

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

Τόμ. 14, Αρ. 2 (2026)


Πρακτικά 14ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

ΠΡΑΚΤΙΚΑ

14^ο

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
και ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ στην ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες
στην Εποχή της Τεχνητής Νοημοσύνης: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές




Στην μνήμη της Άννας Σπύριου

12-14 Απριλίου 2025

ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ
ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ, ΑΠΘ
ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΑΠΘ

Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,
Τμήμα Φυσικής, Σχολή Θετικών Επιστημών,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

synedrio2025.enepht.gr



Πρόταση Αξιοποίησης του Μοντέλου της Ανεστραμμένης Τάξης στην Εργαστηριακή Διδασκαλία Φυσικών Επιστημών

Σεραφεΐμ Τσούκος, Παναγιώτης Λάζος, Αλέξανδρος Κατέρης, Παύλος Τζαμαλής, Αθανάσιος Βελέντζας

doi: [10.12681/codiste.9909](https://doi.org/10.12681/codiste.9909)

Πρόταση Αξιοποίησης του Μοντέλου της Ανεστραμμένης Τάξης στην Εργαστηριακή Διδασκαλία Φυσικών Επιστημών

Σεραφείμ Τσούκος¹, Παναγιώτης Λάζος², Αλέξανδρος Κατέρης³,
Πάυλος Τζαμαλής⁴ και Αθανάσιος Βελέντζας⁵

¹Εκπαιδευτικός, ²0^ο Πρότυπο Γυμνάσιο Αθηνών, ²Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Ηλιούπολης

³Σύμβουλος Εκπαίδευσης Φυσικών Επιστημών, ΔΔΕ Ανατολικής Αττικής

^{4,5}Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό,

⁴Τμήμα Βιοτεχνολογίας, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

⁵Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

¹avelentz@gmail.com

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία περιγράφεται και αξιολογείται μία πρόταση αξιοποίησης του μοντέλου της ανεστραμμένης τάξης στην εργαστηριακή διδασκαλία φυσικών επιστημών με παράλληλη χρήση πραγματικών και εικονικών πειραμάτων. Η εφαρμογή πραγματοποιήθηκε σε μαθητές της Γ' Γυμνασίου, για τις περιπτώσεις της διδασκαλίας των νόμων της ανάκλασης και της διάθλασης του φωτός και για τη μελέτη της συνδεσμολογίας αντιστατών. Από τα ευρήματα φαίνεται ότι η πρόταση βοηθά στη μείωση του χρόνου διδασκαλίας και είναι εκπαιδευτικά ωφέλιμη καθώς αξιοποιεί τα πλεονεκτήματα των δύο τύπων πειραματισμού.

Λέξεις κλειδιά: ανεστραμμένη τάξη, εικονικά πειράματα, εργαστηριακή διδασκαλία, μάθηση μέσω διερεύνησης

Proposal for Utilizing the Flipped Classroom Model in Laboratory Teaching of Science

Serafeim Tsoukos¹, Panagiotis Lazos², Alexandros Kateris³, Pavlos Tzamalīs⁴
and Athanasios Velentzas⁵

¹Teacher, ²nd Model Junior High School of Athens,

²4th Laboratory Center of Natural Sciences of Athens

³Education Advisor of Natural Sciences, Directorate of Secondary Education, East Attica

^{4,5}Laboratory Teaching Staff,

⁴Department of Biotechnology, Agricultural University of Athens

⁵School of Applied Mathematical and Physics Science, National Technical University of Athens

¹avelentz@gmail.com

Abstract

This work presents and evaluates a proposal for utilizing the flipped classroom model in laboratory teaching of sciences, incorporating both real and virtual experiments. The implementation was carried out with 9th-grade students, focusing on the laws of reflection and refraction of light, as well as the study of resistors in series and parallel circuits. Initial findings suggest that the proposal helps reduce teaching time and is educationally beneficial by leveraging the advantages of both types of experimentation.

Keywords: flipped classroom, inquiry-based learning, laboratory teaching, virtual experiments

Εισαγωγή

Δύο σημαντικά προβλήματα που συχνά προκύπτουν στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών μέσω διερευνητικής προσέγγισης – κατά την οποία οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά στην εκτέλεση πειραμάτων – είναι τα εξής:

(i) Ο περιορισμένος διδακτικός χρόνος που συχνά δεν επαρκεί για την ολοκλήρωση της πειραματικής διαδικασίας και την ουσιαστική κατανόηση των φαινομένων.

