

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, ΔΠΘ
ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΔΠΘ**

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

synedrio2025.enepht.gr



Η Χρήση του Αισθητήρα Φωτός Περιβάλλοντος των Smartphones σε Πείραμα Απορρόφησης του Φωτός

Παρασκευή Χριστονάση, Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης

doi: [10.12681/codiste.9782](https://doi.org/10.12681/codiste.9782)

Η Χρήση του Αισθητήρα Φωτός Περιβάλλοντος των Smartphones σε Πείραμα Απορρόφησης του Φωτός

Παρασκευή Χριστονάση¹ και Κωνσταντίνος Θ. Κώσης²

¹Υποψήφια Διδάκτορας, ²Καθηγητής,

^{1,2}Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

¹evi.chr@hotmail.com

Περίληψη

Η παρούσα εργασία εστιάζει στην επίδραση μίας διδακτικής παρέμβασης σχετικής με την απορρόφηση του φωτός και του χρώματος του υλικού που χρησιμοποιείται και πώς αυτή μπορεί να υποβοηθήσει την κατανόηση της αντίστοιχης έννοιας από 71 μαθητές/τριες της Στ' Δημοτικού. Η αναφερθείσα παρέμβαση υλοποιήθηκε με τη βοήθεια αισθητήρων φωτός έξυπνων κινητών τηλεφώνων (smartphones) και της εφαρμογής «Phyphox». Τα δεδομένα συλλέχθηκαν με τη χρήση ερωτηματολογίων τριπλού επιπέδου τόσο πριν όσο και μετά την παρέμβαση. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα η παρέμβαση είχε θετικό αντίκτυπο στην αλλαγή των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών/τριών στη συγκεκριμένη έννοια της Φυσικής.

Λέξεις κλειδιά: αισθητήρες, απορρόφηση, φως, Phyphox, smartphones

The Use of the Ambient Light Sensor of Smartphones in a Light Absorption Experiment

Paraskevi Christonasi¹, Konstantinos T. Kotsis²

¹Phd candidate, ²Professor

^{1,2}Department of Primary Education, University of Ioannina

¹evi.chr@hotmail.com

Abstract

This paper focuses on the effect of a teaching intervention related to the absorption of light and the color of the material used and how it can assist the understanding of the respective concept by 71 students of the sixth grade. The mentioned intervention was implemented with the help of mobile smartphone light sensors and the "Phyphox" application. Data were collected using triple-level questionnaires both before and after the intervention. According to the results, the intervention had a positive impact on changing students' alternative ideas on the specific physics concept.

Keywords: absorption, light, Phyphox, sensors, smartphones

Εισαγωγή

Η χρήση έξυπνων κινητών τηλεφώνων (smartphones) στην εκπαίδευση της Φυσικής συνεχώς αυξάνεται, λόγω της ενσωμάτωσης προηγμένων αισθητήρων, όπως το επιταχυνσιόμετρο, το γυροσκόπιο, το βαρόμετρο και το μαγνητόμετρο, που επιτρέπουν την άμεση καταγραφή και ανάλυση φυσικών μεγεθών (Calderón-Garrido et al., 2022). Εφαρμογές όπως το «Phyphox» αξιοποιούν αυτούς τους αισθητήρες, παρέχοντας στους/στις μαθητές/τριες τη δυνατότητα να συλλέγουν δεδομένα και να τα αναλύουν σε πραγματικό χρόνο, διευκολύνοντας τη σύνδεση με εξωτερικές συσκευές για πιο άμεσες παρατηρήσεις και έχοντας αξιοπιστία και ακρίβεια στις μετρήσεις (Staacks et al., 2018). Έχουν ήδη αναφερθεί χρήσεις με την αξιοποίηση των

