδαμύλη όπου ανεφοδιαστήκαμε και πήραμε δυνάμεις για το ταξίδι που θα ακολουθούσε...

... Στα εικοσιτέσσερα περίπου ναυτικά μίλια σε ευθύγραμμη πορεία σταματήσαμε στον Γερολιμένα...

...Μετά από 9 ναυτικά μίλια σε ευθεία γραμμή συναντήσαμε το ακρωτήριο Ταίναρο...

Κείμενο 4: Το πιο γρήγορο πλοίο

Όταν πλησιάσαμε στο νησί της Σερίφου, μας περίμενε μια έκπληξη. Στον απόμερο όρμο όπου θα δέναμε το πλοίο υπήρχαν ακόμη δύο πλοία τα οποία από ό,τι μάθαμε τα είχε κουρσέψει ο αρχηγός του πληρώματός μας, γνωστός κουρσάρος, ο Lorezzo Calamatta, από κάτι εμπόρους αγνώστου εθνικότητας. Μετέφεραν κρασιά, λάδια και σταφίδα, μάλλον από την Καλαμάτα. Αν κρίνω από τα ημερολόγια που κρατούσαν οι νόμιμοι καπετάνιοι πριν κουρσευτούν τα πλοία τους, οι επιδρομές θα πρέπει να έγιναν η μία κάτω από τη Μονεμβασιά και η άλλη ανοιχτά του Οιτύλου.

Ο Lorezzo Calamatta μάς ανακοίνωσε ότι θα διεξαχθούν αγώνες ανάμεσα και στα τρία πλοία. Όποιο έρθει πρώτο, αυτό θα επιλεγεί για να συνεχίσουμε το ταξίδι μας. Οι κανόνες όμως των αγώνων θα ήταν μη αναμενόμενοι και η τακτική που θα ακολουθούσε κάθε πλοίο ήταν διαφορετική.

Το πρώτο πλοίο θα ξεκινούσε από το νησί της Σερίφου με κατεύθυνση και προορισμό το νησί της Σίφνου. Στη συνέχεια, θα άλλαξε κατεύθυνση και περνώντας από το νησί της Σερίφου θα κατέληγε στην Κύθνο. Ο τιμονιέρης θα έπρεπε να φροντίζει σε όλο το ταξίδι να κρατάει μια συγκεκριμένη ταχύτητα, αυτή που συνήθως ταξιδεύουν.

Το δεύτερο πλοίο θα έκανε την ίδια διαδρομή αλλά στο πρώτο μέρος της διαδρομής από το νησί της Σερίφου στο νησί της Σίφνου η ταχύτητα του πλοίου θα ήταν λίγο μικρότερη από αυτή του πρώτου πλοίου και στο υπόλοιπο μέρος της διαδρομής θα ήταν λίγο μεγαλύτερη.

Το τρίτο πλοίο θα ακολουθούσε μια εντελώς ανεστραμμένη πορεία. Κινούμενο με ταχύτητα περίπου ίδια με αυτή του πρώτου πλοίου θα ξεκινούσε από το νησί της Σερίφου κατευθυνόμενο προς την Κύθνο και στη συνέχεια, αλλάζοντας κατεύθυνση θα κατέληγε στο νησί της Σίφνου...

Κείμενο 5: Τρία πλοία για το νησί του θησαυρού.

Τα πλοία, μετά τους αγώνες επέστρεψαν στο νησί της Σερίφου όπου ο αρχηγός του πληρώματός μας, ο Lorezzo Calamatta, μάς ανακοίνωσε ότι το πλήρωμα θα μοιραστεί καθώς και τα τρία πλοία θα συνεχίσουν το ταξίδι με επόμενο σταθμό το νησί της Νάξου.

Στο τιμόνι του ενός πλοίου θα ήταν ο ίδιος ο αρχηγός μας, στο τιμόνι του δεύτερου θα ήταν ένα λιγότερο έμπειρο μέλος του πληρώματος και στο τρίτο ο νεαρότερος της ομάδας μας. Οι δύο τελευταίοι πήραν οδηγία από τον αρχηγό μας να πορεύονται πιο αργά και προσεκτικά.

... θα βρίσκαμε το θησαυρό στο νησί όπου θα έφταναν και τα τρία πλοία...

