ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 13 (2024)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: ΠΡΑΚΤΙΚΑ

Αξιολογώντας την ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης και κριτικής σκέψης μαθητών σε εργαστήρια Φυσικής με την υποστήριξη φορητών ψηφιακών συσκευών (IB-mlabs)

Μανόλης Κουσλόγλου, Αναστάσιος Μολοχίδης, Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης

doi: 10.12681/codiste.7002

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 08/12/2025 17:21:49

ΑΞΙΟΛΟΓΩΝΤΑΣ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΙΚΗΣ ΣΚΕΨΗΣ ΜΑΘΗΤΩΝ ΣΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΦΟΡΗΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ (IB-mLabs)

Μανόλης Κουσλόγλου[1], Αναστάσιος Μολοχίδης[2], Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης[3]

[1]Υποψ. Διδάκτωρ Α.Π.Θ., Διεύθυνση Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Καβάλας, [2]Αναπλ. Καθηγητής, Τμήμα Φυσικής Α.Π.Θ., [3]Καθηγητής, Τμήμα Φυσικής Α.Π.Θ.

ekouslog@physics.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διερευνητική μάθηση (inquiry-based learning) αποτελεί τον διδακτικό μετασχηματισμό επιστημονικών μεθόδων και βοηθά στην ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης, κριτικής σκέψης & επίλυσης προβλήματος. Η αξιοποίηση των ψηφιακών φορητών συσκευών συνεπικουρούν στην ανάπτυξη αυτών των δεξιοτήτων. Στην παρούσα εργασία περιγράφεται ο σχεδιασμός και εφαρμογή παρεμβάσεων διερευνητικού τύπου με την αξιοποίηση φορητών ψηφιακών συσκευών σε μαθητές της Γ' Γυμνασίου, ενώ παρουσιάζονται και τα ευρήματα σχετικά με την ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης, κριτικής σκέψης & επίλυσης προβλήματος από τους μαθητές.

Λέξεις κλειδιά: Διερευνητική μάθηση, φορητές ψηφιακές συσκευές, δεξιότητες διερεύνησης, κριτική σκέψη

ASSESSING THE DEVELOPMENT OF STUDENTS' INQUIRY PROCESS AND CRITICAL THINKING SKILLS IN PHYSICS LABS SUPPORTED BY PORTABLE DIGITAL DEVICES (IB-mLabs)

Manolis Kousloglou[1], Anastasios Molohidis[2], Euripides Hatzikraniotis[3]

[1]PhD Candidate (A.U.Th), Directorate of Secondary Education of Kavala, [2]Associate Professor, School of Physics, A.U.Th, [3]Professor, School of Physics, A.U.Th

ekouslog@physics.auth.gr

ABSTRACT

Inquiry-based learning is a pedagogical transformation of scientific methods that promotes the development of inquiry process skills, as well as critical thinking & problem solving skills. The use of digital mobile devices facilitates the growth of these skills. This paper describes the design and implementation of inquiry type interventions using portable digital devices as well as the findings regarding the development of inquiry process skills and critical thinking & problem solving skills among the Grade-9 high school students.

Keywords: Inquiry-based learning, portable digital devices, inquiry skills

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διερευνητική μάθηση (Inquiry-based learning - IBL) αποτελεί μια εποικοδομητική προσέγγιση όπου οι μαθητές μπαίνουν στη θέση των επιστημόνων και αναπτύσσουν δικά τους ερωτήματα, διατυπώνουν υποθέσεις και σχεδιάζουν δραστηριότητες για να τις ελέγξουν, αναλύουν τα αποτελέσματα από τα πειράματά τους, εξάγουν συμπεράσματα και προχωρούν σε αναστοχασμό και κοινοποίηση των πορισμάτων τους. Έτσι, διεξάγουν έρευνες οικοδομώντας νέα γνώση με βάση τα τεκμήρια (Liu et al., 2021). Η εμπειρική έρευνα παρέχει στοιχεία για τα πιθανά οφέλη που μπορεί να φέρει η διερευνητική μάθηση στον γνωστικό, μεταγνωστικό και κοινωνικοσυναισθηματικό τομέα των μαθητών, συμπεριλαμβανομένων (α) γνωστικών επιτευγμάτων, (β) ανάπτυξης δεξιοτήτων διαδικασίας και σκέψης, (γ) ανάπτυξης στάσεων απέναντι στην επιστήμη και παροχή εμπειριών με την επιστήμη, (δ) ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών και δεξιοτήτων διερεύνησης, (ε) ανάπτυξη γνωσιολογικής επίγνωσης για το πώς λειτουργεί η επιστήμη (Chinn & Malhotra, 2002· NRC, 2012)

Τις τελευταίες δεκαετίες καταγράφονται ολοένα αυξανόμενες εκκλήσεις ώστε η διερευνητική μάθηση να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών. Αυτές οι εκκλήσεις βασίζονται στην αναγνώριση ότι η επιστήμη είναι μια ανοιχτού τύπου διαδικασία για την κατασκευή συνεκτικών εννοιολογικών πλαισίων με προγνωστικές ικανότητες, η οποία καθοδηγείται από ερωτήματα. Οι μαθητές πρέπει να συμμετέχουν στις πρακτικές της επιστημονικής έρευνας προκειμένου να καλλιεργηθούν σε αυτούς οι θεμελιώδεις πτυχές της επιστήμης (Constantinou et al., 2018). Η διερευνητική μέθοδος προτείνεται πλέον στα νέα αναλυτικά προγράμματα σπουδών (ΑΠΣ) της χώρας μας, για τη διδασκαλία της Φυσικής σε Γυμνάσιο και Λύκειο, όπου επίσης προτείνεται και η χρήση των νέων τεχνολογιών.