αισθητήρων των έξυπνων κινητών τηλεφώνων-smartphones σε πειράματα φυσικής (Χριστονάση & Κώτσης, 2023). Παρόλο που η τεχνολογία αυτή προσφέρει καινοτόμες προοπτικές, η διερεύνηση της πραγματικής εκπαιδευτικής της αξίας, ιδιαίτερα στη βιωματική μάθηση και την ενεργή συμμετοχή των μαθητών/τριών δημοτικού, παραμένει περιορισμένη (Bura et al., 2022). Τέλος, το ενδιαφέρον των μαθητών/τριών για τις κινητές τεχνολογίες καθώς και η εμπειρία τους στη χρήση αυτών των συσκευών μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ισχυρό εργαλείο για την ενίσχυση του ενδιαφέροντός τους για μάθηση και τη διευκόλυνση της πρόσβασής τους σε μαθησιακούς πόρους αλλά και τη χρήση αυτών των συσκευών εκτός τάξης σε καθημερινές τους δραστηριότητες (González et al., 2015).

Θεωρητικό πλαίσιο

Εφαρμογή Phyrhox

Η Phyrhox είναι μια δωρεάν, ανοιχτού κώδικα εφαρμογή για Android και iOS, που σχεδιάστηκε στο Πανεπιστήμιο RWTH Aachen το 2016, με στόχο την αξιοποίηση των ενσωματωμένων αισθητήρων των κινητών τηλεφώνων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Staacks et al., 2018). Μέσα από το εύχρηστο περιβάλλον της, οι μαθητές/τριες μπορούν να εκτελούν μετρήσεις, να οπτικοποιούν τα δεδομένα τους σε πραγματικό χρόνο και να εξάγουν αποτελέσματα για περαιτέρω ανάλυση, ακόμα και με απλό εξοπλισμό (Pierratos & Polatoglou 2020). Μέσω της δυνατότητας «απομακρυσμένης σύνδεσης», ο χρήστης μπορεί να προβάλλει και να ελέγχει την εξέλιξη ενός πειράματος από απόσταση, χρησιμοποιώντας υπολογιστή ή tablet, χωρίς να χρειάζεται να χειριστεί απευθείας το κινητό τηλέφωνο.