Κείμενο 6: Η ιστορική εξέλιξη της έννοιας της επιτάχυνσης



Η ανάπτυξη της έννοιας της επιτάχυνσης είναι ένα παράδειγμα του ότι οι επιστημονικές έννοιες είναι δημιουργήματα της ανθρώπινης φαντασίας και ευφυΐας. Το alter ego του Γαλιλαίου στο βιβλίο "Δύο Νέες Επιστήμες" είχε συλλάβει δύο πιθανούς τρόπους περιγραφής της αλλαγής της ταχύτητας. Θα λεγαμε ότι πρόκειται για τα μεγέθη $\Delta v/\Delta t$ και $\Delta v/\Delta t$.

Ο Γαλιλαίος απορρίπτει το πρώτο για λόγους όχι τόσο σαφείς. Υιοθετεί όμως το δεύτερο επειδή διαισθάνεται ότι η ελεύθερη πτώση (δηλαδή η

κίνηση που θέλει να περιγράψει) είναι ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση ως προς το $\Delta u/\Delta t$ και όχι ως προς το $\Delta u/\Delta s$.

Το συγκεκριμένο γεγονός δείχνει σαφώς το ρόλο της επιτάχυνσης και τη δυνατότητα ύπαρξης εναλλακτικών τρόπων περιγραφής ενός φαινομένου. Δείχνει επίσης ότι ορισμένες φορές η επιλογή υπαγορεύεται από κριτήρια κομψότητας και απλότητας.

Σχέδιο Δραστηριοτήτων – 1 ^η διδακτική παρέμβαση			
Ενέργειες καθηγητή/τριας	Αναμενόμενες ενέργειες μαθητών/τριών	Προϊόντα μαθητών/τριών	Εκπαιδευτική δραστηριότητα
<p>Δημιουργεί το «σενάριο» το οποίο αποτελεί το πρώτο από τα τρία στάδια της διερευνητικής μεθόδου IBSE. Δίνει στους μαθητές το σενάριο (Κείμενο 1) με το οποίο ενημερώνει τους μαθητές σχετικά με το ταξίδι ενός πειρατικού πλοίου και την εύρεση του ημερολογίου ενός πειρατή του πληρώματος. Κατευθύνει τους μαθητές στη διατύπωση του γενικού ερωτήματος «Που βρίσκεται ο κρυμμένος θησαυρός;». Δίνει στους μαθητές αποσπάσματα από το ημερολόγιο.</p> <p>Παρέχει στους μαθητές και τις μαθήτριες έναν χάρτη και ένα διαφανές μιλιμετρέ χαρτί όπου οι μαθητές/τριες θα ανακατασκευάσουν το ταξίδι του πλοίου όπως περιγράφεται στο ημερολόγιο.</p> <p>Καθοδηγεί στη διατύπωση των ερωτημάτων: «Τι παριστάνει η θέση;», «Η θέση έχει μήκος;», «Ποια είναι η σχέση της θέσης με την απόσταση που διανύει το πλοίο;».</p> <p>Παρέχει smartphones (παλιές συσκευές κινητών τηλεφώνων) εφοδιασμένα με μια εφαρμογή ταχυμέτρου (Speedometer) και διαμοιράζει ρολούς στους μαθητές.</p>	<p>Να συλλέξουν αποδεικτικά στοιχεία και κάνουν υποθέσεις σχετικά με το πού μπορεί να βρίσκεται ο κρυμμένος θησαυρός.</p> <p>Να προτείνουν τρόπους σχεδιασμού του πειράματος για να ελέγξουν τις υποθέσεις τους.</p> <p>Να ανακατασκευάσουν το ταξίδι του πλοίου επάνω στο μιλιμετρέ χαρτί.</p> <p>Να κατασκευάσουν σύστημα ορθογωνίων συντεταγμένων και να καθορίσουν τις κλίμακες στους άξονες.</p> <p>Να προσδιορίζουν τη θέση που βρίσκεται κάθε φορά το πλοίο.</p> <p>Να καταγράψουν τον αριθμό των θέσεων που χρειάζονται για τον προσδιορισμό της απόστασης που διανύει το πλοίο. Να καταλήξουν σε συμπεράσματα.</p> <p>Να εξοικειωθούν με τη χρήση του ταχυμέτρου (Speedometer) και τη λήψη μετρήσεων.</p> <p>Να απαντήσουν στο ερώτημα «Ποια μεγέθη συνδέονται άρρηκτα μεταξύ τους;».</p>	<p>Φύλλο Εργασίας 1</p> <p>Διάγραμμα με βέλη 1</p>	<p>Κείμενο 1: Το σενάριο.</p> <p>Κείμενο 2: Το ταξίδι.</p> <p>Κείμενο 3: Από την Καρδαμύλη στον Γερολιμένα και από εκεί στο Ταίναρο.</p> <p>Χάρτης: Ανακατασκευή του ταξιδιού του πειρατικού πλοίου.</p> <p>Ταχύμετρο (Speedometer): Εφαρμογή των smartphones για τη λήψη γραφικής παράστασης θέσης-χρόνου και πίνακα τιμών.</p>

