

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

13^ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΚΑΙ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Νέες Τάσεις και Έρευνα στη Μάθηση, τη Διδασκαλία
και τις Τεχνολογίες στις Φυσικές Επιστήμες

10 - 12 Νοεμβρίου 2023



ΠΡΑΚΤΙΚΑ

Επιμέλεια έκδοσης:

Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης, Γεώργιος Στύλος,

Γεωργία Βακάρου, Λεωνίδα Γαβριλάς, Δημήτρης Πανάγου

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ
ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ
ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ



Ιωάννινα
10 έως 12 Νοεμβρίου 2023



Αξιολογώντας τις δεξιότητες διερεύνησης
μαθητών Γυμνασίου με την εμπλοκή τους σε
διερευνητικά φύλλα εργασίας

Ελένη Πετρίδου, Αναστάσιος Μολοχίδης, Ευριπίδης
Χατζηκρανιώτης

doi: [10.12681/codiste.6847](https://doi.org/10.12681/codiste.6847)

ΑΞΙΟΛΟΓΩΝΤΑΣ ΤΙΣ ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ ΜΑΘΗΤΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΕΜΠΛΟΚΗ ΤΟΥΣ ΣΕ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΦΥΛΛΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ελένη Πετρίδου¹, Αναστάσιος Μολοχίδης², Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης³

¹ΕΔΙΠ, ²Αναπληρωτής Καθηγητής, ³Καθηγητής

Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας

Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

elepet@physics.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία παρουσιάζεται η ανάπτυξη μιας διερευνητικής διδακτικής μαθησιακής ακολουθίας βασισμένης στο συνεχές της διερεύνησης. Οι μαθητές εμπλέκονται σε πειραματικές δραστηριότητες με διαδικτυακές προσομοιώσεις ολοένα μικρότερης καθοδήγησης. Στόχος της εργασίας είναι η αξιολόγηση της ικανότητας των μαθητών να εφαρμόζουν τις φάσεις της διερεύνησης σε γνωστικό αντικείμενο διαφορετικό από αυτό στο οποίο τις έχουν διδαχθεί. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι δεξιότητες διερεύνησης μπορούν να διδαχθούν, αν και κάποιιοι μαθητές δυσκολεύονται να εφαρμόσουν όλες τις φάσεις της διερεύνησης δίχως καθοδήγηση.

Λέξεις κλειδιά: φάσεις διερεύνησης, ηλεκτρικά κυκλώματα, απλό εκκρεμές

ASSESSING HIGH SCHOOL STUDENTS' INQUIRY SKILLS AFTER THEIR ENGAGEMENT IN INQUIRY WORKSHEETS

Eleni Petridou¹, Anastasios Molohidis², Euripides Hatzikraniotis³

¹Laboratory Teaching Staff, ²Associate Professor, ³Professor

Laboratory of Didactics of Physics & Educational Technology

School of Physics, Aristotle University of Thessaloniki

elepet@physics.auth.gr

ABSTRACT

This paper presents the development of a teaching learning sequence based on the inquiry-continuum. Students participate in experimental activities using online simulations, with gradually decreasing guidance. The aim of the work is to assess students' ability to apply the phases of inquiry in a subject different from the one in which they were taught. The results show that inquiry skills can be taught even though some students have difficulty implementing all the phases of the inquiry without guidance.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συνεχώς αυξανόμενη επιστημονική γνώση σε συνδυασμό με την εξέλιξη της επιστήμης και της τεχνολογίας υποδεικνύει την αναγκαιότητα για αναθεώρηση των στόχων και των μεθόδων διδασκαλίας που εφαρμόζονται στην Εκπαίδευση. Στα Νέα Προγράμματα Σπουδών (ΙΕΠ, 2023) τονίζεται η σημασία της ανάπτυξης του επιστημονικού εγγραμματισμού των μαθητών και η συμβολή της διερευνητικής προσέγγισης στην ανάπτυξη δεξιοτήτων απαραίτητων για την αντιμετώπιση των προκλήσεων της σύγχρονης κοινωνίας.

Η διερεύνηση είναι η διαδικασία αναζήτησης τεκμηρίων για την απόρριψη ή την επιβεβαίωση μιας υπόθεσης. Σε μια πειραματική διαδικασία διερεύνησης, η αναζήτηση των τεκμηρίων υλοποιείται μέσω της σχεδίασης, εκτέλεσης και αποτίμησης των αποτελεσμάτων ενός πειράματος. Οι Pedaste et al. (2015), διακρίνουν τις εξής φάσεις της διερευνητικής μεθοδολογίας: τη φάση του προσανατολισμού στην οποία τίθεται το πρόβλημα προς διερεύνηση, τη φάση της εννοιολόγησης στην οποία διατυπώνεται το ερώτημα και η υπόθεση, τη φάση της έρευνας που περιλαμβάνει τη σχεδίασή της, την υλοποίησή της και την διαχείριση των δεδομένων, τη φάση της διατύπωσης των συμπερασμάτων και τη φάση της συζήτησης η οποία περιλαμβάνει κοινοποίηση των αποτελεσμάτων και αναστοχασμό επί της διαδικασίας.