Οι φυσικές επιστήμες, από τη φύση τους βασίζονται στη διερεύνηση του φυσικού κόσμου και οι ψηφιακές φορητές συσκευές θεωρούνται κατάλληλες να την υποστηρίξουν (Suarez et al., 2018). Μάλιστα, τα σύγχρονα εργαστήρια συγχρονικής καταγραφής (Microcomputer-based labs - MBL) που περιλαμβάνουν ασύρματους αισθητήρες οι οποίοι συνδέονται με υπολογιστικές συσκευές, όπως tablets και smartphones, προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα, ως προς την αξιοποίησή τους σε πειραματικές δραστηριότητες (Rane, 2018). Τα MBL είναι ένα ισχυρό εργαλείο εκμάθησης στις Φυσικές Επιστήμες, αφού τα δεδομένα που συλλέγουν οι αισθητήρες τους για φυσικά φαινόμενα όπως η κίνηση, η θερμότητα και η θερμοκρασία και ο χρόνος απόκρισης. μπορούν να εμφανιστούν σε μορφή γραφημάτων σε πραγματικό χρόνο και γενικά να γίνει μέτρηση, καταγραφή και ανάλυση δεδομένων (Chen et al., 2014).

Η κατανόηση της επιστήμης που αναπτύσσεται στο εργαστήριο περιλαμβάνει και την ανάπτυξη δεξιοτήτων σχετικά με την επιστημονική έρευνα του υπό μελέτη πεδίου (Lefkos et al., 2010). Οι δεξιότητες διερεύνησης είναι αυτές που χρησιμοποιούνται κατά την παραγωγή επιστημονικής γνώσης και θεμελιώνουν συμπεριφορές, οι οποίες είναι αποδεκτές στους περισσότερους επιστημονικούς κλάδους (American Association for the Advancement of Science - AAAS, 1993). Έχουν διατυπωθεί πολλές απόψεις σχετικά με το ποιες είναι οι δεξιότητες διερεύνησης, ωστόσο, όλες έχουν πάρα πολλά κοινά σημεία. Σύμφωνα δε με το National Research Council (2000), οι δεξιότητες διερεύνησης ή επιστημονικές πρακτικές είναι: (α) η αναγνώριση/ταυτοποίηση (αναγνώριση και εκλέπτυνση των ερωτημάτων της έρευνας) και η πρόβλεψη (διατύπωση υποθέσεων και δημιουργία προβλέψεων), (β) ο σχεδιασμός (σχεδίαση και πραγματοποίηση ερευνών για την επίτευξη τεκμηρίων), η οργάνωση, παρατήρηση και μέτρηση (πραγματοποίηση συστηματικών παρατηρήσεων, συλλογή δεδομένων, αναζήτηση τεκμηρίων, ανάλυση, ερμηνεία και αξιολόγηση δεδομένων και αποτελεσμάτων), (γ) η αξιολόγηση, σύγκριση, αντιπαραβολή, ταξινόμηση (ανάπτυξη επεξηγήσεων, κατασκευή και χρήση μοντέλων, εμπλοκή σε επιχειρηματολογία με βάση τα τεκμήρια), (δ) η επικοινωνία (επικοινωνία με επιστημονικό τρόπο σε διαφορετικές συνθήκες και σε όλα τα βήματα της διερευνητικής διαδικασίας).

Η κριτική σκέψη είναι μια λογική, στοχαστική, υπεύθυνη και εξειδικευμένη διαδικασία σκέψης που εστιάζει στο τι πρέπει να πιστέψουμε και να πράξουμε (Cavus & Uzunboylu, 2009). Η κριτική σκέψη παίζει ρόλο στην πρακτική της επιστήμης όπως στον εντοπισμό και ορισμό ενός επιστημονικού προβλήματος, στη διατύπωση ερωτημάτων, στη συλλογή πληροφοριών, στον εντοπισμό κατάλληλων λύσεων και στην αξιολόγησή τους, στη λήψη αποφάσεων, στην επιχειρηματολογία, στον ανοικτό διάλογο, στον έλεγχο με προσοχή και αυστηρότητα, στην απόρριψη ή αποδοχή μιας υπόθεσης (Santos, 2017). Η επίλυση προβλήματος στο πλαίσιο της εκπαίδευσης αναφέρεται στην ικανότητα των μαθητών να εντοπίζουν προβλήματα, να αποκτούν και να αξιολογούν σχετικές πληροφορίες, να αναπτύσσουν στρατηγικές λύσης, να προτείνουν εναλλακτικές και βιώσιμες λύσεις, να λύνουν προβλήματα και να επικοινωνούν τις λύσεις (Hwang et al., 2018· OECD, 2005). Οι δεξιότητες της κριτικής σκέψης και της επίλυσης προβλήματος, μαζί με άλλες δεξιότητες ανήκουν στις δεξιότητες του 21ου αιώνα που πρέπει να κατακτήσουν οι μαθητές για να είναι ανταγωνιστικοί στους χώρους εργασίας του μέλλοντος. Οι ερευνητές συμφωνούν ότι η επίλυση προβλήματος ή η εξεύρεση κατάλληλων λύσεων για προβλήματα είναι ένας τρόπος με τον οποίο συνδέονται η κριτική σκέψη και η επιστήμη (Santos, 2017). Πολλοί ερευνητές, όπως ο Kurfiss (1988) ορίζουν την κριτική σκέψη ως μια νοητική διαδικασία που σκοπός της είναι να διερευνήσει μια κατάσταση, φαινόμενο, ερώτημα ή πρόβλημα για να καταλήξει σε μια υπόθεση ή ένα συμπέρασμα που ενσωματώνει όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες και που μπορεί επομένως να ελεγχθεί πειστικά. Η διερευνητική μάθηση θεωρείται μια εξαιρετικά επωφελής στρατηγική διδασκαλίας που μεταξύ άλλων βοηθά τους μαθητές να βελτιώσουν την κριτική σκέψη και την επίλυση προβλήματος, αλλά και να αναπτύξουν και να εφαρμόσουν τις δεξιότητες διερεύνησης στην καθημερινή τους ζωή (Arantika et al., 2019· Hwang et al., 2020).