Σχήμα 1. Περιβάλλον της εφαρμογής Phyrhox

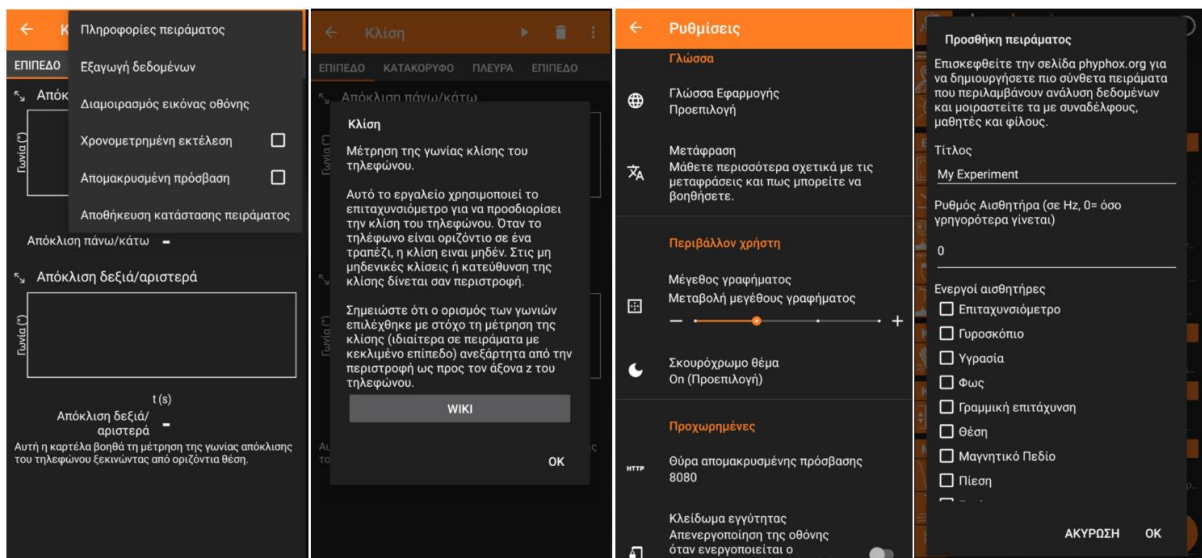


Η εφαρμογή προσφέρει ένα ευρύ φάσμα προκαθορισμένων πειραμάτων που αξιοποιούν αισθητήρες όπως το μικρόφωνο, το επιταχυνσιόμετρο, το γυροσκόπιο, το μαγνητόμετρο και – σημαντικό για την παρούσα εργασία – τον αισθητήρα φωτός (Kuhn & Vogt, 2013). Κάθε πείραμα συνοδεύεται από οδηγίες χρήσης, επεξήγηση του επιστημονικού φαινομένου που

μελετάται, καθώς και προτεινόμενες ερωτήσεις και στόχους για τους/τις μαθητές/τριες. Επιπλέον, υποστηρίζει τη δημιουργία νέων πειραμάτων, ώστε οι εκπαιδευτικοί να μπορούν να σχεδιάσουν δραστηριότητες ακριβώς προσαρμοσμένες στις ανάγκες του μαθήματος ή της ηλικιακής ομάδας (Staacks et al., 2018).

Το περιβάλλον της εφαρμογής προσφέρει πληθώρα επιλογών, όπως γραφική απεικόνιση των μετρήσεων (διαγράμματα, πίνακες, κ.λ.π.), ρυθμίσεις για μονάδες μέτρησης, ευαισθησία αισθητήρων, ρυθμό δειγματοληψίας και μορφή εξαγωγής των δεδομένων, παρέχοντας έτσι ευελιξία και ακρίβεια στον εκπαιδευτικό σχεδιασμό (Σχήμα 2). Μέσα από τις λειτουργίες της, η Rhyrbox ενθαρρύνει την ενεργή εμπλοκή των μαθητών/τριών στη διερευνητική μάθηση, την ανάπτυξη δεξιοτήτων μέτρησης και την εμβάθυνση στην ερμηνεία δεδομένων. Η εφαρμογή έχει αναγνωριστεί με σημαντικά βραβεία, όπως το Ars legendi-faculty award (2020) και το Wilhelm-Westphal teaching award (2019) (Staacks, χ.χ.), γεγονός που αναδεικνύει τη σημαντική συνεισφορά της στην εκπαιδευτική κοινότητα.

Σχήμα 2. Παρουσίαση ενδεικτικών δυνατοτήτων της εφαρμογής



Απορρόφηση φωτός

Η απορρόφηση του φωτός είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ένα υλικό προσλαμβάνει μέρος της προσπίπτουσας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και το μετατρέπει κυρίως σε θερμότητα, ενώ το υπόλοιπο διαπερνά ή ανακλάται (Saleh & Teich, 2019). Κάθε υλικό χαρακτηρίζεται από μια ιδιαίτερη φασματική απόκριση, δηλαδή την ικανότητά του να απορροφά, να διαπερνά ή να ανακλά διαφορετικά μήκη κύματος (Pedrotti et al., 2017).

Το χρώμα που αντιλαμβανόμαστε σε ένα αντικείμενο καθορίζεται από τα μήκη κύματος που το υλικό δεν απορροφά. Για παράδειγμα, ένα κόκκινο φίλτρο απορροφά το μεγαλύτερο μέρος της μπλε και της πράσινης περιοχής του ορατού φάσματος, ενώ διαπερνά κυρίως το κόκκινο (Pedrotti et al., 2017). Τα μαύρα υλικά απορροφούν σχεδόν όλο το προσπίπτον ορατό φως, με ελάχιστη ανάκλαση/διαπέραση.