Σε μία διδασκαλία βασισμένη στη διερεύνηση οι μαθητές ακολουθούν μεθόδους και πρακτικές παρόμοιες με τις αντίστοιχες επιστημονικές, με στόχο την οικοδόμηση της γνώσης (Keselman, 2003). Υπάρχουν δύο προσεγγίσεις στη χρήση της διερευνητικής προσέγγισης, ως μέσου και ως σκοπού (Abd-El-Khalick et al., 2004). Η «διερεύνηση ως μέσο» (ή η διερευνητική προσέγγιση στην επιστήμη) αναφέρεται στη διερεύνηση ως μια διδακτική προσέγγιση που αποσκοπεί να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν το επιστημονικό περιεχόμενο (δηλαδή, το περιεχόμενο χρησιμεύει ως τελικό ή εκπαιδευτικό αποτέλεσμα). Η «διερεύνηση ως σκοπός» (ή η διερευνητική προσέγγιση για την επιστήμη) αναφέρεται στη διερεύνηση ως διδακτικό αποτέλεσμα: Οι μαθητές μαθαίνουν να κάνουν διερεύνηση στο πλαίσιο του περιεχομένου της επιστήμης και να αναπτύξουν επιστημολογικές αντιλήψεις σχετικά με τη φύση της Επιστήμης και την ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης, καθώς και σχετικές δεξιότητες διερεύνησης (π.χ. εντοπισμός προβλημάτων, δημιουργία ερευνητικών ερωτημάτων, σχεδιασμός και διεξαγωγή ερευνών, και διατύπωση, επικοινωνία και υπεράσπιση υποθέσεων, μοντέλων και εξηγήσεων). Διδακτικές προσεγγίσεις που περιλαμβάνουν ρητή αναφορά στις φάσεις της διερεύνησης, δηλαδή εστιάζουν στη μάθηση της διερεύνησης ως διαδικασία φαίνεται να συμβάλλουν σημαντικά στην ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης των μαθητών και της ικανότητάς τους να σκέφτονται και να ενεργούν με τρόπους που σχετίζονται με την επιστημονική έρευνα (Abd-El-Khalick et al., 2004). Η σταδιακά μειούμενη υποστήριξη του μαθητή στις φάσεις της διερεύνησης, από την τελείως καθοδηγούμενη μέχρι την ανοικτή διερεύνηση στην οποία η αυτενέργεια του μαθητή είναι ισχυρή (το συνεχές της διερεύνησης), εισάγει τον μαθητή ομαλά στη διερευνητική προσέγγιση (de Jong & van Joolingen, 1998· Eick et al., 2005). Αυτό το συνεχές, συνήθως περιλαμβάνει τις τρεις πιο διαδομένες στρατηγικές διερεύνησης: τη δομημένη, την καθοδηγούμενη και την ανοικτή διερεύνηση (Psillos et al., 2016). Άλλοι ερευνητές (Banchi & Bell, 2008) ανάλογα με τις πρωτοβουλίες που καλείται να λάβει ο μαθητής στο συνεχές της διερεύνησης, διακρίνουν 4 επίπεδα: την επιβεβαιωτική, τη δομημένη, την καθοδηγούμενη και την ανοικτή διερεύνηση. Ο Hackling (1998) διαχωρίζει το επίπεδο της καθοδηγούμενης διερεύνησης σε 2 υπό-επίπεδα, ανάλογα με το ποιος ορίζει τον εξοπλισμό και την διαδικασία πειραματισμού. Κάθε επίπεδο διαφοροποιείται από το προηγούμενο σε σχέση με το ποιος (ο εκπαιδευτικός ή ο μαθητής) διατυπώνει την υπόθεση, σχεδιάζει την πειραματική διαδικασία (επιλογή εξοπλισμού, διαχείριση μεταβλητών) και καθοδηγεί την επεξεργασία των δεδομένων, ενώ σε όλα τα επίπεδα η διατύπωση των συμπερασμάτων γίνεται από τον μαθητή (Blanchard et al., 2010).

Στο πλαίσιο αυτό αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε μία διδακτική μαθησιακή ακολουθία (ΔΜΑ), βασισμένη στο συνεχές της διερεύνησης, στην ενότητα των ηλεκτρικών κυκλωμάτων της Γ' Γυμνασίου. Στόχος της εργασίας είναι η αξιολόγηση της δεξιάτητας των μαθητών να εφαρμόζουν τις φάσεις της διερεύνησης. Συγκεκριμένα, τα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας είναι: Σε ποιο βαθμό οι μαθητές μπορούν να εφαρμόσουν με συνέπεια τις φάσεις της διερευνητικής μεθοδολογίας (1) για την αντιμετώπιση ενός προβλήματος που τους έχει τεθεί, και (2) ανεξάρτητα από το γνωστικό πεδίο, στο οποίο έχουν διδαχθεί τη διερευνητική μεθοδολογία;