Στην παρούσα εργασία περιγράφεται η εφαρμογή μιας σειράς παρεμβάσεων διερευνητικού τύπου με την αξιοποίηση φορητών ψηφιακών συσκευών σε μαθητές της Γ' Γυμνασίου καθώς και τα ευρήματα σχετικά με την ανάπτυξη τόσο δεξιοτήτων διερεύνησης όσο και κριτικής σκέψης & επίλυσης προβλήματος από τους συμμετέχοντες μαθητές. Η σειρά αναπτύσσεται κατά τη διάρκεια τεσσάρων μηνών και σχετίζεται με τη μελέτη τεσσάρων ενοτήτων της Φυσικής.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Το δείγμα είναι 13 μαθητές Γ' Γυμνασίου, μέλη Εκπαιδευτικού Ομίλου, εκ των οποίων 11 κορίτσια και 2 αγόρια, με διαφορετικές επιδόσεις στο μάθημα της Φυσικής. Οι συναντήσεις πραγματοποιούνταν μία φορά/εβδομάδα για ένα διδακτικό δίωρο. Για τις ανάγκες της έρευνας σχεδιάστηκαν και εφαρμόστηκαν τέσσερις συνολικά παρεμβάσεις, τρεις εκ των οποίων αφορούσαν τη μελέτη των ταλαντώσεων (Νόμος του Hooke, Κατακόρυφη ταλάντωση ελατηρίου και Απλό εκκρεμές), ενώ η τέταρτη αφορούσε την Τριβή, ώστε να αξιολογηθεί και η δυνατότητα μεταφοράς (transferability) της ανάπτυξης δεξιοτήτων διερεύνησης από τους μαθητές. Όλες οι παρεμβάσεις είχαν την ίδια, διερευνητικού τύπου δομή (Πίνακας 1), σύμφωνα με το πλαίσιο που αναπτύχθηκε από τους Pedaste et al. (2015).

Πίνακας 1. Δομή των παρεμβάσεων

Φύλλο Εργασίας	Περιεχόμενα (βήματα στις φάσεις κατά Pedaste)	Φάσεις κατά Pedaste
1ο	Αφόρμηση Ερώτηση, Διατύπωση Υποθέσεων	ORIENTATION (ΑΦΟΡΜΗΣΗ) CONCEPTUALIZATION (ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΗΣΗ)
2ο	Σχεδίαση & Εκτέλεση Πειράματος. Ανάλυση	INVESTIGATION (ΕΡΕΥΝΑ)
3ο	Αξιολόγηση, Γενίκευση	CONCLUSION (ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ)
1ο, 2ο, 3ο	Επικοινωνία, Αναστοχασμός	DISCUSION (ΣΥΖΗΤΗΣΗ)

Κατά τη διάρκεια των παρεμβάσεων αξιοποιήθηκε συμβατικός εργαστηριακός εξοπλισμός (ελατήρια, βαρίδια, σφιγκτήρες κλπ,), αλλά και φορητή ψηφιακή τεχνολογία, δηλαδή αισθητήρες δύναμης SmartCart

της PASCO και το συνοδευτικό λογισμικό SPARKvue (2014) που εγκαταστάθηκε στα tablets τους σχολείου. Κάθε παρέμβαση ξεκινούσε με μία νοηματοδοτούμενη ιστορία, εμπνευσμένη από την καθημερινότητα που λειτουργούσε ως αφόρμηση. Ένα δείγμα ιστορίας-αφόρμησης δίνεται παρακάτω:

Ο Γιάννης θέλει να αγοράσει ένα ποδήλατο, αλλά δεν έχει αποφασίσει αν θα είναι ποδήλατο πόλης ή βουνού. Στο κατάστημα του είπαν ότι μια βασική διαφορά στους δυο τύπους είναι ότι το ποδήλατο βουνού έχει πιο σκληρά ελατήρια. Ο Γιάννης διάβασε στο internet για τη σκληρότητα του ελατηρίου, αλλά δεν το πολυκατάλαβε, και έτσι αποφάσισε να διερευνήσει πώς η δύναμη επιδρά στην επιμήκυνση των ελατηρίων.