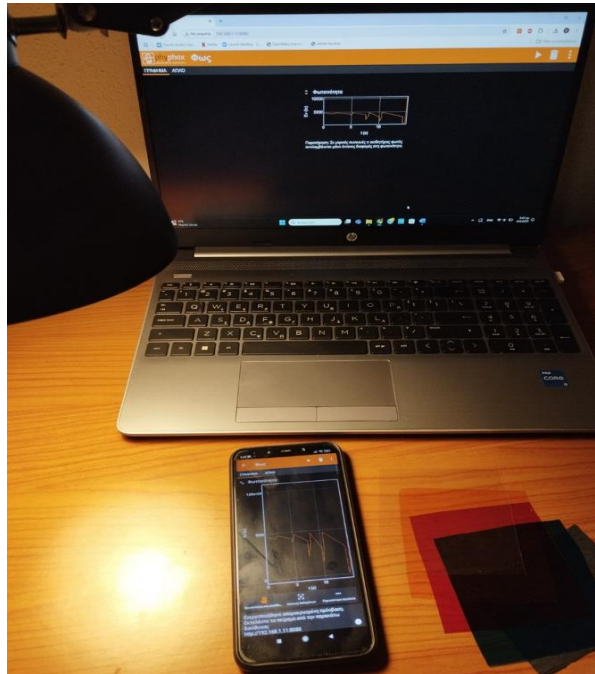
Μεθοδολογία

Πειραματική διάταξη

Η πειραματική διάταξη αποτελείται από ένα έξυπνο κινητό τηλέφωνο (smartphone) τοποθετημένο σε σταθερό σημείο και ένα στήριγμα στην άκρη του οποίου είναι τοποθετημένη η πηγή φωτός, που κατευθύνει το φως στον αισθητήρα φωτός του κινητού. Επιπλέον, ως υλικά

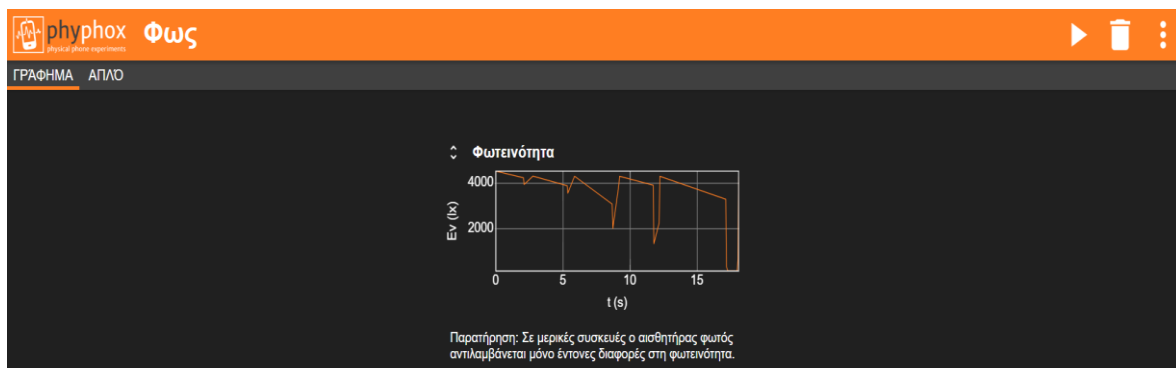
ελέγχου για την απορρόφηση του φωτός χρησιμοποιούνται ίδιου πάχους χαρτάκια σελοφάν ημιδιάφανα διαφορετικού χρώματος, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1. Την διάταξη συμπληρώνει ένα λαπτοπ, όπου παρουσιάζονται απευθείας τα δεδομένα που επεξεργάζεται η εφαρμογή.

Εικόνα 1. Πειραματική διάταξη



Με τη βοήθεια του αισθητήρα φωτός και της εφαρμογής Phyrhox καταγράφονται οι μετρήσεις της έντασης του φωτός και καταλήγουμε στην ποσότητα φωτός που απορροφάται σε κάθε περίπτωση (Εικόνα 2). Πιο συγκεκριμένα, αρχικά η πηγή στέλνει φως χωρίς να παρεμβάλλεται υλικό ανάμεσα σε αυτή και τον αισθητήρα του κινητού. Ύστερα, τοποθετούνται με τη σειρά ένα- ένα, πάνω στον αισθητήρα του κινητού τα χαρτάκια σελοφάν, πρώτα το διαφανές και ύστερα με τη σειρά από το πιο ανοιχτόχρωμο ως το πιο σκουρόχρωμο (κίτρινο, κόκκινο, μπλε, μαύρο). Σύμφωνα με το διάγραμμα, παρατηρείται μείωση στη φωτεινότητα που λαμβάνει ο αισθητήρας, με πέντε σημεία- κορυφές να ξεχωρίζουν, που αντιστοιχούν στις μετρήσεις για κάθε διαφορετικό φίλτρο.