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

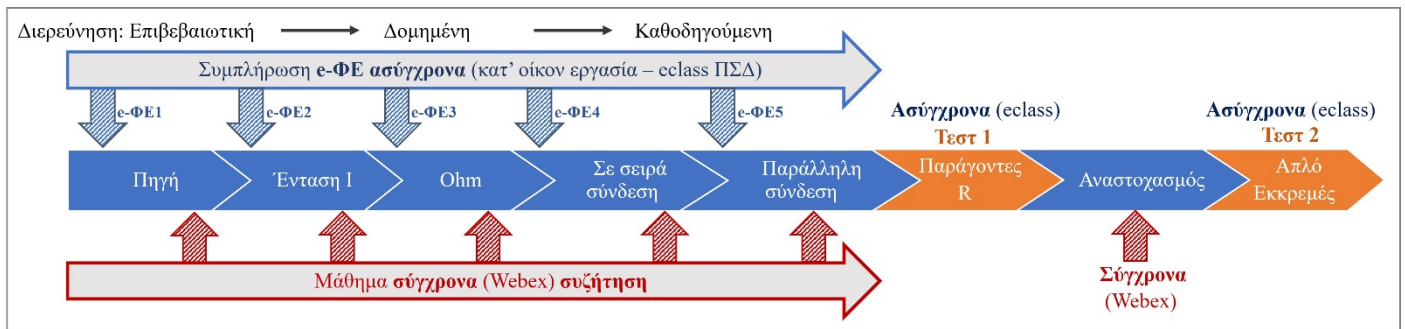
Το πλαίσιο

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 26 μαθητές της Γ' Γυμνασίου του Πειραματικού Σχολείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης κατά το σχολικό έτος 2020-2021. Η ΔΜΑ εφαρμόστηκε, στο πλαίσιο του μαθήματος Φυσικής, μέσω σύγχρονης (Webex περιβάλλον) και ασύγχρονης (e-class του Πανελλήνιου Σχολικού Δικτύου) εκπαίδευσης από απόσταση, λόγω της εξάπλωσης του Covid-19. Οι μαθητές ήταν εξοικειωμένοι με την εκπαίδευση από απόσταση από την προηγούμενη σχολική χρονιά που χρειάστηκε να εφαρμοστεί. Επίσης, ενώ οι μαθητές είχαν εμπειρία στην εκτέλεση πειραμάτων ακολουθώντας οδηγίες Φύλλου Εργασίας, δεν ήταν εξοικειωμένοι σε διερευνητικές πειραματικές δραστηριότητες.

Η Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία

Η ΔΜΑ που αναπτύχθηκε παρουσιάζεται συνοπτικά στο σχήμα 1, ακολουθεί το συνεχές της διερεύνησης (Banchi & Bell, 2008) και σχεδιάστηκε λαμβάνοντας υπόψη τις εναλλακτικές αντιλήψεις και δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στα ηλεκτρικά κυκλώματα, καθώς και τις ιδιαίτερες συνθήκες της εκπαίδευσης από απόσταση λόγω του Covid-19. Στο πλαίσιο της ΔΜΑ σχεδιάστηκαν 5 διαδικτυακά φύλλα εργασίας (e-ΦΕ) σε περιβάλλον Google Forms που ακολουθούν την ύλη του βιβλίου και πραγματεύονται τον ρόλο της πηγής στο κύκλωμα, την ένταση του ρεύματος, τον νόμο του Ohm, και την σε σειρά και παράλληλη συνδεσμολογία αντίστοιχα. Οι μαθητές συμπλήρωναν τα e-ΦΕ ασύγχρονα, ως κατ' οίκον εργασία, πριν από το αντίστοιχο μάθημα, το οποίο πραγματοποιόταν σύγχρονα μέσω Webex. Έτσι, η ΔΜΑ αποτελούνταν από 10 συνεδρίες: 5 ασύγχρονες στις οποίες οι μαθητές συμπλήρωναν τα e-ΦΕ και 5 σύγχρονες στις οποίες οι μαθητές συζητούσαν στην ολομέλεια τόσο εννοιολογικά θέματα για τα ηλεκτρικά κυκλώματα όσο και επί της διερευνητικής μεθοδολογίας που αντιμετώπιζαν στα e-ΦΕ, υλοποιώντας έτσι την τελευταία φάση κατά Pedaste et al. (2015). Οι υπόλοιπες φάσεις της διερεύνησης έχουν μετασχηματιστεί προκειμένου να εισαχθούν οι μαθητές Γυμνασίου ομαλά στη διερεύνηση. Συγκεκριμένα, μετασχηματίστηκε η πολλαπλή διερευνητική πορεία για την λύση ενός πολυπαραμετρικού προβλήματος σε μία απλή πορεία διερεύνησης για κάθε μία παράμετρο ξεχωριστά. Επίσης, λόγω της δυσκολίας των μαθητών στην σχεδίαση του πειράματος και της διαχείρισης των μεταβλητών πριν την εκτέλεσή του, η σχεδίαση του πειράματος αποτελεί διακριτή φάση της διερεύνησης.