<p>Καθοδηγεί τους μαθητές στη λήψη μετρήσεων χρονικής στιγμής-θέσης και χρονικού διαστήματος-απόστασης.</p> <p>Εκμαιεύει από τους μαθητές ποια μεγέθη είναι άρρηκτα συνδεδεμένα μεταξύ τους και τους ενημερώνει ότι οι επιστήμονες αποκαλούν τα μεγέθη αυτά «γεγονός».</p> <p>Καλεί τους μαθητές να διαβάσουν απόσπασμα από το ημερολόγιο (Κείμενο 2) και να σημειώσουν επάνω στο χάρτη τα σημεία από όπου πέρασε το πλοίο.</p> <p>Καλεί τους μαθητές να διαβάσουν απόσπασμα από το ημερολόγιο (Κείμενο 3) και τους καθοδηγεί να απαντήσουν στο ερώτημα: «<i>Ταντίζεται η απόσταση με τη μετατόπιση;</i>».</p> <p>Κατευθύνει τους μαθητές να πάρουν μετρήσεις και τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις με τη βοήθεια του ταχυμέτρου (Speedometer) αφού τους ενημερώσει να χρησιμοποιήσουν ως μονάδα μέτρησης το m. Οι μετρήσεις αναφέρονται σε όλα τα σημεία από όπου πέρασε το πλοίο και αναφέρονται στο Κείμενο 2.</p> <p>Διατυπώνει το ερώτημα: «<i>Πώς περιγράφεται η κίνηση του πλοίου από το διάγραμμα θέσης-χρόνου;</i>»</p> <p>Ζητά από τους μαθητές να κατασκευάσουν οι ίδιοι τη</p>	<p>Να κατασκευάσουν τις ευθείες που ενώνουν δύο διαδοχικά σημεία από όπου πέρασε το πλοίο και να διαπιστώσουν ότι τροχιά είναι το σύνολο των σημείων από όπου περνά ο πλοίο καθώς και ότι οι τροχιές που σχεδιάστηκαν είναι ευθύγραμμες.</p> <p>Να υπολογίσουν τις αποστάσεις AB, ΒΓ. Η συνολική απόσταση που είναι το μήκος της τροχιάς, ταυτίζεται με τη μετατόπιση του πλοίου;</p> <p>Να εντοπίσουν ένα σημείο X επάνω στο χάρτη που απέχει από το A όσο απέχει και το B και να διαπιστώσουν τις ομοιότητες ανάμεσα στις αποστάσεις AX και BX καθώς και τις διαφορές ανάμεσα στις μετατοπίσεις AX και BX.</p> <p>Να σχεδιάσουν τα διανύσματα των μετατοπίσεων \vec{AX} και \vec{BX}.</p> <p>Να επιλέξουν επάνω στο χάρτη και στην ίδια οριζόντια ευθεία, τρία διαδοχικά σημεία K, Λ, Μ όπου η συνολική απόσταση δεν ταυτίζεται με τη μετατόπιση. Να επιλέξουν επάνω στο χάρτη και στην ίδια οριζόντια ευθεία, τρία διαδοχικά σημεία K, Λ, Μ όπου η συνολική απόσταση ταυτίζεται με τη μετατόπιση.</p>		
---	--	--	--

<p>γραφική παράσταση θέσης-χρόνου από τον πίνακα τιμών που πήραν μέσω smartphone και να τη συγκρίνουν με εκείνη που έλαβαν μέσω της εφαρμογής του κινητού τηλεφώνου.</p>	<p>Να αποθηκεύσουν τα δεδομένα που προέκυψαν από το πείραμα (με βάση τη διαδρομή του πλοίου) και αφού παρατηρήσουν τη γραφική παράσταση θέσης-χρόνος να περιγράψουν την κίνηση του πλοίου χρησιμοποιώντας τις έννοιες: θέση, χρόνος, χρονικό διάστημα, απόσταση, μετατόπιση.</p> <p>Να κατασκευάσουν τη γραφική παράσταση θέσης-χρόνου από τον πίνακα τιμών και να τη συγκρίνουν με την αρχική.</p>		
--	---	--	--