Εικόνα 2. Μετρήσεις της έντασης φωτός σε διαφορετικού χρώματος χαρτάκια σελοφάν



Συγκεκριμένα, τα ανοιχτόχρωμα φίλτρα (διαφανές και κίτρινο) επιτρέπουν στο μεγαλύτερο μέρος της ακτινοβολίας να φτάσει στον αισθητήρα, λόγω χαμηλής απορρόφησης, ενώ τα σκουρόχρωμα φίλτρα (κόκκινο, μπλε και μαύρο) εμφανίζουν υψηλή απορροφητικότητα στο ορατό φάσμα, μειώνοντας σημαντικά την ένταση που ανιχνεύει το έξυπνο κινητό τηλέφωνο (smartphone). Τα ανωτέρα καταλήγουν πως η απορρόφηση του φωτός εξαρτάται από το χρώμα του υλικού και συγκεκριμένα όσο πιο σκουρόχρωμο το αντικείμενο, τόσο μεγαλύτερη η ποσότητα της απορροφούμενης φωτεινής ενέργειας.

Συμμετέχοντες

Η έρευνα διεξήχθη σε τρία τμήματα της Στ' Δημοτικού, ύστερα από τη σύμφωνη γνώμη των κηδεμόνων τους, όπου οι μαθητές/τριες κλήθηκαν να απαντήσουν σε ερώτηση σχετική με την απορρόφηση του φωτός. Μάλιστα, δεν είχε γίνει προηγουμένως κάποιας μορφής διδασκαλία στο αντικείμενο. Με το πέρας της αρχικής αξιολόγησης ακολούθησε παρέμβαση, όπου οι μαθητές/τριες υλοποίησαν την πειραματική διαδικασία σε τετράδες με τεχνολογικά και αναλώσιμα μέσα που διατέθηκαν από την εκπαιδευτικό. Η χρήση έξυπνης κινητής συσκευής έγινε σε σταθερή διάταξη και αποκλειστικά για την καταγραφή πειραματικών δεδομένων, υπό την άμεση εποπτεία της εκπαιδευτικού και χωρίς ατομική χρήση από τους/τις μαθητές/τριες. Αυτό επιτεύχθηκε καθώς το Phyphox δίνει τη δυνατότητα στους/στις μαθητές/τριες να χειριστούν απομακρυσμένα (μέσω του φορητού υπολογιστή) την πορεία του πειράματος, διασφαλίζοντας πλήρως τη συμμόρφωση με τον κανονισμό χρήσης κινητών στο σχολείο. Ύστερα, οι μαθητές/ριες, χάρη στην επιλογή «εξαγωγής δεδομένων σε excel», που προσφέρει η εφαρμογή, ανέλυσαν συνεργατικά τα πειραματικά δεδομένα που προέκυψαν με την βοήθεια των εξαγώμενων τιμών και του γραφήματος στο λαπτοπ. Όποτε χρειάστηκε δόθηκε υποστήριξη από την εκπαιδευτικό.

Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

Η συλλογή των δεδομένων έγινε με τη χρήση ενός προ- και μετα-τεστ (pre-post test design), τριών επιπέδων (three-tier test). Πρόκειται για ένα εργαλείο που αποσκοπεί στην αξιολόγηση της βαθιάς κατανόησης των μαθητών/τριών και στον εντοπισμό των εναλλακτικών αντιλήψεων τους για ένα σχετικό θέμα, ώστε με βάση αυτές ο εκπαιδευτικός να τροποποιήσει το σχέδιο μαθήματος και να διορθωθούν οι όποιες παρανοήσεις (Cetin-Dindar & Geban, 2011). Το τεστ αυτό περιλάμβανε:

- Μια ερώτηση πολλαπλής επιλογής για την εκτίμηση της κατανόησης της έννοιας της απορρόφησης φωτός.
- Αιτιολόγηση της αρχικής απάντησης μέσω δεύτερης ερώτησης πολλαπλής επιλογής, όπου δίνονται αληθοφανείς εναλλακτικές επιλογές, οι οποίες αντανάκλουν συχνές λανθασμένες ιδέες των μαθητών/τριών και δεν αποκλείονται εύκολα.
- Αυτοαξιολόγηση εμπιστοσύνης στις παραπάνω απαντήσεις μέσω δήλωσης του επιπέδου βεβαιότητας των συμμετεχόντων (Pezman & Eryilmaz, 2010).

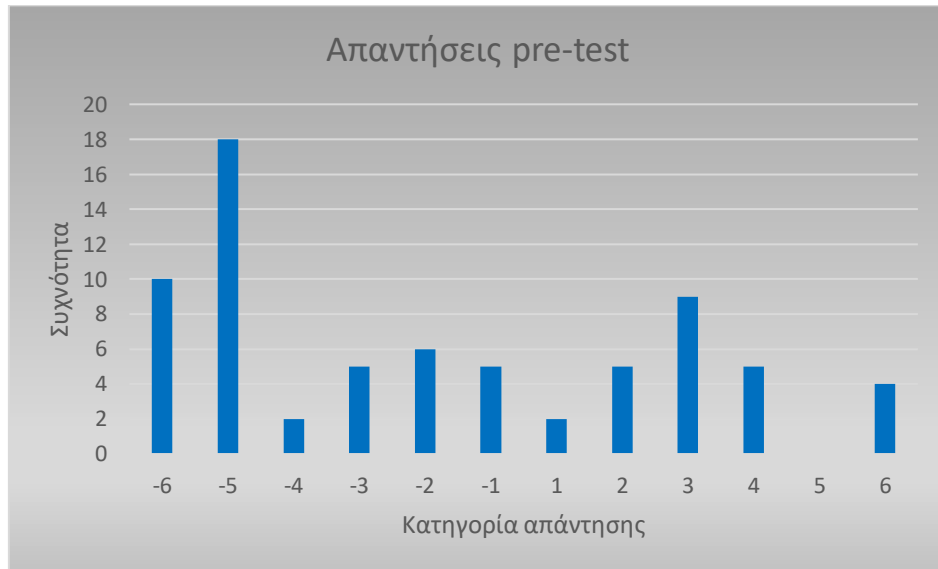
Τα δεδομένα αναλύθηκαν με τη βοήθεια του Microsoft Excel και του στατιστικού λογισμικού SPSS. Ορίστηκαν τιμές για όλες τις εναλλακτικές περιπτώσεις απαντήσεων των μαθητών/τριών και δημιουργήθηκε μία λίστα 12 πιθανών τύπων απόκρισης. Αυτές χωρίστηκαν σε 6 κατηγορίες ανάλογα με την κωδικοποίηση που προέκυψε, με στόχο να προσδιορίσουν τη ζώνη μαθησιακού επιπέδου των μαθητών/τριών ανάλογα με το επίπεδο κατανόησής τους. Τέλος, έγινε η σύγκριση των απαντήσεων που δόθηκαν πριν και μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση.

Αποτελέσματα

Μετά την ανάλυση των δεδομένων γίνεται εμφανές ότι η πλειοψηφία των μαθητών/τριών, αφού υλοποιήσουν την εκπαιδευτική παρέμβαση, απαντούν ορθά στις ερωτήσεις.