(ii) Η πιθανότητα σημαντικών πειραματικών σφαλμάτων που μπορεί να αποπροσανατολίσουν τους μαθητές και να τους εμποδίσουν να καταλήξουν σε έγκυρα συμπεράσματα.

Το μοντέλο της ανεστραμμένης τάξης (flipped classroom) έχει προταθεί ως αποτελεσματική λύση στο πρώτο πρόβλημα. Στο πλαίσιο αυτό, η αρχική διδασκαλία μεταφέρεται εκτός τάξης, μέσω μελέτης από το μαθητή, παρακολούθησης βίντεο ή προσομοιώσεων στο σπίτι, επιτρέποντας στην εκπαιδευτική διαδικασία να επικεντρωθεί στην εμβάθυνση, την επίλυση αποριών και την εφαρμογή της γνώσης μέσω δραστηριοτήτων εντός της τάξης. Η προσέγγιση αυτή φαίνεται να ενισχύει την ενεργό συμμετοχή των μαθητών και την αυτονόμηση της μάθησής τους (Bergmann & Sams, 2012; Strelan et al., 2020). Στα μαθήματα των φυσικών επιστημών, όπου ο πειραματισμός κατέχει κεντρική θέση, η ανεστραμμένη τάξη μπορεί να ενισχυθεί από την αξιοποίηση εικονικών πειραμάτων και προσομοιώσεων, που επιτρέπουν στους μαθητές να προετοιμαστούν κατάλληλα πριν τη διεξαγωγή των πραγματικών πειραμάτων στο εργαστήριο (de Jong et al., 2013; Rutten et al., 2012). Διάφορες μελέτες έχουν προτείνει εναλλακτικούς τρόπους εφαρμογής αυτής της διδακτικής μεθόδου. Οι Rieger et al. (2014) προτείνουν την εκτέλεση απλών πειραμάτων στο σπίτι, ακολουθούμενη από εμβάθυνση και ερμηνεία στην τάξη. Άλλες προσεγγίσεις περιλαμβάνουν την ανάθεση εικονικών πειραμάτων στο σπίτι, τα οποία λειτουργούν ως προετοιμασία για τη μετέπειτα διεξαγωγή των ίδιων πειραμάτων με πραγματικά όργανα στο σχολικό εργαστήριο (Velentzas et al., 2024). Αυτή η αλληλουχία προσφέρει πολλαπλά μαθησιακά οφέλη: αφενός οι μαθητές αποκτούν εξοικείωση με τις πειραματικές διαδικασίες, αφετέρου διατίθεται περισσότερος χρόνος για κριτική ανάλυση και ερμηνεία των φαινομένων εντός της τάξης.

Το δεύτερο πρόβλημα, που σχετίζεται με τα πειραματικά σφάλματα, είναι επίσης ιδιαίτερα σημαντικό. Οι αποκλίσεις από τα αναμενόμενα αποτελέσματα μπορεί να προκαλέσουν σύγχυση, ιδίως σε μαθητές με περιορισμένη εργαστηριακή εμπειρία. Τα εικονικά πειράματα μπορούν να προσφέρουν σταθερές, προγραμματισμένες μετρήσεις σύμφωνα με το θεωρητικό μοντέλο, βοηθώντας τους μαθητές να εστιάσουν στην έννοια που διδάσκεται χωρίς να αποσπώνται από τεχνικές δυσκολίες ή τυχαία σφάλματα (Sullivan et al., 2017). Ωστόσο, η αποκλειστική χρήση τους στερεί από τους μαθητές την εμπειρία της πραγματικής πειραματικής διαδικασίας, η οποία είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη επιστημονικών δεξιοτήτων, την καλλιέργεια κριτικής σκέψης και τη συνειδητοποίηση των περιορισμών των επιστημονικών μεθόδων (Olymπίου & Zacharia, 2012). Σύμφωνα με τον Zacharia και την Olymπίου (2011), η συνδυασμένη χρήση πραγματικών και εικονικών πειραμάτων οδηγεί σε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σύγκριση με την αποκλειστική χρήση μόνο του ενός τύπου πειραματισμού. Η εναλλαγή αυτή επιτρέπει στους μαθητές να κατανοήσουν αφενός τη θεωρητική βάση του φαινομένου (μέσω της εικονικής προσομοίωσης) και αφετέρου να αποκτήσουν εμπειρική επαφή με τις μετρήσεις, τις αβεβαιότητες και τις δυσκολίες των πραγματικών πειραμάτων.

