

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 Επιταχυνσιόμετρου των Smartphones σε Πειράματα Απλού Εκκρεμούς

Παρασκευή Χριστονάση, Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης

doi: [10.12681/codiste.9810](https://doi.org/10.12681/codiste.9810)

Η Χρήση του Επιταχυνσιομέτρου των Smartphones σε Πειράματα Απλού Εκκρεμούς

Παρασκευή Χριστονάση¹ και Κωνσταντίνος Θ. Κώσης²

¹Υποψήφια Διδάκτορας, ²Καθηγητής,

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

¹evi.chr@hotmail.com

Περίληψη

Η εργασία εξετάζει πώς μια διδακτική παρέμβαση, που επικεντρώνεται στη σχέση μεταξύ της περιόδου του απλού εκκρεμούς με το μήκος, μπορεί να βελτιώσει την κατανόηση των ταλαντώσεων σε 71 μαθητές/τριες της Στ' Δημοτικού. Η παρέμβαση έγινε με τη βοήθεια των αισθητήρων που διαθέτουν τα κινητά smartphones και της εφαρμογής «Phyphox». Για τη συλλογή των δεδομένων, δόθηκε στους/στις μαθητές/τριες ένα ερωτηματολόγιο πριν και μετά την παρέμβαση και στη συνέχεια, αναλύθηκαν οι απαντήσεις με τη χρήση του τεστ τριπλού επιπέδου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η διδακτική παρέμβαση είχε ουσιαστική επίδραση στην αλλαγή των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών/τριών σχετικά με το θέμα αυτό.

Λέξεις κλειδιά: αισθητήρες, εκκρεμές, ταλαντώσεις, Phyphox, smartphones

The Use of the Accelerometer of Smartphones in Simple Pendulum Experiments

Paraskevi Christonasi¹, Konstantinos T. Kotsis²

¹Phd candidate, ²Professor

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

¹evi.chr@hotmail.com

Abstract

This paper examines how a teaching intervention, focusing on the relationship between the period of a simple pendulum and its length, can improve the understanding of oscillations in 71 sixth-grade students. The intervention was carried out with the help of sensors equipped with smartphones and the "Phyphox" application. To collect data, students were given a questionnaire before and after the intervention, and then the responses were analyzed using the three-tier test. The results showed that the teaching intervention had a substantial effect on changing students' alternative perceptions of this topic.

Keywords: Phyphox, oscillations, pendulum, sensors, smartphones

Εισαγωγή

Η ενσωμάτωση των smartphones στην εκπαίδευση της Φυσικής αυξάνεται διαρκώς, λόγω της ευρείας διαθεσιμότητας ενσωματωμένων αισθητήρων, όπως το επιταχυνσιόμετρο, το γυροσκόπιο, το βαρόμετρο, το μαγνητόμετρο, κ.ά., οι οποίοι επιτρέπουν την άμεση καταγραφή φυσικών μεγεθών (Monteiro & Marti, 2022). Εφαρμογές, όπως το «Phyphox», εκμεταλλεύονται αυτούς τους αισθητήρες και παρέχουν δυνατότητες λήψης δεδομένων και ανάλυσης σε πραγματικό χρόνο, ενώ οι μαθητές/τριες έχουν τη δυνατότητα να συνδέονται με εξωτερικές συσκευές για άμεση παρατήρηση των αποτελεσμάτων (Staacks et al., 2018).

Μάλιστα, ακόμη και όταν απαιτείται εκπαίδευση από απόσταση, το Rhyphox επιτρέπει στους/στις μαθητές/τριες να συνεχίσουν τα πειράματά τους στο σπίτι με απλά υλικά και να χρησιμοποιήσουν ένα smartphone ως συσκευή μέτρησης (Tzamalís et al., 2021). Επομένως, η ενσωμάτωση των κινητών τεχνολογιών στην εκπαίδευση, όταν γίνεται με στρατηγικό και παιδαγωγικά σκεπτόμενο τρόπο, μπορεί να λειτουργήσει ως ισχυρό εργαλείο για την ενίσχυση του ενδιαφέροντος και της δέσμευσης των μαθητών/τριών στη μαθησιακή διαδικασία (Becker et al., 2020).

Θεωρητικό υπόβαθρο

Η εφαρμογή Rhyphox

Η εφαρμογή Rhyphox, που αναπτύχθηκε από το Πανεπιστήμιο RWTH Aachen στη Γερμανία, αποτελεί ένα καινοτόμο εργαλείο που μετατρέπει τα έξυπνα κινητά (smartphones) σε επιστημονικά όργανα. Η εφαρμογή εκμεταλλεύεται τους ενσωματωμένους αισθητήρες των κινητών, όπως το επιταχυνσιόμετρο, το γυροσκόπιο, το μικρόφωνο, κ.ά. και επιτρέπει την εκτέλεση πειραμάτων φυσικής σε πραγματικό χρόνο, καθιστώντας έτσι τη Φυσική πιο διαδραστική και προσβάσιμη σε όλους (Staacks et al., 2018). Μέσω της εφαρμογής δίνεται η δυνατότητα στους/στις μαθητές/τριες να συλλέγουν, να παρατηρούν και να αναλύουν πειραματικά δεδομένα άμεσα και με οπτικά κατανοητό τρόπο, χάρη σε διαγράμματα που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Επιπλέον, περιλαμβάνει υπάρχουσες προσομοιώσεις και πειράματα, ενώ επιτρέπει και την προσαρμογή ή τη δημιουργία νέων πειραμάτων από εκπαιδευτικούς, ανάλογα με τις διδακτικές ανάγκες (Kuhn & Vogt, 2013).