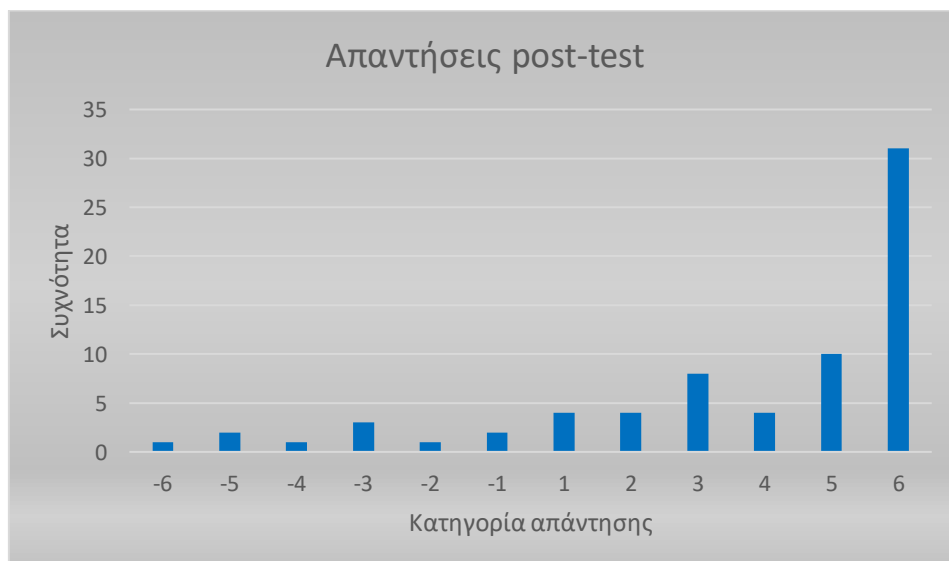
Συγκεκριμένα, πριν την παρέμβαση 25 από τους/τις 71 μαθητές/τριες (35,2 %) δίνουν σωστή απάντηση από τους οποίους 4 (5,6 %) ήταν σίγουροι για αυτή και την αιτιολόγησαν ορθά. Αντιθέτως, διαπιστώθηκε ότι το 39,4%, δηλαδή 28 μαθητές/τριες είχαν ενδείξεις καθιερωμένης εναλλακτικής ιδέας, καθώς επέλεξαν λανθασμένη απάντηση με υψηλό βαθμό βεβαιότητας και συνοδευτική αιτιολόγηση που αποκάλυπτε παρανόηση. Παράλληλα, 16 μαθητές/τριες (22,5%) απάντησαν λανθασμένα, αν και η αιτιολόγησή τους αποκάλυπτε ικανοποιητικό επίπεδο κατανόησης, το οποίο, ωστόσο, δεν μπόρεσαν να αποτυπώσουν. Τα αποτελέσματα του pre-test συνοψίζονται στο Γράφημα 1.

Γράφημα 1. Αποτελέσματα πριν την παρέμβαση



Μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση το ποσοστό μαθητών/τριών που απαντούν σωστά αυξάνεται σε 85,9 %, και από αυτούς/ές 41 (57,7 %) κατέληξαν σε απαντήσεις που κρίνονται επιστημονικά ορθές και συνοδεύονταν από επαρκώς τεκμηριωμένες αιτιολογήσεις, γεγονός που δείχνει σαφή ένδειξη μετασχηματισμού των εννοιολογικών δομών και μετάβασης σε ικανοποιητική μάθηση. Τα αποτελέσματα του post-test παρουσιάζονται στο Γράφημα 2.

Γράφημα 2. Αποτελέσματα μετά την παρέμβαση



Μάλιστα, χάρη στην επιλογή χρήσης του τριπλού επιπέδου τεστ (three-tier test) που εκτός από την αιτιολόγηση των απαντήσεων εκφράζεται και η βεβαιότητα σε αυτές, τα αποτελέσματα για την κατανόηση των εννοιών από τους/τις μαθητές/τριες είναι πιο έγκυρα και ουσιαστικά συγκρινόμενα με ένα απλό τεστ.