Με βάση την ιστορία αφόρμησης, στη φάση της εννοιολόγησης οι μαθητές καλούνται αρχικά να συμπληρώσουν το "φύλλο σχεδίασης" απαντώντας σε ερωτήσεις που αντιστοιχούν στις φάσεις της επιστημονικής μεθόδου και αφορούν τα βήματα της ερώτησης (*Τι πρόκειται να ερευνήσει ο πρωταγωνιστής της ιστορίας)*, της διατύπωσης πρόβλεψης ή υπόθεσης (*Από τι πιστεύεις ότι εξαρτάται το φυσικό μέγεθος που εξετάζουμε, Γιατί το πιστεύεις αυτό),* της σχεδίασης του πειράματος *(Τι θα έκανες για να το ερευνήσεις - Τι θα αλλάζεις - Τι θα κρατάς ίδιο - Τι θα ελέγχεις, Τι υλικά θα χρειαστείς, Τι θα παρατηρείς / μετράς)* και της αποτίμησης των μετρήσεων (*Πώς θα συμπεράνεις αν έκανες σωστή πρόβλεψη*). Ουσιαστικά, έπρεπε οι μαθητές να σχεδιάσουν και να υλοποιήσουν μια σειρά δραστηριοτήτων, να συλλέξουν τα απαραίτητα δεδομένα, τα οποία να οργανώσουν και να ερμηνεύσουν, ώστε στο τέλος να καταλήξουν σε συμπέρασμα (Hackling, 2005). Οι μαθητές συμπλήρωναν το "φύλλο σχεδίασης" πριν από κάθε παρέμβαση, στη φάση της εννοιολόγησης και ξανά μετά την παρέμβαση με διαφορετικό χρώμα στυλό, παίρνοντας υπόψη τι είχαν συμπληρώσει προηγουμένως. Μετά το τέλος της παρέμβασης οι μαθητές καλούνταν να συμπληρώσουν και το "δοκίμιο αναστοχασμού", απαντώντας σε ερωτήσεις που άπτονται της ανάλυσης των δεδομένων (*Πώς διαχειρίστηκες τα δεδομένα που συνέλεξες, Διαπίστωσες κάποια σχέση ανάμεσα στο φυσικό μέγεθος που μετρούσες και σε αυτό που άλλαζες κάθε φορά, Πώς το διαπίστωσες*) και του αναστοχασμού (*Πόσο εμπιστεύεσαι τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από τις μετρήσεις, Πώς θα μπορούσες να βελτιώσεις τη διαδικασία, Τι έμαθες όσον αφορά τις επιστημονικές μεθόδους στη Φυσική*).

Για την αξιολόγηση της ανάπτυξης δεξιοτήτων διερεύνησης, οι απαντήσεις σε κάθε ερώτηση του "φύλλου σχεδίασης" και του "δοκίμιου αναστοχασμού" αξιολογήθηκαν η κάθε μία ξεχωριστά με βάση ρουμπρίκα που αναπτύχθηκε για τον σκοπό αυτό. Το περιεχόμενο των απαντήσεων σε κάθε ερώτηση αποτιμήθηκε με τριβάθμια κλίμακα: 0-λανθασμένη απάντηση, 1-ελλιπής απάντηση, 2-πλήρης απάντηση.

Για την αποτίμηση της ανάπτυξης της κριτικής σκέψης αξιοποιήθηκαν κριτήρια από ρουμπρίκες αξιολόγησης WSU Guide to Rating CT, που αναπτύχθηκε από το Washington State University (WSU), που είναι κατάλληλα για τα στοιχεία των δεξιοτήτων κριτικής σκέψης & επίλυσης προβλήματος. Πιο συγκεκριμένα, από τη μελέτη των Kelly-Riley et al., (2008), αξιοποιήθηκαν κριτήρια από τις προσαρμογές των Hansen Thor (pp. 18) και Lisa Morris, (pp. 24) που αφορούν τις Φυσικές Επιστήμες και τη Φυσική, αντίστοιχα. Στον πίνακα 2 εμφανίζονται, στην 1η στήλη τα επτά στοιχεία της κριτικής σκέψης και επίλυσης προβλήματος που ελέγχονται και στη 2η στήλη οι ερωτήσεις του Φύλλου σχεδίασης και του αναστοχαστικού δοκιμίου, από όπου αντλήθηκαν αντίστοιχα τα δεδομένα. Θα πρέπει να επισημανθεί, ότι επικουρικά αξιοποιήθηκαν οι απαντήσεις που δόθηκαν στα Φύλλα Εργασίας, καθώς και στους πίνακες καταγραφής δεδομένων που συμπλήρωνε υποχρεωτικά κάθε μαθητής κατά τη διάρκεια των παρεμβάσεων.

Πίνακας 2 Αντιστοιχία στοιχείων κριτικής σκέψης & Επίλυσης προβλήματος με τα ερωτήματα του Φύλλου σχεδίασης/ αναστοχαστικού δοκιμίου