Σχέδιο Δραστηριοτήτων – 2 ^η διδακτική παρέμβαση			
Ενέργειες καθηγητή/τριας	Αναμενόμενες ενέργειες μαθητών/τριών	Προϊόντα μαθητών/τριών	Εκπαιδευτική δραστηριότητα
<p>Παρέχει στους μαθητές το Κείμενο 4, προκαλεί συζήτηση σχετικά με τη διαφορετική τακτική που πρόκειται να ακολουθήσει το κάθε διαγωνιζόμενο πλοίο και τους εκμαιεύει το κεντρικό πρόβλημα: «Ποιο πλοίο θα βγει πρώτο;».</p> <p>Παρέχει χάρτη με τα τρία νησιά όπου σημειώνονται οι διαδρομές που πρόκειται να ακολουθήσουν τα πλοία. Καθοδηγεί στην κατασκευή κλίμακας επάνω στο χάρτη.</p> <p>Παρέχει smartphones (παλιές συσκευές κινητών τηλεφώνων) εφοδιασμένα με μια εφαρμογή ταχυμέτρου (Speedometer) και αποδίδει ρόλους στους μαθητές. Προτείνει στο μαθητή που θα κινεί το πλοίο να εξασκηθεί με</p>	<p>Να διατυπώσουν υποθέσεις σχετικά με ποια τακτική πλοίου θεωρούν ότι είναι πιο αποτελεσματική και συνεπώς θα οδηγήσει στο πλοίο-νικητή.</p> <p>Να σημειώσουν επάνω στο χάρτη τις θέσεις από όπου θα περάσει το κάθε πλοίο και να κατασκευαστεί κλίμακα.</p> <p>Να χρησιμοποιήσουν το ταχύμετρο (Speedometer) του smartphone για να πάρουν μετρήσεις και να αποθηκεύσουν τα δεδομένα.</p>	<p>Φύλλο Εργασίας 2</p> <p>Διάγραμμα με βέλη 2</p>	<p>Κείμενο 4: Το πιο γρήγορο πλοίο.</p> <p>Χάρτες: Τρεις χάρτες με τις τρεις διαφορετικές πορείες των πλοίων.</p> <p>Ταχύμετρο (Speedometer): Εφαρμογή των smartphones για τη λήψη γραφικών παραστάσεων θέσης-χρόνου και πίνακα τιμών.</p>