Με βάση τα προαναφερθέντα, στην παρούσα εργασία περιγράφεται, εφαρμόζεται και αξιολογείται μια πρόταση αξιοποίησης του μοντέλου της ανεστραμμένης τάξης στην εργαστηριακή διδασκαλία με παράλληλη χρήση πραγματικών και εικονικών πειραμάτων σε δύο επιμέρους θεματικές:

(α) στη μελέτη των νόμων της ανάκλασης και της διάθλασης του φωτός και

(β) στη μελέτη της συνδεσμολογίας αντιστατών,
στο πλαίσιο της ύλης της Φυσικής της Γ' Γυμνασίου.

Η πρότασή μας περιλαμβάνει δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση οι μαθητές προετοιμάζονται στο σπίτι με χρήση εικονικού πειράματος και στην δεύτερη εργάζονται στο σχολικό εργαστήριο πραγματοποιώντας μετωπικά πειράματα.

Μεθοδολογία

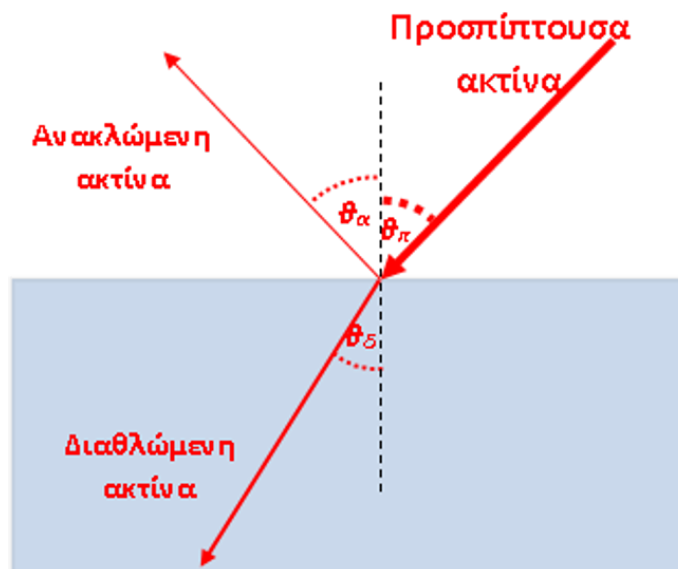
Η επιλογή των δύο θεματικών για εφαρμογή της πρότασης

Από την πολυετή εμπειρία των εκπαιδευτικών της ομάδας μας και τα δύο θέματα διδασκαλίας που επιλέχθηκαν παρουσιάζουν τις δυσκολίες που αναφέρθηκαν στην εισαγωγή. Αφενός μεν η προβλεπόμενη χρονική διάρκεια της διδασκαλίας στην τάξη με πειραματισμό δεν είναι επαρκής, αφετέρου τα σφάλματα στα μετωπικά πειράματα εμποδίζουν την εξαγωγή από τους μαθητές των επιθυμητών συμπερασμάτων. Η πρότασή μας για την ανεστραμμένη τάξη μπορεί να βοηθήσει στην προετοιμασία των μαθητών ώστε να επαρκεί ο προβλεπόμενος χρόνος διδασκαλίας στην τάξη. Επίσης, η παράλληλη χρήση εικονικού πειράματος έχει το πλεονέκτημα ότι δεν απαιτεί από τους μαθητές να διαθέτουν στο σπίτι τους τα απαραίτητα υλικά. Ασφαλώς οι μαθητές πραγματοποιούν στην τάξη και το πραγματικό πείραμα για την απόκτηση των δεξιοτήτων που συνδέονται με τον πειραματισμό αλλά και την κατανόηση του ρόλου των μοντέλων έχοντας ήδη πραγματοποιήσει το εικονικό πείραμα.

Προετοιμασία στο Σπίτι - Εικονικό Πείραμα

Νόμοι ανάκλασης – διάθλασης. Οι μαθητές στο σπίτι ακολουθώντας τις οδηγίες φύλλου εργασίας εκτέλεσαν σχετικό εικονικό πείραμα (phet), μέτρησαν και κατέγραψαν τις τιμές των γωνιών ανάκλασης και διάθλασης για διαφορετικές τιμές της γωνίας πρόσπτωσης και συμπέραναν ποιοτικά μόνο τις σχέσεις μεταξύ αυτών των γωνιών (Εικόνα 1).