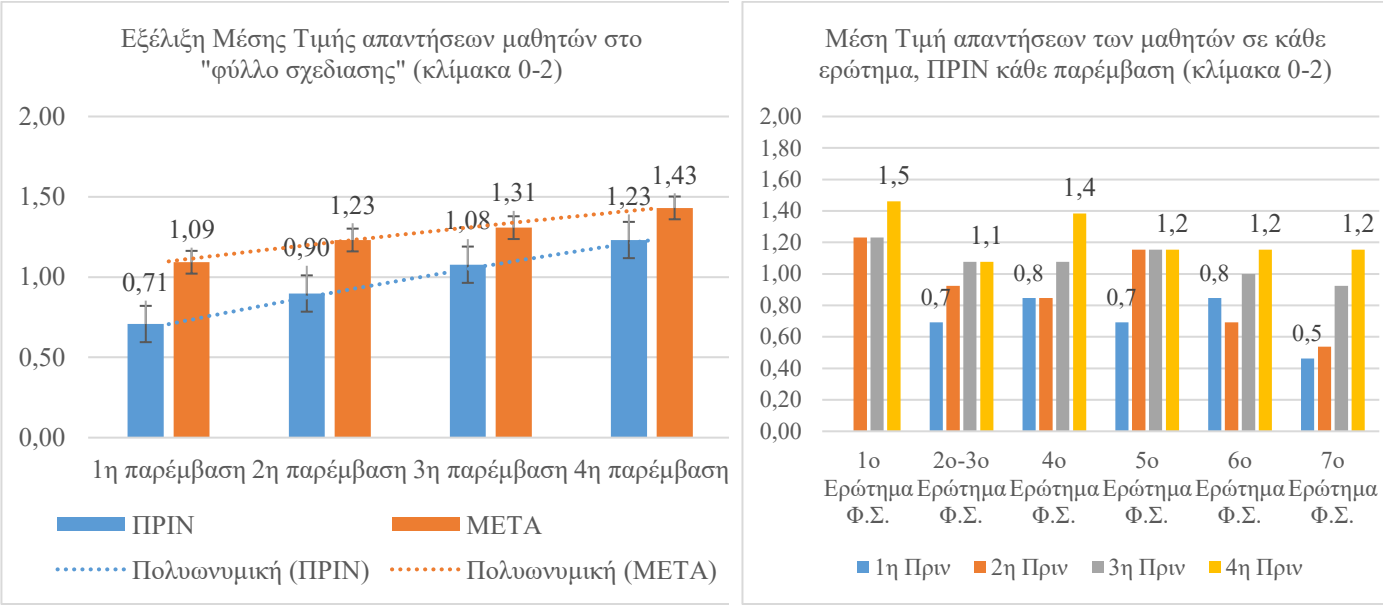
Κριτήριο	**α/α στοιχείου/ερώτησης Φύλλου σχεδίασης/ αναστοχαστικού δοκιμίου από όπου αντλήθηκαν δεδομένα**

1.	Προσδιορισμός προβλήματος: Ο μαθητής εντοπίζει και συνοψίζει το υπό διερεύνηση πρόβλημα.	1. Τι πρόκειται να ερευνήσεις;
2.	Η δημιουργία μιας ξεκάθαρης προοπτικής πάνω στο πρόβλημα: Ο μαθητής εντοπίζει και παρουσιάζει τη δική του οπτική και τις θέσεις του, καθώς είναι σημαντικό για την ανάλυση του προβλήματος.	2. Από τι πιστεύετε ότι εξαρτάται… (αναγράφεται η εξαρτημένη μεταβλητή, ανάλογα με την θεματική ενότητα) 3. Γιατί το πιστεύεις αυτό;
3.	Προσδιορισμός και αξιολόγηση τεκμηρίων: Ο μαθητής εντοπίζει και αξιολογεί την ποιότητα των υποστηρικτικών δεδομένων /αποδεικτικών στοιχείων και παρέχει πρόσθετα δεδομένα/αποδεικτικά στοιχεία σχετικά με το πρόβλημα.	6. Τι θα παρατηρείς / μετράς; 7α. Ποια στοιχεία δείχνουν αν έκανες σωστή πρόβλεψη; 9α. Αναζήτησε κάποια σχέση ανάμεσα στο φυσικό μέγεθος που μετρούσες (εξαρτημένη μεταβλητή) και σε αυτό που άλλαζες κάθε φορά (ανεξάρτητη μεταβλητή).
4.	Διενέργεια πειραμάτων: Ο μαθητής προτείνει ή διεξάγει πειράματα για να ελέγξει τις υποθέσεις του	4. Τι θα έκανες για να το ερευνήσεις; Α) Τι θα αλλάζεις; Β) Τι θα κρατάς ίδιο; Γ) Τι θα ελέγχεις; 5. Τι υλικά θα χρειαστείς;
5.	Προσδιορισμός μοτίβων: Ο μαθητής προσδιορίζει μοτίβα στα δεδομένα και προτείνει υποθέσεις/λύσεις για να τα εξηγήσει	8. Πώς διαχειρίστηκες τα δεδομένα που συνέλεξες; 9β. Διαπίστωσες κάποια σχέση ανάμεσα στο φυσικό μέγεθος που ερεύνησες (εξαρτημένη μεταβλητή) και σε αυτό που άλλαζες κάθε φορά (ανεξάρτητη μεταβλητή);
6.	Αξιολόγηση πηγών: Ο μαθητής αξιοποιεί τις πληροφορίες που έχει συλλέξει, ώστε να καταλήξει σε μία φυσικώς εφικτή λύση	9γ. ΠΩΣ διαπίστωσες τη σχέση ανάμεσα στο φυσικό μέγεθος που μετρούσες (εξαρτημένη μεταβλητή) και σε αυτό που άλλαζες κάθε φορά (ανεξάρτητη μεταβλητή); 10. Πόσο εμπιστευόμαστε τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από τα δεδομένα; Πώς θα μπορούσες να βελτιώσεις τη διαδικασία;
7.	Εξαγωγή συμπερασμάτων: Ο μαθητής καταλήγει και αξιολογεί συμπεράσματα	7β. Πώς θα βγάλεις συμπέρασμα αν έκανες σωστή πρόβλεψη;

Η αξιολόγηση των απαντήσεων των μαθητών έγινε με τρίβαθμη κλίμακα (1: λάθος απάντηση, 3: πλήρης απάντηση), καθώς το δείγμα ήταν πολύ μικρό (13 μαθητές/τριες).