<p>επαναλαμβανόμενες δοκιμές και μετρήσεις ώστε να μπορεί να κάνει τις σημειωμένες διαδρομές σε 3, 4 και 5 περίπου δευτερόλεπτα.</p> <p>Παρέχει στους μαθητές το Φύλλο Εργασίας 2 όπου ζητείται να συμπληρωθεί ο πίνακας τιμών και να υπολογιστεί η μέση ταχύτητα και η μέση διανυσματική ταχύτητα για το κάθε πλοίο.</p> <p>Ζητά από τους μαθητές να συλλέξουν όλα τα δεδομένα και από τα τρία πειράματα που πραγματοποίησαν (ένα για κάθε πλοίο) και να συμπληρώσουν το σχετικό πίνακα μετρήσεων που υπάρχει στο Φύλλο Εργασίας 2.</p> <p>Διατυπώνει το ερώτημα: «<i>Τα μεγέθη μέση ταχύτητα και μέση διανυσματική ταχύτητα, σχετίζονται μεταξύ τους;</i>».</p> <p>Στη συνέχεια προκαλεί συζήτηση σχετικά με το ποιο πλοίο είναι ο νικητής.</p> <p>Διαπιστώνει διαφωνία στις απόψεις των μαθητών/τριών για το αποτέλεσμα του διαγωνισμού και προκαλεί συζήτηση σχετικά με το ποια μεγέθη αποτελούν κριτήριο για τη νίκη.</p> <p>Παρέχει στους μαθητές τον Πίνακα μετρήσεων 1 που έχει προκύψει από τα δεδομένα του πειράματος με το smartphone και τους ζητά να διερευνήσουν πώς προκύπτουν οι τιμές της τρίτης στήλης που αντιστοιχούν στο μέγεθος που συμβολίζεται με υ_μ. Καθοδηγεί στη διατύπωση του ερωτήματος «<i>Τι εκφράζει το μέγεθος της τρίτης στήλης;</i>».</p> <p>Διατυπώνει το ερώτημα «<i>Τι εκφράζει το μέγεθος της τρίτης</i></p>	<p>Να συμπληρώσουν τον πίνακα μετρήσεων που δίνεται στο Φύλλο Εργασίας 2 και να υπολογίσουν τη μέση ταχύτητα και τη μέση διανυσματική ταχύτητα για το κάθε πλοίο.</p> <p>Συλλέγουν όλα τα δεδομένα από τα πειράματα που πραγματοποίησαν και συμπληρώνουν τον αντίστοιχο πίνακα μετρήσεων στο Φύλλο Εργασίας 2.</p> <p>Συζητούν τα αποτελέσματα και καταλήγουν σε συμπεράσματα.</p> <p>Συζητούν πιθανές διαφωνίες και αναζητούν το κριτήριο που θα τους οδηγήσει σε κοινό αποτέλεσμα.</p> <p>Προτείνουν διορθώσεις στη διοργάνωση των αγώνων και την τακτική που ακολουθούν τα πλοία έτσι ώστε σε πιθανό μελλοντικό αγώνα να μην υπάρξει πρόβλημα σχετικά με την επιλογή του πιο γρήγορου πλοίου.</p> <p>Εξηγούν τους Πίνακες μετρήσεων που λαμβάνουν με εξαγωγή δεδομένων στο κινητό τους τηλέφωνο και αναλύουν τη διαδικασία εύρεσης των μεγεθών, χρονικό διάστημα, μετατόπιση, μέση ταχύτητα.</p>		
--	---	--	--

<p>στήλης όταν το χρονικό διάστημα γίνεται πολύ μικρό ώστε να θεωρηθεί χρονική στιγμή;».</p> <p>Παρέχει στους μαθητές τον Πίνακα μετρήσεων 2 που έχει προκύψει από τα δεδομένα του πειράματος με το smartphone και είναι πιο αναλυτικός από τον Πίνακα μετρήσεων 1. Τους ζητά να διερευνήσουν πώς προκύπτουν οι τιμές dx, dt και v_M.</p> <p>Προτείνει στους μαθητές να ανατρέξουν στο σχολικό βιβλίο, σε εγχειρίδια Φυσικής, σε σημειώσεις ή άλλες πηγές και να εντοπίζουν τους ορισμούς της μέσης ταχύτητας, της μέσης διανυσματικής ταχύτητας και της στιγμιαίας ταχύτητας.</p> <p>Κάνει διάκριση ανάμεσα στο λειτουργικό ορισμό (όλη τη διαδικασία που ακολουθήθηκε για να εξαχθεί ο ορισμός ενός μεγέθους στη Φυσική) και στην απλή διατύπωση του ορισμού μιας έννοιας.</p> <p>Παρέχει στους μαθητές τη γραφική παράσταση $v-t$ που προκύπτει από τη λήψη δεδομένων του πειράματος με τη χρήση του κινητού τηλεφώνου και τους ζητά να περιγράψουν την κίνηση χρησιμοποιώντας τις έννοιες που διδάχτηκαν.</p>	<p>Αναγνωρίζουν ότι μια διαδικασία σαν αυτή που ακολούθησαν αποτελεί το λειτουργικό ορισμό των εννοιών.</p> <p>Εφαρμόζουν τη γνώση που απέκτησαν σε νέο πλαίσιο περιγράφοντας την κίνηση με τη χρήση της γραφικής παράστασης $v-t$ και τις έννοιες που διδάχτηκαν.</p>		
---	---	--	--

Σχέδιο Δραστηριοτήτων – 3 ^η διδακτική παρέμβαση			
Ενέργειες καθηγητή/τριας	Αναμενόμενες ενέργειες μαθητών/τριών	Προϊόντα μαθητών/τριών	Εκπαιδευτική δραστηριότητα
<p>Παρέχει στους μαθητές το Κείμενο 5 και προκαλεί συζήτηση σχετικά με τους τρόπους που πρόκειται να ανακατασκευάσουν τα ταξίδια των τριών πλοίων και θέτει το ερώτημα: «Ποια είναι τα</p>	<p>Κατασκευάζουν κλίμακα επάνω στο χάρτη και χωρίζουν την απόσταση ανάμεσα στα νησιά Σέριφος και Νάξος ανά 20cm.</p> <p>Παίρνουν δοκιμαστικές μετρήσεις με το</p>	<p>Φύλλο Εργασίας 3</p> <p>Διάγραμμα με βέλη 3</p>	