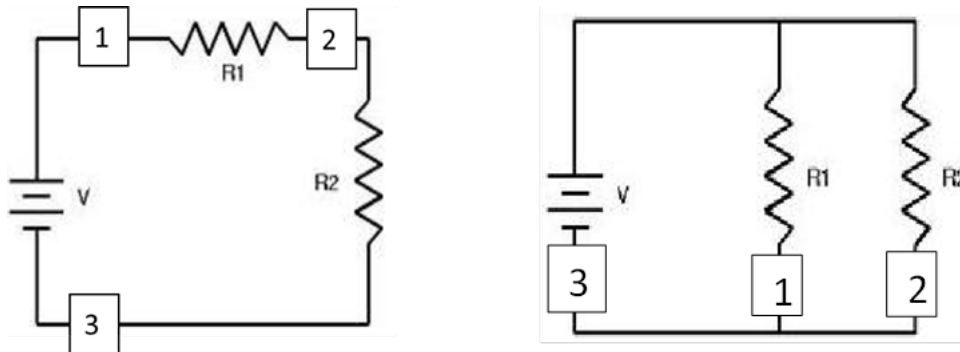
Εικόνα 1. Οι γωνίες πρόσπτωσης, ανάκλασης και διάθλασης



Συνδεσμολογία αντιστατών. Οι μαθητές δούλεψαν στο σπίτι ατομικά με το εικονικό εργαστήριο (phet). Ακολουθώντας κατάλληλο φύλλο εργασίας κατασκεύασαν δυο διαφορετικά κυκλώματα με πηγή συνεχούς ρεύματος και δυο αντιστάτες συνδεδεμένους σε σειρά και παράλληλα αντίστοιχα. Σύμφωνα με τις οδηγίες του φύλλου εργασίας έθεσαν τις τιμές της αντίστασης των αντιστατών και της τάσης της πηγής έτσι ώστε να είναι διαφορετικές για κάθε μαθητή. Τοποθετώντας κατάλληλα στα κυκλώματά τους

αμπερόμετρα και βολτόμετρα έλαβαν μετρήσεις τάσης και έντασης του ρεύματος (Εικόνα 2).

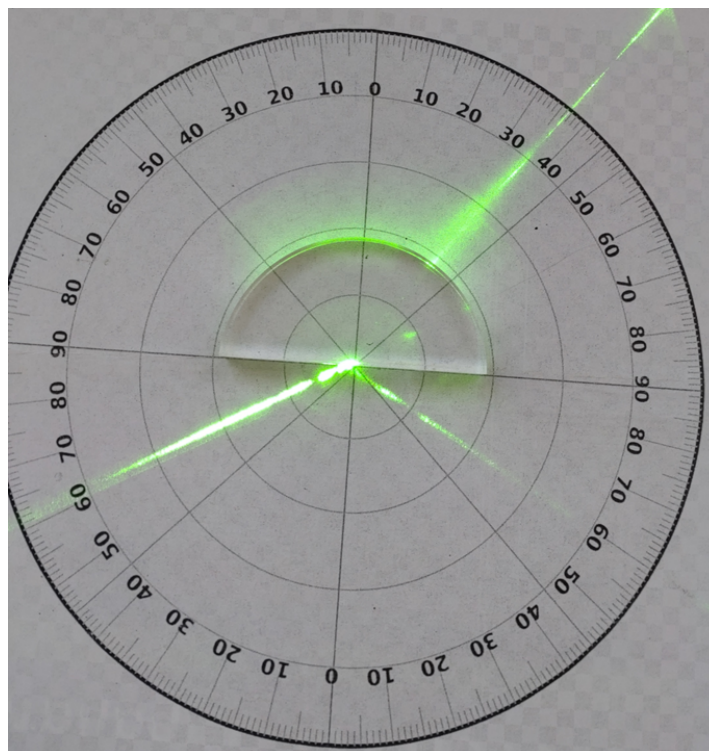
Εικόνα 2. Σχέδια των κυκλωμάτων που κατασκεύασαν οι μαθητές