Σχήμα 1. Η δομή της ΔΜΑ



Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται η δομή των διαδικτυακών Φύλλων Εργασίας (e-ΦΕ). Συγκεκριμένα, φαίνονται οι δραστηριότητες του κάθε e-ΦΕ, το επίπεδο διερεύνησης της κάθε δραστηριότητας, καθώς και οι 5 φάσεις διερεύνησης που ακολουθούνται σε όλες τις δραστηριότητες. Έτσι, σε όλες τις δραστηριότητες των e-ΦΕ δίνεται το ερώτημα και ακολουθούν η καταγραφή υποθέσεων, η σχεδίαση του πειράματος, η εκτέλεση του πειράματος & η διαχείριση των μετρήσεων και το συμπέρασμα, ενώ το επίπεδο διερεύνησης κάθε δραστηριότητας διαφέρει, από επιβεβαιωτική διερεύνηση στο 1^ο ΦΕ σε καθοδηγούμενη στο 5^ο ΦΕ.

Πίνακας 1: Η δομή των e-ΦΕ

| e-ΦΕ | Δραστηριότητες | Επίπεδο Διερεύνησης | Φάσεις Διερεύνησης |
|-------|--|---------------------|--|
| e-ΦΕ1 | Βασικά στοιχεία ενός κυκλώματος | Επιβεβαιωτική | Ερώτημα Καταγραφή υποθέσεων |
| | Κίνηση ηλεκτρονίων σε κύκλωμα | Επιβεβαιωτική | |
| | Ο ρόλος της ηλεκτρικής πηγής | Δομημένη | |
| e-ΦΕ2 | Φωτοβολία λαμπτήρα με τάση πηγής | Δομημένη | Σχεδιασμός πειράματος |
| | Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος – Αμπερόμετρο | Δομημένη | |
| e-ΦΕ3 | Νόμος του Ohm | Δομημένη | Εκτέλεση πειράματος & Διαχείριση μετρήσεων |
| e-ΦΕ4 | Φωτοβολία λαμπτήρων με αριθμό συνδεδεμένων σε σειρά λαμπτήρων | Δομημένη | |
| | Ολική αντίσταση στην σε σειρά συνδεσμολογία αντιστατών | Δομημένη | |
| | Ρόλος διακόπτη στην σε σειρά συνδεσμολογία αντιστατών | Δομημένη | |
| e-ΦΕ5 | Ρόλος διακόπτη στην παράλληλη συνδεσμολογία αντιστατών | Καθοδηγούμενη | Συμπεράσματα |
| | Φωτοβολία λαμπτήρων με αριθμό παράλληλα συνδεδεμένων λαμπτήρων | Καθοδηγούμενη | |
| | Ολική αντίσταση στην παράλληλη συνδεσμολογία αντιστατών | Καθοδηγούμενη | |

Με την ολοκλήρωση της ΔΜΑ χορηγήθηκαν δύο τεστ ανοιχτής διερεύνησης, το ένα στο ίδιο γνωστικό πεδίο (παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται το μέγεθος της ηλεκτρικής αντίστασης) και το άλλο σε διαφορετικό γνωστικό πεδίο (παράγοντες που επηρεάζουν την περίοδο στο απλό εκκρεμές) από αυτό της ΔΜΑ. Ανάμεσα στα δυο τεστ, παρεμβλήθηκε μια σύγχρονη συνεδρία αναστοχασμού, στην οποία οι μαθητές συζήτησαν στην ολομέλεια της τάξης τις φάσεις της διερευνητικής προσέγγισης που ακολούθησαν προκειμένου να διερευνήσουν τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται το μέγεθος της ηλεκτρικής αντίστασης.

Τα ερευνητικά εργαλεία

Για να αποτιμηθεί η δεξιότητα εφαρμογής των φάσεων της διερεύνησης οι μαθητές συμπλήρωσαν δύο τεστ: ένα στο γνωστικό αντικείμενο το οποίο είχε διδαχτεί στη ΔΜΑ (ηλεκτρική αντίσταση) και ένα στην ενότητα των ταλαντώσεων (απλό εκκρεμές). Και τα δύο τεστ αποτελούσαν εφαρμογές ανοιχτής διερεύνησης, καθώς, δίνονταν μόνο το πρόβλημα που θα διερευνούσαν οι μαθητές, και προτεινόταν η προσομοίωση με την οποία θα μπορούσαν να εργαστούν, χωρίς άλλη καθοδήγηση ως προς τις φάσεις που θα έπρεπε να ακολουθήσουν.