<p><i>χαρακτηριστικά που πρέπει να έχουν οι τρεις διαφορετικές κινήσεις;».</i></p> <p>Παρέχει στους μαθητές χάρτη και κινητά εφοδιασμένα με τις εφαρμογές Accelerometer και Speedometer.</p> <p>Επικεντρώνεται στο ταξίδι του πιο γρήγορου πλοίου και στον αντίστοιχο πίνακα μετρήσεων x-t που λαμβάνεται από το πείραμα και θέτει το ερώτημα: «<i>Πώς μεταβάλλεται η θέση x με το χρόνο t;</i>».</p> <p>Ζητά από τους μαθητές να περιγράψουν μαθηματικά τη γραφική παράσταση x-t που έλαβαν από το πείραμα.</p> <p>Για το ίδιο ταξίδι, ζητά από τους μαθητές να παρατηρήσουν τον πίνακα μετρήσεων v-t και θέτει το ερώτημα: «<i>Παραμένει σταθερή η ταχύτητα;</i>».</p> <p>Ζητά από τους μαθητές να παρατηρήσουν τη γραφική παράσταση v-t και να την προσομοιάσουν μαθηματικά με γνωστή τους συνάρτηση.</p> <p>Θέτει το ερώτημα «<i>Η ταχύτητα μεταβάλλεται με σταθερό ρυθμό;</i>» και καθοδηγεί τους μαθητές στη διαδικασία και τη μεθοδολογία που μπορούν να ακολουθήσουν για να απαντήσουν στο ερώτημα. Για επιπλέον καθοδήγηση θέτει το</p>	<p>Accelerometer έτσι ώστε οι κινήσεις που πραγματοποιούν να ικανοποιούν ορισμένα χαρακτηριστικά.</p> <p>Ανακατασκευάζουν τα δύο από τα τρία ταξίδια: το ταξίδι του πιο γρήγορου και το ταξίδι του πιο αργού πλοίου και παίρνουν μετρήσεις και τις γραφικές παραστάσεις x-t και v-t με την εφαρμογή Speedometer.</p> <p>Αναλύουν τις γραφικές παραστάσεις x-t και v-t, καταλήγουν σε συμπεράσματα σχετικά με τις έννοιες ταχύτητα, επιτάχυνση και περιγράφουν τις κινήσεις (για το κάθε πλοίο ξεχωριστά).</p> <p>Αναγνωρίζουν δύο διαφορετικές κινήσεις, (μία για το κάθε πλοίο): την ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση και την ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση.</p> <p>Μετά από καθοδήγηση και συζήτηση, καταλήγουν σε συγκεκριμένη μεθοδολογία για να βρουν εάν η ταχύτητα μεταβάλλεται με σταθερό ρυθμό.</p> <p>Διερευνούν και καταλήγουν σε συμπέρασμα σχετικά με το πηλίκο μεγεθών το οποίο είναι χρήσιμο για την περιγραφή της κίνησης. Αναζητούν στη βιβλιογραφία και σε πηγές τον τρόπο που</p>		<p>Κείμενο 5: Τρία πλοία για το νησί του θησαυρού.</p> <p>Ταχύμετρο (Speedometer): Εφαρμογή των smartphones για τη λήψη γραφικών παραστάσεων θέσης-χρόνου και πίνακα τιμών.</p> <p>Επιταχυνσιόμετρο (Accelerometer): Εφαρμογή των smartphones για τη λήψη της γραφικής παράστασης a-t.</p> <p>Ανάλυση δεδομένων εργαστηριακής άσκησης: Μελέτη γραφικών παραστάσεων και περιγραφή κινήσεων.</p> <p>Κείμενο 6: Η ιστορική εξέλιξη της έννοιας της επιτάχυνσης.</p>
--	--	--	---