Διδασκαλία στην Τάξη – Μετωπικός πειραματισμός

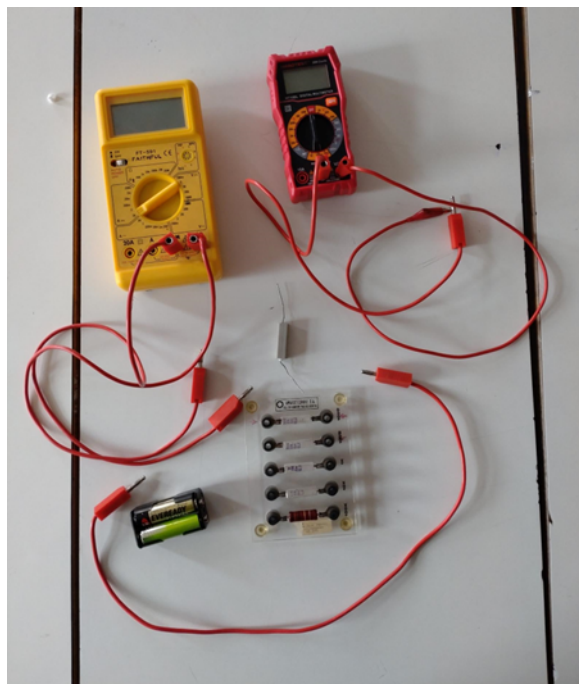
Νόμοι ανάκλασης – διάθλασης. Στην τάξη οι μαθητές με την επίβλεψη δύο ερευνητών, πραγματοποίησαν σε ομάδες, τα πειράματα με πραγματικά υλικά επιβεβαιώνοντας τα συμπεράσματα που είχαν βγάλει με το εικονικό πείραμα. Ωστόσο επειδή το πραγματικό πείραμα έχει δυσκολίες στην ακρίβεια μέτρησης των γωνιών, προκειμένου να εξαχθεί ποσοτικά ο νόμος της διάθλασης και να εξοικονομηθεί χρόνος, προτιμήθηκε να γίνει επεξεργασία των μετρήσεων που είχαν οι μαθητές από το εικονικό πείραμα (Εικόνα 3).

Εικόνα 3. Η διάταξη του πειράματος που πραγματοποίησαν οι μαθητές για τους νόμους ανάκλασης & διάθλασης του φωτός



Συνδεσμολογία αντιστατών Κατά την 1η διδακτική ώρα οι μαθητές εργαζόμενοι σε 4μελεις ή 5μελεις ομάδες ολοκλήρωσαν το φύλλο εργασίας Α. Χρησιμοποιώντας τις, διαφορετικές ανά μαθητή, μετρήσεις από το εικονικό πείραμα εξήγαγαν τους κανόνες Kirchhoff και επιβεβαίωσαν τις σχέσεις της ισοδύναμης αντίστασης. Στην συνέχεια κατά την 2η και 3η διδακτική ώρα οι μαθητές πραγματοποίησαν στο εργαστήριο την αντίστοιχη πειραματική δραστηριότητα. Εργαζόμενοι στις ίδιες ομάδες με την 1η ώρα και ακολουθώντας τις οδηγίες του φύλλου εργασίας Β κατασκεύασαν κυκλώματα με πηγή (μπαταρία) και 2 αντιστάτες συνδεδεμένους σε σειρά και παράλληλα. Χρησιμοποιώντας ψηφιακά πολύμετρα έλαβαν μετρήσεις τάσης και έντασης του ρεύματος και επιβεβαίωσαν τους κανόνες Kirchhoff (Εικόνα 4).

Εικόνα 4. Τα υλικά που χρησιμοποίησαν οι μαθητές για την πραγματοποίηση πειραματικής δραστηριότητας στην συνδεσμολογία αντιστατών



Το δείγμα

Η πρώτη εφαρμογή για τους νόμους ανάκλασης και διάθλασης πραγματοποιήθηκε στις αρχές Οκτωβρίου του 2024 σε 12 μαθητές του ομίλου "Πειραματική Μεθοδολογία Φυσικών Επιστημών" ενός Προτύπου Γυμνασίου στον οποίο συμμετέχουν μαθητές της Γ' τάξης. Οι μαθητές πειραματίστηκαν χωρισμένοι τυχαία σε 4 τριμελεις ομάδες. Τα ευρήματα αυτής της εφαρμογής λήφθηκαν υπόψη για το σχεδιασμό της δεύτερης παρέμβασης που αφορούσε τη συνδεσμολογία αντιστατών και πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του αναλυτικού προγράμματος εντός του Δεκεμβρίου 2024 από όλους τους μαθητές της Γ' τάξης. Συγκεκριμένα, έλαβαν μέρος 156 μαθητές από 6 τμήματα των 26 μαθητών.