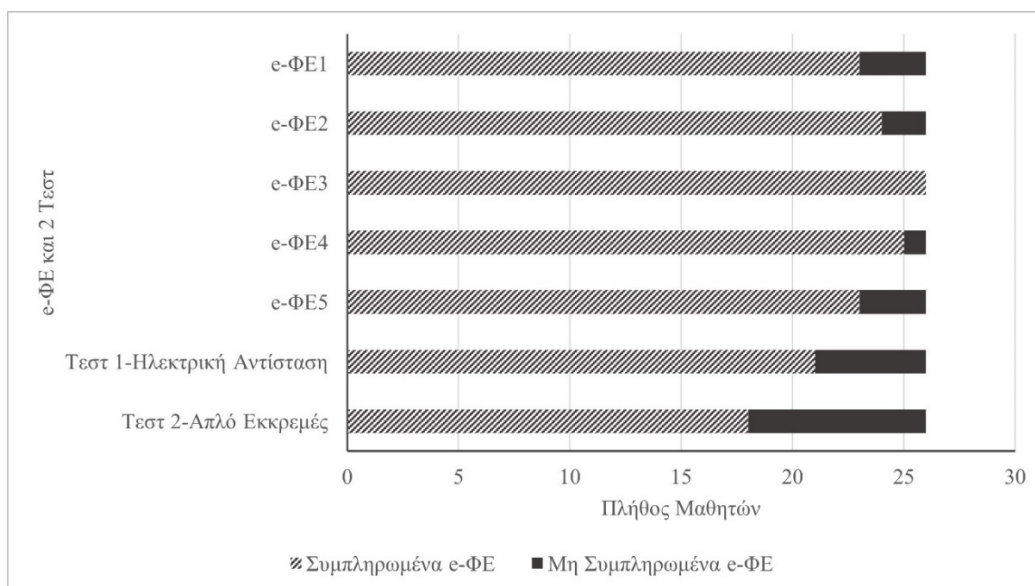
Συγκεκριμένα, στο πρώτο τεστ ζητήθηκε από τους μαθητές να διερευνήσουν τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η τιμή της ηλεκτρικής αντίστασης, ενώ στο δεύτερο τεστ ανατέθηκε στους μαθητές να διερευνήσουν τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η περίοδος στο απλό εκκρεμές. Τα τεστ αναλύθηκαν ως προς τις τέσσερις φάσεις της διερευνητικής μεθοδολογίας (καταγραφή υποθέσεων, σχεδίαση πειράματος, εκτέλεση πειράματος & διαχείριση μετρήσεων και εξαγωγή συμπερασμάτων), με εξαίρεση τη φάση της διατύπωσης του προβλήματος, τις οποίες ακολούθησαν οι μαθητές για να απαντήσουν στο ερώτημα που τους τέθηκε προς διερεύνηση.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Αρχικά, παρουσιάζεται η αποτίμηση της συμμετοχής των μαθητών στη συμπλήρωση των διαδικτυακών Φύλλων Εργασίας (e-ΦΕ), μία παράμετρος κρίσιμη για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της εξ αποστάσεως εκπαίδευσης, δεδομένου ότι αυτή συνεπάγεται τον κίνδυνο μείωσης της ενεργούς συμμετοχής των μαθητών. Το σχήμα 2 δείχνει το πλήθος των μαθητών που συμπλήρωσαν τα e-ΦΕ, καθώς και τα δύο τεστ στο τέλος της ΔΜΑ, σε σχέση με το σύνολό τους.

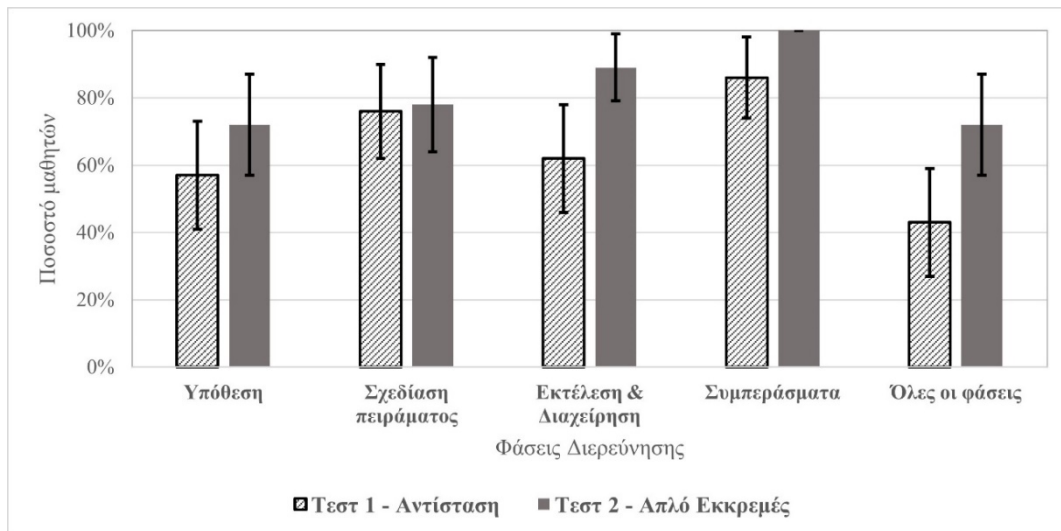
Παρατηρούμε ότι από τους 26 μαθητές της τάξης, 23, 24, 26, 25 και 23 μαθητές συμπλήρωσαν τα e-ΦΕ αντίστοιχα, ενώ στα δύο τεστ σημειώθηκε μία μικρή μείωση στη συμμετοχή (dropout). Συγκεκριμένα, στο ερώτημα για την ηλεκτρική αντίσταση (τεστ 1) και το απλό εκκρεμές (τεστ 2) απάντησαν 21 και 18 μαθητές αντίστοιχα. Το αποτέλεσμα αυτό είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικό αν ληφθεί υπόψη ότι η συμμετοχή των μαθητών στην ΔΜΑ και στα δύο τεστ δεν ήταν υποχρεωτική και δεν συνεισέφερε στον βαθμό τους στο μάθημα της Φυσικής. Ενδεχομένως, το μεγαλύτερο φορτίο που απαιτούνταν για την διεκπεραίωση της ανοιχτής διερεύνησης από τους μαθητές, δίνοντάς τους μόνο το ερώτημα προς επίλυση, να δικαιολογεί τον μικρότερο αριθμό μαθητών που συμπλήρωσε τα τεστ.