<p>ερώτημα: «Τι ρόλο παίζει ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα Δt στη μεταβολή της ταχύτητας;».</p> <p>Προκαλεί συζήτηση και θέτει το ερώτημα: «Ποιο πηλίκο θα θεωρούσατε χρήσιμο μέγεθος για την περιγραφή της κίνησης;».</p> <p>Θέτει το ερώτημα: «Όταν η ταχύτητα είναι μηδέν είναι και η επιτάχυνση μηδέν;».</p> <p>Καλεί τους μαθητές να διαβάσουν και πάλι το Κείμενο 5 και τους ζητά να ανακατασκευάσουν το ταξίδι του τρίτου πλοίου (του πιο αργού).</p> <p>Θέτει το ερώτημα: «Καθώς το πλοίο κινείται με βαθμιαία μειούμενη ταχύτητα, η κίνηση αυτή μπορεί να περιγραφεί από κάποιου είδους επιτάχυνση;».</p> <p>Καλεί τους μαθητές να παρατηρήσουν τη γραφική παράσταση $x-t$ για το τρίτο πλοίο και θέτει τα ερωτήματα: «Πώς θα περιγράφατε την κίνηση;» και «Ποια μαθηματική μορφή θα προσομοίαζε καλύτερα την καμπύλη της γραφικής παράστασης $x-t$;».</p> <p>Ζητά από τους μαθητές να συγκρίνουν τις γραφικές παραστάσεις $x-t$ και $v-t$ και να εντοπίσουν διαφορές.</p> <p>Καθοδηγεί τους μαθητές να ακολουθήσουν μεθοδολογία που θα τους οδηγήσει να</p>	<p>ορίζει η επιστημονική κοινότητα το πηλίκο αυτό και σε ποιο μέγεθος αντιστοιχεί.</p> <p>Αναζητούν στη βιβλιογραφία πώς ονομάζει η επιστημονική κοινότητα την κίνηση του πρώτου πλοίου που μελέτησαν και αναπαράγουν ποιοτικά τις γραφικές παραστάσεις $x-t$, $v-t$ και $a-t$.</p> <p>Πραγματοποιούν το πείραμα με το τρίτο (το πιο αργό) πλοίο. Λαμβάνουν τις γραφικές παραστάσεις $x-t$ και $v-t$.</p> <p>Συγκρίνουν τις γραφικές παραστάσεις $x-t$ και $v-t$ και καταγράφουν διαφορές μεταξύ τους.</p> <p>Αναζητούν στο σχολικό εγχειρίδιο ή στις σημειώσεις που τους έχουν δοθεί, πώς έχει ονομάσει η επιστημονική κοινότητα την κίνηση που μελέτησαν στο δεύτερο πείραμα (με το αργό πλοίο).</p> <p>Διακρίνουν τη μεθοδολογία που πρέπει να ακολουθήσουν για να καταλήξουν σε συμπέρασμα σχετικά με τον τρόπο μείωσης της ταχύτητας του τρίτου πλοίου. Επισημαίνουν το καθοριστικό ρόλο ενός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος στο οποίο</p>		
---	--	--	--

<p>συμπερνάνουν εάν η ταχύτητα του τρίτου πλοίου μειώνεται με ομαλό τρόπο.</p> <p>Θέτει το ερώτημα: «<i>Τι εκφράζει η κλίση σε γραφική παράσταση v-t;</i>».</p> <p>Προκαλεί αναστοχαστική συζήτηση και ζητά από τους μαθητές να συγκρίνουν τις γραφικές παραστάσεις x-t για το πρώτο και το τρίτο πλοίο. Κάνει το ίδιο για τις γραφικές παραστάσεις v-t.</p> <p>Ζητά από τους μαθητές να επεξεργαστούν τη γραφική παράσταση που έλαβαν με το Accelerometer και να προσδιορίσουν το φυσικό μέγεθος που παριστά το εμβαδόν σε γραφική παράσταση a-t.</p>	<p>πραγματοποιείται η κάθε μεταβολή της ταχύτητας.</p> <p>Υπολογίζουν την κλίση στο διάγραμμα v-t σχολιάζουν το πρόσημο.</p> <p>Οι μαθητές αναστοχάζονται σχετικά με τα πειράματα που πραγματοποίησαν και συγκρίνουν τις δύο διαφορετικές κινήσεις που μελέτησαν.</p> <p>Αναγνωρίζουν το διαφορετικό εννοιολογικό περιεχόμενο των μεγεθών: ταχύτητα v και επιτάχυνση a.</p>		
--	---	--	--