Καταγραφή απόψεων των μαθητών και δεδομένα της έρευνας

Προκειμένου να καταγραφούν και οι απόψεις των μαθητών για το αν θεωρούν ωφέλιμη τη διαδικασία της εργασίας στο σπίτι και την παράλληλη χρήση εικονικών και μετωπικών πειραμάτων έγιναν στην πρώτη εφαρμογή ημιδομημένες συνεντεύξεις, ενώ για τη δεύτερη εφαρμογή, λόγω του μεγάλου πλήθους των μαθητών, χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο. Δεδομένα της έρευνας προκειμένου να εξαχθούν τα συμπεράσματα αποτέλεσαν τα φύλλα

εργασίας των μαθητών, οι σημειώσεις των ερευνητών κατά την εφαρμογή και οι απαντήσεις των μαθητών στις συνεντεύξεις και το ερωτηματολόγιο.

Ευρήματα

Νόμοι ανάκλασης – διάθλασης

Διαπιστώθηκε ότι 4/12 μαθητές δεν εκτέλεσαν εντελώς σωστά το εικονικό πείραμα. Το γεγονός αποδόθηκε στο ότι δεν είχε επιδειχθεί προηγουμένως το εικονικό πείραμα στους μαθητές. Αυτό το εύρημα λήφθηκε υπόψη στο σχεδιασμό της δεύτερης εφαρμογής όπου ο εκπαιδευτικός παρουσίασε πριν στην τάξη το εικονικό πείραμα και επεσήμανε κάποια σημαντικά σημεία της χρήσης του.

Η όλη διαδικασία ολοκληρώθηκε σε χρόνο που συνήθως απαιτείται για την διδασκαλία της συγκεκριμένης θεματικής χωρίς πραγματοποίηση πειράματος από τους μαθητές. Αν δεν είχε γίνει η προεργασία στο σπίτι αυτό δεν θα ήταν εφικτό.

Από την προεργασία στο σπίτι οι μαθητές είχαν καταλάβει τις έννοιες των όρων: ανακλώμενη, διαθλώμενη ακτίνα και τις αντίστοιχες γωνίες. Επιπλέον οι τρεις ομάδες έστησαν τη διάταξη του μετωπικού πειράματος εύκολα και πήραν μετρήσεις, ενώ σε μια από τις τέσσερις ομάδες χρειάστηκε να εξηγηθεί η σωστή τοποθέτηση του πλακιδίου πάνω στο μοιρογνωμόνιο για την εύκολη μέτρηση των γωνιών (η δυσκολία σχετίζεται με ελλιπή προεργασία στο σπίτι).

Οι μαθητές επιβεβαίωσαν εύκολα στο μετωπικό όπως και στο εικονικό πείραμα ότι όταν η δέσμη φωτός προσπίπτει από τον αέρα στο γυαλί, η γωνία ανάκλασης ισούται με τη γωνία πρόσπτωσης και γωνία διάθλασης είναι μικρότερη από τη γωνία πρόσπτωσης. Αντίθετα, με τις μετρήσεις τους, ακόμη και με το phet (όπου υπάρχει πολύ μεγαλύτερη ευκολία και ακρίβεια σε σχέση με το πραγματικό πείραμα), δυσκολεύτηκαν να διαπιστώσουν την σταθερότητα του λόγου των ημιτόνων. Χρειάστηκε παρέμβαση των διδασκόντων για την απόδοση των αποκλίσεων σε πειραματικά σφάλματα.

Οι απόψεις των μαθητών κατά τις συνεντεύξεις συνοψίζονται στα παρακάτω σημεία:

(i) Η προετοιμασία με το εικονικό πείραμα τους βοήθησε να πραγματοποιήσουν το πείραμα στο εργαστήριο και να βγάλουν ασφαλέστερα συμπεράσματα.

(ii) Ο συνδυασμός των δυο πειραμάτων είναι προτιμότερος αφού το εικονικό από μόνο του φαίνεται «ψεύτικο».

(iii) Το μετωπικό πείραμα ήταν πολύ πιο «εντυπωσιακό» και η συνεργασία-αλληλεπίδραση με τους συμμαθητές πολύ πιο ευχάριστη σε σχέση με την πραγματοποίηση του εικονικού.

(iv) Ευκολότερα πήραν μετρήσεις με το εικονικό πείραμα.