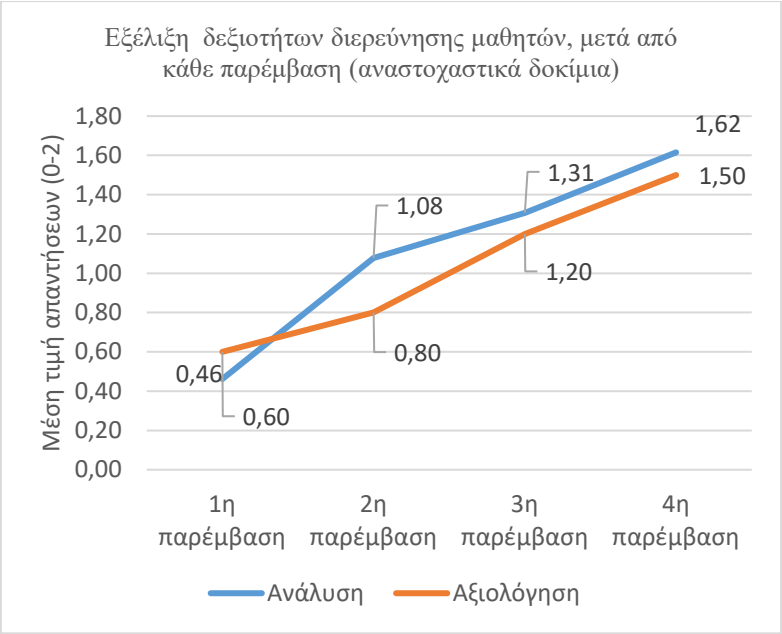
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Κατά τη διάρκεια των παρεμβάσεων καταγράφηκε βελτίωση των μαθητών, όσον αφορά τις δεξιότητες διερεύνησης. Στο σχήμα 1α παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, όσον αφορά το «φύλλο σχεδίασης». Παρατηρούμε ότι εμφανίζεται μια συνεχή αύξηση στη μέση τιμή των απαντήσεων, τόσο από παρέμβαση σε παρέμβαση, όσο και πριν/μετά την κάθε παρέμβαση. Στο σχήμα 1β παρουσιάζονται τα σκορ των μαθητών, ανά ερώτημα του φύλλου σχεδίασης, μετά από κάθε παρέμβαση. Γενικά, εμφανίζεται σταδιακή βελτίωση. Να επισημάνουμε ότι, πριν την 1η παρέμβαση δόθηκε στους μαθητές το πρόβλημα που είχαν να διαχειριστούν, ώστε να μπορούν να απαντήσουν στα επόμενα ερωτήματα, μιας και ως τότε δεν διέθεταν κάποια εμπειρία από διερευνητικές μεθόδους.



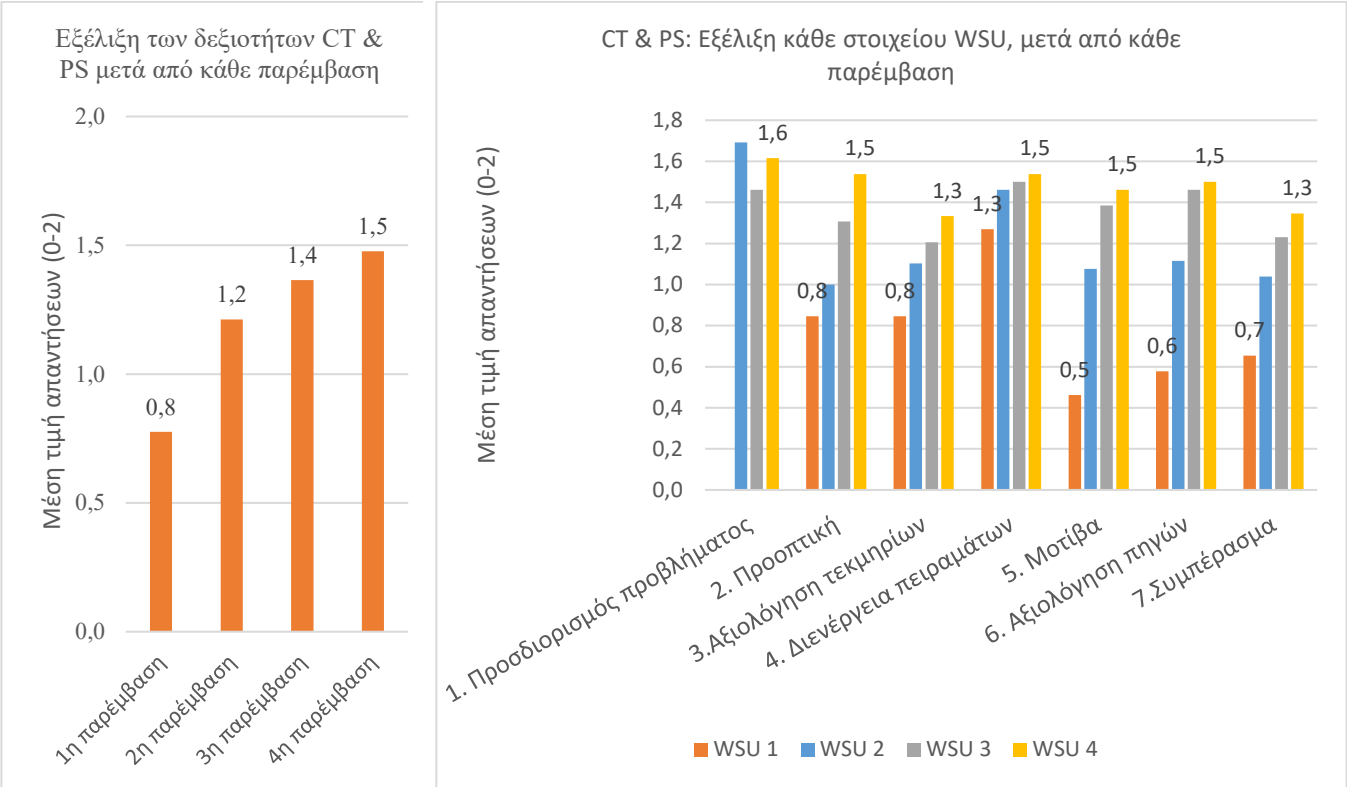
Σχήμα 1. (α) Εξέλιξη των μαθητών πριν και μετά από κάθε παρέμβαση (Φύλλο σχεδίασης), (β) Εξέλιξη των μαθητών μετά από κάθε παρέμβαση, ανά ερώτημα του Φύλλου Σχεδίασης (Φ.Σ.)