Συμπεράσματα

Η ανάλυση δεδομένων από τον αισθητήρα φωτός ενός έξυπνου κινητού τηλεφώνου (smartphone) βεβαίωσε τη σχέση μεταξύ της απορρόφησης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και του χρώματος του υλικού. Το πείραμα ανέδειξε την ευκολία με την οποία τα κινητά τηλέφωνα, όταν αξιοποιούνται για εκπαιδευτικούς και διδακτικούς λόγους στην τάξη, όπως σε πειράματα Φυσικής, διευκολύνουν την κατανόηση αντίστοιχων εννοιών. Τα ευρήματα έδειξαν ότι η υλοποίηση του πειράματος βοήθησε σημαντικά τους/τις μαθητές/τριες του Δημοτικού να κατανοήσουν τη συγκεκριμένη σχέση. Επιπλέον, η επιλογή της χρήσης three-tier test επέτρεψε μια πιο ουσιαστική ανάλυση των δεδομένων, προσφέροντας πιο ολοκληρωμένα και έγκυρα συμπεράσματα.

Βιβλιογραφία

- Χριστονάση Π., Κώτσης Θ. Κ. (2023). Αξιοποίηση των αισθητήρων των smartphones σε πειράματα Φυσικής: Το παράδειγμα της κεντρομόλου επιτάχυνσης. Στο Κ. Θ. Κώτσης, Γ. Στύλος, Ε. Τσιούρη, Έ. Γκαλτέμη, Κ. Γεωργόπουλος, Α. Γαβρίλας, Δ. Πανάγου, Κ. Τσουμάνης & Γ. Βακάρου (Επιμ.) *13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: Πρακτικά Εκτεταμένων Συνόψεων των Εργασιών*. Σχολή Επιστημών, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
<https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/CoDiSTE/article/view/5532>
- Bura, Y., Jufriansah, A., & Donuata, P. B. (2022). The Effect of Using Phyphox Applications to Improve Learning Outcomes Reviewed from Early Knowledge and Response. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 8(2), 203–207. <https://doi.org/10.29303/jpft.v8i2.4331>
- Calderón-Garrido, D., Ramos-Pardo, F. J., and Suárez-Guerrero, C. (2022). The use of mobile phones in classrooms: A systematic review. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 17(06), 194–210. <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i06.29181>
- Cetin-Dindar, A., & Geban, O. (2011). Development of a three-tier test to assess high school students' understanding of acids and bases. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 15, 600–604. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.03.147>
- Gonzalez, M. A, Gonzalez, Manuel A., Martin, M.E., Llamas, C., Martinez, O., Vegas, J., Herguedas, M. and Hernandez, C. (2015). Teaching and Learning Physics with Smartphones. *Journal of Cases on Information Technology*, 17, 31–50. <https://doi.org/10.4018/JCIT.2015010103>
- Kuhn, J. & Vogt, P. (2013). Applications and examples of experiments with mobile phones and smartphones in physics lessons. *Frontiers in Sensors* 1, 67-73. <https://shorturl.at/VGIr1>
- Pedrotti, F. L., Pedrotti, L. M., & Pedrotti, L. S. (2017). *Introduction to Optics* (3^η έκδ.). Cambridge University Press.
- Peşman, H., Eryilmaz, A. (2010). Development of a three-tier test to assess misconceptions about simple electric circuits. *The Journal of Educational Research*, 103(3), 208–222. <https://doi.org/10.1080/00220670903383002>
- Pierratos, T. & Polatoglou, H. M. (2020). Utilizing the phyphox app for measuring kinematics variables with a smartphone. *Physics Education*, 5(22), 55-60. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab6951>
- Saleh, B. E. A. & Teich, M. C. (2019). *Fundamentals of Photonics* (3^η έκδ.). Wiley.
- Staacks, S. (χ.χ.). *Phyphox – Physical Phone Experiments*. RWTH Aachen University. Ανακτήθηκε στις 20 Ιουνίου 2025, από <https://phyphox.org/>
- Staacks, S., Hütz, S., Stampfer, C., & Heinke, H. (2018). Advanced Tools for Smartphone-Based Experiments: Phyphox. *Physics Education*, 53(4). <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/aac05e/pdf>