Συνδεσμολογία αντιστατών

Με την διαδικασία που ακολουθήθηκε, οι μαθητές μέσω του εικονικού πειράματος οδηγήθηκαν αρχικά αβίαστα στους κανόνες Kirchhoff αφού οι τιμές της τάσης και της έντασης του ρεύματος δεν είχαν πειραματικά σφάλματα. Επιπλέον αντιλήφθηκαν την γενική ισχύ των κανόνων, αφού επιβεβαιωνόταν για τις μετρήσεις κάθε μαθητή παρά τις διαφορές μεταξύ των τιμών τους. Στη συνέχεια κατά το πραγματικό πείραμα οι μικρές αποκλίσεις από τις προβλεπόμενες τιμές ήταν εύκολο να αποδοθούν, από τους μαθητές, σε πειραματικά σφάλματα μιας και ήξεραν τι να περιμένουν. Σε γενικές γραμμές οι μαθητές δεν φάνηκε να δυσκολεύτηκαν ιδιαίτερα στην σωστή πραγματοποίηση των κυκλωμάτων κατά το μετωπικό πείραμα, γεγονός που αποδίδεται στην εξοικείωση τους με αυτά τα κυκλώματα μέσω του εικονικού πειράματος. Σε κάποιες ομάδες χρειάστηκε ο διδάσκων να υποδείξει τον τρόπο σύνδεσης του αμπερομέτρου κατά την παράλληλη σύνδεση.

Οι απόψεις των μαθητών καταγράφηκαν στο ερωτηματολόγιο με αιτιολόγηση. Συνολικά αναφέραμε ότι η πλειονότητα των μαθητών (83%) δήλωσε ότι το εικονικό πείραμα τους

βοήθησε σημαντικά στην κατασκευή του πραγματικού κυκλώματος (Γράφημα 1) και ότι προτιμούν (90,2%) τη διαδικασία όπως έγινε με πρόταξη του εικονικού πριν το πραγματικό πείραμα (Γράφημα 2). Στην ερώτηση κατά τη γνώμη τους πόσο βοηθήθηκαν στην εξαγωγή συμπερασμάτων με το συνδυασμό των δύο τύπων πειραμάτων σε σχέση με το αν είχαν κάνει μόνο το πραγματικό πείραμα, απάντησαν: Καθόλου 0%, Λίγο 7,1%, Μέτρια 47,3% και Πολύ 45,5% (Γράφημα 3).

Συμπεράσματα

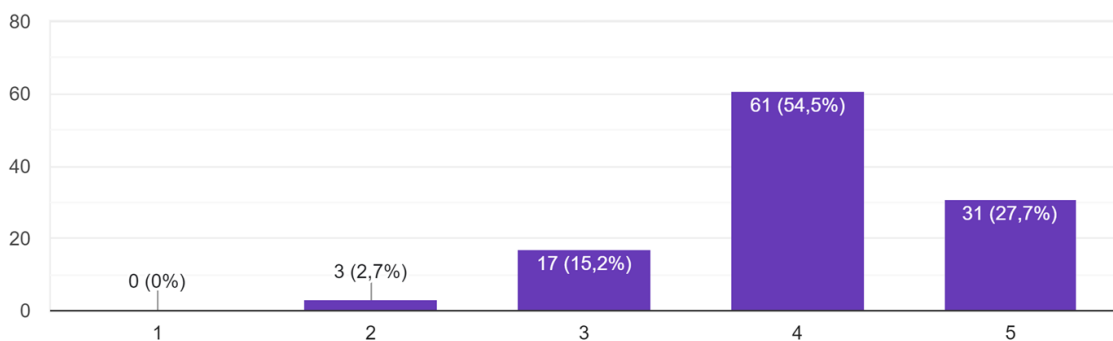
Η διαδικασία της ανεστραμμένης τάξης βοήθησε να ολοκληρωθούν οι προγραμματισμένες διδασκαλίες στον προβλεπόμενο χρόνο. Η παράλληλη χρήση εικονικού και πραγματικού πειράματος φάνηκε να πετυχαίνει τον σκοπό της. Συγκεκριμένα:

(α) έλυσε το πρόβλημα του πειραματισμού στο σπίτι όπου δεν διαθέτουν οι μαθητές τα απαραίτητα υλικά,

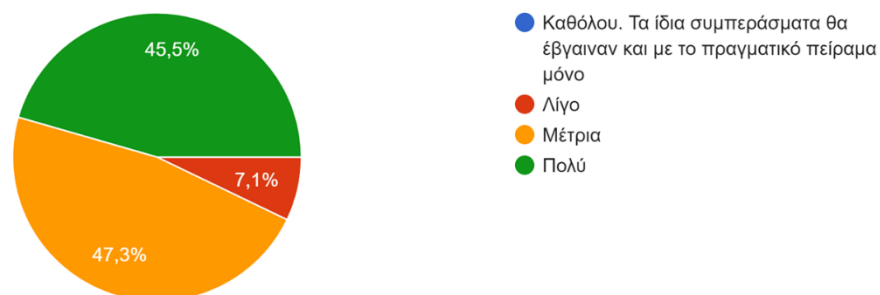
(β) βοήθησε στην εξαγωγή των νόμων επειδή οι μετρήσεις του εικονικού πειράματος γίνονται εύκολα και είναι ακριβείς, ώστε τα σφάλματα να μην οδηγήσουν σε λάθος ποσοτικά συμπεράσματα, και