Σχήμα 2. Συμμετοχή μαθητών στα e-ΦΕ και στα 2 τεστ



Το Σχήμα 3 απεικονίζει το ποσοστό των μαθητών που εφάρμοσε την κάθε φάση της διερεύνησης, καθώς και το ποσοστό των μαθητών που κατάφερε να εφαρμόσει όλες τις φάσεις της διερεύνησης στα δύο τεστ (ηλεκτρική αντίσταση και απλό εκκρεμές), τα οποία διεξήχθησαν μετά από την ολοκλήρωση της ΔΜΑ και χωρίς παροχή καθοδήγησης.

Σχήμα 3. Οι φάσεις που εφαρμόζουν οι μαθητές στη διερεύνησή τους

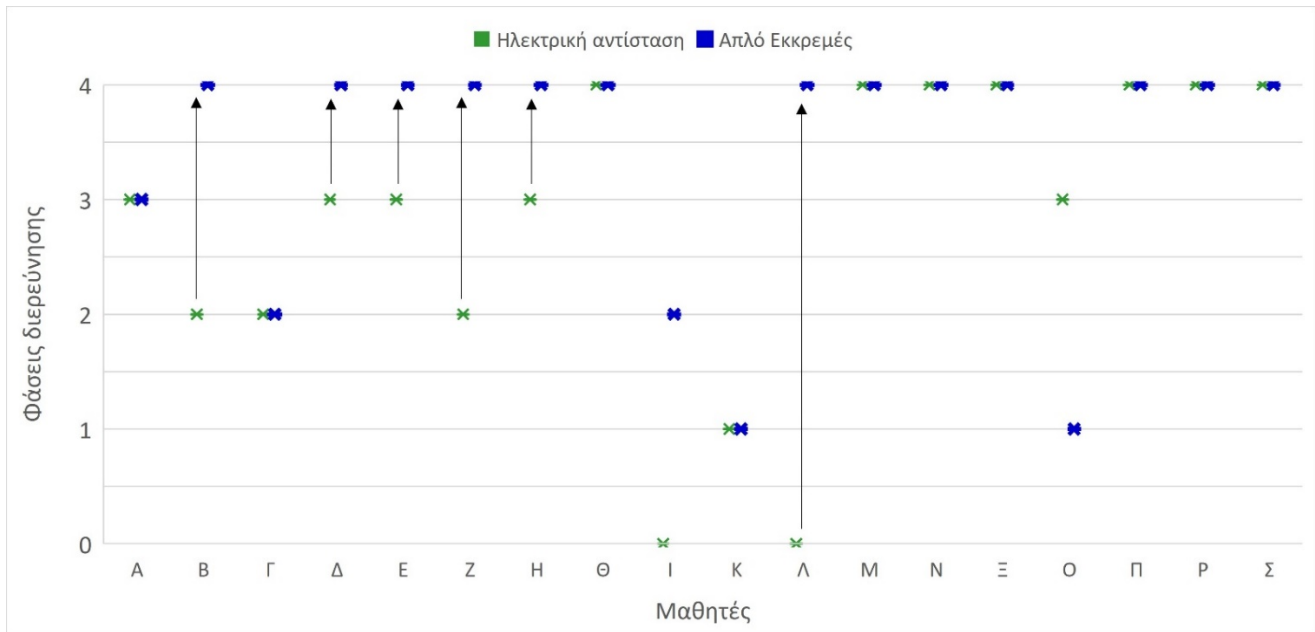


Παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των μαθητών μπορεί να εφαρμόσει την κάθε φάση της διερεύνησης ξεχωριστά, τόσο στο πρώτο, όσο και στο δεύτερο τεστ. Ωστόσο, λιγότεροι από τους μισούς μαθητές (43% των μαθητών) κατάφεραν να εφαρμόσουν όλες τις φάσεις της διερεύνησης στο πρώτο τεστ (ηλεκτρική αντίσταση), ενώ πολύ διαφορετικά είναι τα αποτελέσματα στο δεύτερο τεστ (απλό εκκρεμές), στο οποίο το 72% των μαθητών κατάφερε να εφαρμόσει όλες τις φάσεις της διερεύνησης. Η μεγάλη αύξηση στο δεύτερο τεστ ενδεχομένως να οφείλεται στην αναστοχαστική συζήτηση που έλαβε χώρα μεταξύ του πρώτου και δεύτερου τεστ, στην οποία οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα να συζητήσουν επί της διερευνητικής μεθοδολογίας που ακολούθησαν στο πρώτο τεστ, να επισημάνουν τις δυσκολίες που αντιμετώπισαν και να ακούσουν τα βήματα που ακολούθησαν οι συμμαθητές τους. Αυτό το εύρημα υπογραμμίζει ότι η συστηματική και συνεχής εμπλοκή των μαθητών σε σταδιακά λιγότερο καθοδηγούμενες διερευνητικές δραστηριότητες, όταν συνδυάζεται με αναστοχαστικές διαδικασίες, προάγει και βελτιώνει τις διερευνητικές δεξιότητες των μαθητών, αφού είναι σε θέση να εφαρμόσουν όλες τις φάσεις της διερεύνησης ακόμα και σε γνωστικό πεδίο διαφορετικό από αυτό της διδασκαλίας.