Όσον αφορά στο «δοκίμιο αναστοχασμού», στο σχήμα 2 φαίνεται η εξέλιξη των μαθητών, όσον αφορά στις δεξιότητες ανάλυσης και αξιολόγησης, μετά από κάθε παρέμβαση. Καταγράφεται σταδιακή θετική εξέλιξη.



Σχήμα 2. Εξέλιξη μαθητών, όσον αφορά στις δεξιότητες ανάλυσης και αξιολόγησης (αναστοχαστικά δοκίμια)

Στο σχήμα 3α αποτυπώνεται η βελτίωση των δεξιοτήτων κριτικής σκέψης και επίλυσης προβλήματος (CT & PS) των μαθητών, μετά από κάθε παρέμβαση, από 0,8 μετά την 1η, σε 1,5 μετά την 4η παρέμβαση. Στο σχήμα 3β αποτυπώνεται η εξέλιξη ανά κριτήριο. Φαίνεται η σταδιακή βελτίωση του σκορ των μαθητών σε όλα τα κριτήρια, πλην του προσδιορισμού του προβλήματος, που ήδη η απόδοση ήταν πολύ υψηλή από τη 2η παρέμβαση και μετά.



Σχήμα 3. (α) Σύγκριση απαντήσεων μαθητών ΠΡΙΝ & ΜΕΤΑ την κάθε παρέμβαση β) Εξέλιξη της ανάπτυξης δεξιοτήτων κριτικής σκέψης & επίλυσης προβλήματος από τους μαθητές

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα εργασία περιγράφονται οι παρεμβάσεις διερευνητικού τύπου, πάνω στο μάθημα της Φυσικής, συνολικής διάρκειας τεσσάρων μηνών σε 13 μαθητές Γ' Γυμνασίου, κατά το σχολικό έτος 2022-23. Αποτιμήθηκαν τόσο η ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης, όσο και δεξιοτήτων κριτικής σκέψης & επίλυσης προβλήματος των μαθητών. Όσον αφορά τις δεξιότητες διερεύνησης, φαίνεται ότι η αναγνώριση/ταυτοποίηση του προβλήματος βελτιώθηκε σημαντικά, αν σκεφτούμε ότι κατά την 1η παρέμβαση οι μαθητές δεν ήταν σε θέση να προσδιορίσουν το προς διερεύνηση πρόβλημα, το οποίο και τους δόθηκε προκειμένου να μπορούν να συνεχίσουν τη διερευνητική διαδικασία προς τη σωστή κατεύθυνση. Επίσης, βελτίωση παρουσιάζουν οι ικανότητες διατύπωσης υποθέσεων και δημιουργίας προβλέψεων, η σχεδίαση και πραγματοποίηση ερευνών για την επίτευξη τεκμηρίων, η πραγματοποίηση συστηματικών παρατηρήσεων, συλλογής δεδομένων, αναζήτησης τεκμηρίων, ανάλυσης, ερμηνείας και αξιολόγησης δεδομένων και αποτελεσμάτων, καθώς και η αξιολόγηση, ανάπτυξη επεξηγήσεων, κατασκευή και χρήση μοντέλων. Αντίστοιχα, όσον αφορά τις δεξιότητες κριτικής σκέψης και επίλυσης προβλήματος, αποτυπώνεται σταδιακή βελτίωσή τους, μετά από κάθε παρέμβαση. Μάλιστα, βελτίωση παρουσιάζεται σε όλα τα επιμέρους κριτήρια που τέθηκαν με βάση την τροποποιημένη ρουμπρίκα WSU που αξιοποιήθηκε. Αξίζει να αναφερθεί ότι είναι διαθέσιμα ευρήματα ανάπτυξης δεξιοτήτων διερεύνησης και κριτικής σκέψης για κάθε μαθητή ξεχωριστά και για κάθε στοιχείο/κριτήριο, που όμως ωστόσο δεν παρουσιάζονται στο παρόν άρθρο.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η ανάπτυξη των δεξιοτήτων διερεύνησης και κριτικής σκέψης φαίνεται να καλλιεργούνται ταυτόχρονα κατά τη διάρκεια εργαστηριακών διερευνητικών παρεμβάσεων, γεγονός που δεν ξενίζει αν δούμε ότι αυτές οι δεξιότητες έχουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά. Επίσης, φαίνεται ότι υπάρχει δυνατότητα μεταφοράς (transferability) των δεξιοτήτων εντός του γνωστικού αντικειμένου (Φυσική), καθώς συνεχίστηκε η βελτίωσή τους και στην 4η παρέμβαση (Τριβή), μία ενότητα που δεν σχετίζονταν με τις ταλαντώσεις.