(γ) οι μαθητές συνεργάστηκαν μεταξύ τους στο αντίστοιχο μετωπικό πείραμα και χειρίστηκαν τα υλικά αντικείμενα προκειμένου να αποκτήσουν τις αντίστοιχες δεξιότητες και να αντιληφθούν το ρόλο των μοντέλων.

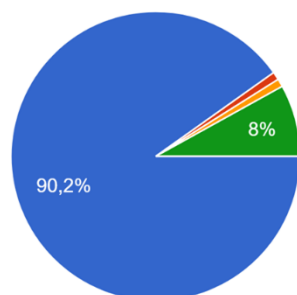
Γράφημα 1. Ραβδόγραμμα απαντήσεων μαθητών στην ερώτηση «Το εικονικό πείραμα σε βοήθησε στο να υλοποιήσεις το πραγματικό κύκλωμα στο εργαστήριο; Επίλεξε μεταξύ 1 (καθόλου) και 5 (πάρα πολύ)»



Γράφημα 2. Κυκλικό διάγραμμα απαντήσεων μαθητών στην ερώτηση «Η διαδικασία που ακολουθήθηκε σε βοήθησε στο να βγάλεις συμπεράσματα για την συνδεσμολογία αντιστατών ή θα ήταν το ίδιο αν έκανες μόνο το πραγματικό πείραμα;»



Γράφημα 3. Κυκλικό διάγραμμα απαντήσεων μαθητών στην ερώτηση «Για το συγκεκριμένο μάθημα τι νομίζεις ότι είναι προτιμότερο να γίνεται; Η διαδικασία που ακολουθήθηκε, μόνο το πραγματικό πείραμα ή μόνο το εικονικό πείραμα;»



- Προτιμότερη είναι η διαδικασία με το εικονικό πείραμα να προηγείται του πραγματικού
- Προτιμότερο είναι να γίνεται μόνο το πραγματικό πείραμα
- Προτιμότερο είναι να γίνεται μόνο το εικονικό πείραμα
- Προτιμότερο είναι το πραγματικό πείραμα να προηγείται του εικονικού

Βιβλιογραφία

- Bergmann, J., & Sams, A. (2012). *Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day*. International Society for Technology in Education. ISBN: 978-1-56484-315-9.
- De Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(6130), 305–308.
<https://www.science.org/doi/10.1126/science.1230579>
- Olympiou, G., & Zacharia, Z. C. (2012). Blending physical and virtual manipulatives: An effort to improve students' conceptual understanding through science laboratory experimentation. *Science Education*, 96(1), 21–47. <https://doi.org/10.1002/sce.20463>
- Rieger, G., Sitwell, M., Carolan, J., & Ido, R. (2014). A “Flipped” Approach To Large-Scale First-Year Physics Labs". *Physics in Canada, Special Issue on Physics Education Research*, 70(2), 126-128.
https://cwsei.ubc.ca/sites/default/files/cwsei/outcomes/SEIresearch/Rieger-et-al_FlippedLabs_PiC2014.pdf
- Rutten, N., van Joolingen, W. R., & van der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58(1), 136–153.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017>
- Strelan, P., Osborn, A., & Palmer, E. (2020). The flipped classroom: A meta-analysis of effects on student performance across disciplines and education levels. *Educational Research Review*, 30, 100314. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100314>
- Sullivan, S., Gnesdilow, D., Puntambekar, S. & Kim, J. (2017). Middle school students' learning of mechanics concepts through engagement in different sequences of physical and virtual experiments. *International Journal of Science Education*, 39(12), 1573-1600.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1341668>
- Velentzas, A., Dimakopoulou A., & Theodonis, I. (2024). Supporting laboratories in physics education with virtual experiments videos. *European Journal of Physics*, 45(5), 055702.
<https://doi.org/10.1088/1361-6404/ad61d2>
- Zacharia, Z. C., & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning and Instruction*, 21(3), 317-331.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2010.03.001>