Η φάση της εξαγωγής συμπερασμάτων στη διερευνητική μεθοδολογία, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3, είναι αυτή με το μεγαλύτερο ποσοστό επιτυχίας και στα δύο τεστ. Αυτό το αποτέλεσμα είναι αναμενόμενο αν λάβει κανείς υπόψη του ότι, ακόμα και στις τελειώς καθοδηγούμενες πειραματικές δραστηριότητες ή ακόμα και σε πειράματα επίδειξης από τον εκπαιδευτικό, ζητείται από τους μαθητές να εξάγουν οι ίδιοι τα συμπεράσματα και είναι εξοικειωμένοι με αυτή τη διαδικασία. Αντίθετα, η φάση της καταγραφής υποθέσεων φαίνεται να αποτελεί πρόκληση για τους μαθητές, ενδεχομένως επειδή στα συγκεκριμένα τεστ, τα οποία ήταν ανοικτά ως προς το επίπεδο διερεύνησης, δεν δόθηκε ρητή οδηγία για την καταγραφή των υποθέσεών τους. Οι μαθητές έπρεπε να αναλάβουν μόνοι τους την πρωτοβουλία να καταγράψουν τις υποθέσεις τους, ακολουθώντας τις φάσεις της διερευνητικής διαδικασίας. Ένα άλλο εύρημα που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι η πλειοψηφία των μαθητών και στα δύο τεστ έχει εφαρμόσει τη φάση της σχεδίασης του πειράματος, πριν την υλοποίησή του. Ενδεχομένως αυτό να οφείλεται στο ότι η σχεδίαση του πειράματος επιλέχτηκε να διδαχθεί από μόνη της ως ξεχωριστή φάση της διερευνητικής μεθοδολογίας ή στο ότι επιλέχτηκε να εργαστούν οι μαθητές με προσομοίωση, όπου παρέχονται οι μεταβλητές του πειράματος.

Στο Σχήμα 4 φαίνεται η ατομική πορεία του κάθε μαθητή ως προς την εφαρμογή των φάσεων της διερεύνησης στα δύο τεστ. Τα γράμματα Α έως Σ, στον οριζόντιο άξονα, αντιπροσωπεύουν τους μαθητές, ενώ ο κατακόρυφος άξονας δείχνει τον αριθμό των φάσεων της διερεύνησης που έχουν εφαρμοστεί. Το πράσινο χρώμα αντιστοιχεί στο πρώτο τεστ (αντίσταση), ενώ το μπλε χρώμα στο δεύτερο τεστ (εκκρεμές).

Σχήμα 4. Εξέλιξη αριθμού φάσεων διερεύνησης που εφαρμόζουν οι μαθητές στα δύο τεστ



Επτά μαθητές και στα δύο τεστ εφαρμόζουν όλες τις φάσεις της διερεύνησης μετά από την συμμετοχή τους στη ΔΜΑ. Τα βέλη απεικονίζουν την εξέλιξη έξι άλλων μαθητών, οι οποίοι ξεκινούν από διαφορετικά επίπεδα ως προς τον αριθμό των φάσεων διερεύνησης που εφαρμόζουν. Μετά τη συμμετοχή τους στην πρώτη ανοιχτή διερεύνηση του πρώτου τεστ και την επακόλουθη αναστοχαστική συζήτηση, επιτυγχάνουν στη διερεύνηση του δεύτερου τεστ να εφαρμόσουν όλες τις φάσεις της διερεύνησης. Μόνο στην περίπτωση του μαθητή Ο παρατηρείται εφαρμογή μικρότερου αριθμού φάσεων στη διερεύνηση του δεύτερου τεστ σε σύγκριση με το πρώτο.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της αποτίμησης των δεξιοτήτων διερεύνησης που έχουν αναπτύξει οι μαθητές Γ' Γυμνασίου μετά από συμμετοχή τους σε ΔΜΑ βασισμένη στο συνεχές της διερεύνησης. Οι μαθητές εισήχθησαν στα βήματα της διερεύνησης εμπλεκόμενοι σε δραστηριότητες με διαδικτυακές προσομοιώσεις, στο γνωστικό πεδίο των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, με ολοένα μειούμενη καθοδήγηση στα e-ΦΕ. Μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ, ζητήθηκε από τους μαθητές να εφαρμόσουν τις φάσεις της διερεύνησης σε δύο τεστ, στα οποία δίνονταν μόνο το ερώτημα και προτεινόταν η προσομοίωση που θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν στη διερεύνησή τους. Το πρώτο τεστ ζητούσε από τους μαθητές να διερευνήσουν τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η ηλεκτρική αντίσταση, δηλαδή στο ίδιο γνωστικό πεδίο της ΔΜΑ (ηλεκτρικά κυκλώματα), ενώ το δεύτερο τεστ ζητούσε από τους μαθητές να διερευνήσουν τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η περίοδος στο απλό εκκρεμές. Στόχος της εργασίας είναι η αξιολόγηση της μεταφερσιμότητας της ικανότητας των μαθητών να εφαρμόζουν τις φάσεις της διερεύνησης.