Η παρούσα έρευνα μπορεί να συμβάλει στη μελέτη των πλεονεκτημάτων που μπορεί να προσφέρει η εφαρμογή εργαστηρίων Φυσικών Επιστημών διερευνητικού τύπου με την αξιοποίηση ψηφιακών φορητών συσκευών, που είναι εξαιρετικά περιορισμένη στη χώρα μας, αν και προβλέπεται και προωθείται στα Νέα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών. Ωστόσο, οι περιορισμοί της έρευνας, όπως το μικρό πλήθος μαθητών, που μάλιστα ανήκουν σε συγκεκριμένη τάξη, συγκεκριμένου σχολείου, επιβάλουν τον προγραμματισμό περεταίρω έρευνας σε μεγαλύτερο πλήθος μαθητών, διαφορετικών σχολείων, ώστε οι ενδείξεις που παρουσιάζονται στην έρευνά μας να αποτελέσουν ενδεχομένως ισχυρά τεκμήρια.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

AAAS (1993). *Benchmarks for science literacy, a project 2061 report.* Oxford University Press.

Arantika, J., Saputro, S., & Mulyani, S. (2019). Effectiveness of guided inquiry-based module to improve science process skills. In *Journal of physics: conference series* (Vol. 1157, No. 4, p. 042019). IOP Publishing. http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1157/4/042019

Cavus, N., & Uzunboylu, H. (2009). Improving critical thinking skills in mobile learning. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *1*(1), 434-438. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.078

Chen, S., Chang, W. H., Lai, C. H., & Tsai, C. Y. (2014). A Comparison of Students' Approaches to Inquiry, Conceptual Learning, and Attitudes in Simulation-Based and Microcomputer-Based Laboratories. *Science Education*, *98*(5), 905–935. https://doi.org/10.1002/sce.21126

Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science education*, *86*(2), 175-218. https://doi.org/10.1002/sce.10001

Condon, W., & Kelly-Riley, D. (2004). Assessing and teaching what we value: The relationship between college-level writing and critical thinking abilities. *Assessing Writing*, *9*(1), 56-75. https://doi.org/10.1016/j.asw.2004.01.003

Constantinou, C.P., Tsivitanidou, O.E., Rybska, E. (2018). What Is Inquiry-Based Science Teaching and Learning?. In: Tsivitanidou, O., Gray, P., Rybska, E., Louca, L., Constantinou, C. (eds) Professional Development for Inquiry-Based Science Teaching and Learning. Contributions from Science Education Research, vol 5. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91406-0_1

Hackling, M. W. (2005). *Working scientifically: Implementing and assessing open investigation work in science.* Department of Education and Training, Western Australia. ISBN 0 7307 4146 X.

Hwang, G. J., Li, K. C., & Lai, C. L. (2020). Trends and strategies for conducting effective STEM research and applications: A mobile and ubiquitous learning perspective. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, *14*(2), 161-183. https://doi.org/10.1504/IJMLO.2020.106166

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*(1), 75-93. https://doi.org/10.1007/s11423-017-9540-3

Kelly-Riley, D., Brown, G., Condon, B., & Law, R. (2008). Washington State University Critical Thinking Project: Resource Guide.

Kurfiss, J. G. (1988). *Critical Thinking: Theory, Research, Practice, and Possibilities. ASHE-ERIC Higher Education Report No. 2, 1988*. ASHE-ERIC Higher Education Reports, The George Washington University, One Dupont Circle, Suite 630, Dept. RC, Washington, DC 20036-1183.

Lefkos, I., Psillos, D., & Hatzikraniotis, E. (2010). Talking physics in inquiry based virtual laboratory activities. In *CBLIS Conference Proceedings 2010 Application of new technologies in science and education. CY - Λευκωσία: University of Cyprus.* Ανακτήθηκε στις 01/8/2023 από το *https://gnosis.library.ucy.ac.cy/handle/7/64752*

Liu, C., Zowghi, D., Kearney, M., & Bano, M. (2021). Inquiry-based mobile learning in secondary school science education: A systematic review. *Journal of Computer Assisted Learning*, *37*(1), 1–23. https://doi.org/10.1111/jcal.12505

National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. National Academies Press.

National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.

OECD. (2005). *PISA 2003 Technical Report*. Paris: OECD

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A., Kamp, E. T., Manoli C.C., Zacharias C.Z. & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational research review*, *14*, 47-61. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003

Rane, L. V. (2018). Rane, L. V. (2018). Microcomputer Based Laboratory–An effective instructional tool: A review. *IJRAR-International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR)*, *5*(1), 530-538.

Santos, L. F. (2017). The role of critical thinking in science education. *Online Submission*, *8*(20), 160-173.

SPARKvue (4.7.1.8). (2014). [Mobile app]. PASCO. https://www.pasco.com/products/software/sparkvue

Suárez, Á., 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. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.11.004.