Αναφορικά με τα ερευνητικά ερωτήματα, σε ποιο βαθμό οι μαθητές μπορούν να εφαρμόσουν τις φάσεις της διερευνητικής μεθοδολογίας (1) για την αντιμετώπιση ενός προβλήματος που τους έχει τεθεί, και (2) ανεξάρτητα του γνωστικού πεδίου, στο οποίο έχουν διδαχθεί τη διερευνητική μεθοδολογία, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι μετά την εμπλοκή τους σε ΔΜΑ που ακολουθεί το συνεχές της διερεύνησης, οι μαθητές είναι σε θέση να εφαρμόσουν μόνοι τους τη διερευνητική μεθοδολογία. Τα δεδομένα της έρευνας δείχνουν ότι η συστηματική και συνεχής εμπλοκή των μαθητών σε διερευνήσεις με σταδιακά μειούμενη καθοδήγηση, όταν συνδυάζεται με αναστοχαστικές συζητήσεις μπορεί να βελτιώσει τις διερευνητικές δεξιότητες των μαθητών.

Σύμφωνα με τα δεδομένα της παρούσας έρευνας, η αναστοχαστική συζήτηση που διεξήχθη με τους μαθητές μετά την ολοκλήρωση της πρώτης ανοικτής διερεύνησης στο αρχικό τεστ, αποδείχθηκε καθοριστική για την επιτυχή εφαρμογή όλων των φάσεων της διερευνητικής διαδικασίας από την πλειονότητα των μαθητών στο δεύτερο τεστ. Αυτό το δεύτερο τεστ αφορούσε ένα γνωστικό πεδίο διαφορετικό από εκείνο της ΔΜΑ, στο οποίο συμμετείχαν οι μαθητές.

Επιπλέον, η πλειοψηφία των μαθητών στα δύο ανοικτά διερευνητικά τεστ που δόθηκαν μετά τη ΔΜΑ σχεδίασε την πειραματική διαδικασία πριν την υλοποίησή της, μια δεξιότητα σημαντική για τη διερευνητική μεθοδολογία. Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω μελέτη για να αποσαφηνιστεί σε ποιο βαθμό η απόφαση να αντιμετωπιστεί η σχεδίαση της πειραματικής διαδικασίας ως ξεχωριστή φάση της διερευνητικής μεθοδολογίας, σε αντίθεση με το μοντέλο του Pedaste et al. (2015), όπου η σχεδίαση της πειραματικής διαδικασίας ενσωματώνεται στη φάση της έρευνας μαζί με την εκτέλεση του πειράματος και τη διαχείριση των μετρήσεων, βοήθησε τους μαθητές να την εφαρμόσουν με επιτυχία. Επίσης, πρέπει να διερευνηθεί σε ποιο βαθμό η εργασία των μαθητών σε περιβάλλον προσομοίωσης, όπου παρέχονται οι διαθέσιμες μεταβλητές του πειράματος, συνέβαλε στην επιτυχία της εφαρμογής της φάσης της σχεδίασης του πειράματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N.G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D., Tuan, H. (2004). Inquiry in Science Education: International Perspectives. *Science Education*, 88 (3), 397–419. <https://doi.org/10.1002/sci.10118>
- Banchi, H., & Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science and Children*, 46 (2), 26-29. ISSN-0036-8148.
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V., Annetta, L. A., & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability?: A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, 94 (4), 577–616. <https://doi.org/10.1002/sci.20390>
- de Jong, T., & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68(2), 179–202. <https://doi:10.2307/1170753>
- Eick, C., Meadows, L., & Balkcom, R. (2005). Breaking into inquiry: Scaffolding supports beginning efforts to implement inquiry in the classroom. *The Science Teacher*, 72(7), 49–53.
- Hackling M. W. (1998). *Working Scientifically: Implementing and Assessing Open Investigation Work in Science*; Department of Education and Training: Western Australia, ISBN 0-7307-4146-X.
- Keselman, A. (2003). Supporting inquiry learning by promoting normative understanding of multivariable causality. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(9), 898–921. <https://doi.org/10.1002/tea.10115>
- 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>
- Psillos D., Molohidis A., Kallery M. and Hatzikraniotis E. (2016). The Iterative Evolution of a Teaching Learning Sequence on the Thermal Conductivity of Materials In Psillos D., Kariotoglou P (Eds.): *Iterative Design of Teaching – Learning Sequences: Introducing the Science of Materials in European Schools*, Springer, ISBN: 978-94-007-7807-5.