Σχήμα 1: Περιεχόμενα της εφαρμογής Rhyphox



Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η μελέτη της ταλάντωσης του απλού εκκρεμούς, καθώς η εφαρμογή δίνει τη δυνατότητα μέτρησης μεγεθών όπως η περίοδος, η γωνιακή ταχύτητα και η επιτάχυνση. Χάρη σε τέτοιες δραστηριότητες, οι μαθητές/τριες έρχονται σε επαφή με βασικές φυσικές έννοιες μέσω της βιωματικής και διαθεματικής μάθησης, γεγονός

που ενισχύει την εννοιολογική κατανόηση και την ενεργό συμμετοχή των μαθητών/τριών στην εκπαιδευτική διαδικασία (Zacharia & Olympriou, 2011). Η ευκολία χρήσης της εφαρμογής Phyrhox και η αξιοπιστία των δεδομένων της, την καθιστούν εξαιρετικά χρήσιμη για αξιοποίηση σε τάξη.

Το απλό εκκρεμές

Σύμφωνα με τους Young και Freedman (2015) το απλό εκκρεμές αποτελείται από μια σημειακή μάζα (συνήθως ένα μικρό βαρίδιο) που αναρτάται σε αβαρές και μη εκτατό νήμα. Όταν αυτή εκτραπεί από τη θέση ισορροπίας της, εκτελεί ταλαντωτική κίνηση υπό την επίδραση της δύναμης επαναφοράς λόγω της βαρύτητας. Για μικρές γωνίες εκτροπής (συνήθως $<15^\circ$), η κίνηση αυτή προσεγγίζει την Απλή Αρμονική Κίνηση, καθώς η αποκαθιστάμενη δύναμη είναι ανάλογη της μετατόπισης. Η περίοδος του εκκρεμούς, δηλαδή ο χρόνος για την ολοκλήρωση μιας πλήρους ταλάντωσης, δίνεται από την εξίσωση:

$$T=2\pi\sqrt{l/g}, \text{ όπου } l \text{ είναι το μήκος του νήματος και } g \text{ η επιτάχυνση της βαρύτητας.}$$

Από την παραπάνω εξίσωση προκύπτει ότι η περίοδος εξαρτάται αποκλειστικά από το μήκος και την επιτάχυνση της βαρύτητας και όχι από τη μάζα του σώματος ή το πλάτος της ταλάντωσης (για μικρές γωνίες).

Το απλό εκκρεμές αποτελεί ένα θεμελιώδες μοντέλο περιοδικής κίνησης στη διδασκαλία της φυσικής, καθώς επιτρέπει την εισαγωγή βασικών εννοιών, όπως περίοδος, συχνότητα ταλάντωσης, δύναμη επαναφοράς, μήκος του νήματος και βαρυτική επιτάχυνση. Το μοντέλο αυτό έχει απλή δομή και αυτό το καθιστά ιδιαίτερα κατάλληλο για τη σχολική τάξη.

Three- tier test

Πρόκειται για μία ποιοτική μέθοδο αξιολόγησης της εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών/τριών, που σχεδιάστηκε ώστε να εντοπίζει τις εναλλακτικές ιδέες τους και να αναλύει το επίπεδο βεβαιότητας τους σχετικά με τις απαντήσεις τους (Caleon & Subramaniam, 2010). Κάθε ερώτηση που δίνεται διακρίνεται από τρία επίπεδα. Το πρώτο επίπεδο δίνει μία ερώτηση πολλαπλής επιλογής πάνω σε κάποια εννοιολογική περιοχή. Το δεύτερο επίπεδο αφορά στην αιτιολόγηση του πρώτου, που επιτυγχάνεται από την επιλογή της σωστής απάντησης ανάμεσα σε άλλες που εκφράζουν συνηθισμένες παρανοήσεις και εναλλακτικές ιδέες των μαθητών/τριών. Στο τρίτο επίπεδο ο/η μαθητής/τρια δηλώνει πόσο σίγουρος/η είναι για την ορθότητα των ανωτέρω απαντήσεων του (Buzzo & Montecinos, 2014).

Υστερα, βαθμολογούνται όλες οι πιθανές απαντήσεις των μαθητών/τριών και με βάση τους διαφορετικούς συνδυασμούς βαθμών, οι απαντήσεις ταξινομούνται σε 12 κατηγορίες (-6 έως 6). Αυτές οι 12 κατηγορίες ομαδοποιούνται σε 6 μεγαλύτερες ομάδες, που δείχνουν σε ποια «ζώνη» μαθησιακού επιπέδου ανήκει κάθε μαθητής/τρια.

Η επιλογή του συγκεκριμένου τεστ έγινε διότι η σύγκριση μεταξύ της επιλεγμένης απάντησης και της αιτιολόγησης δίνει σημαντικά στοιχεία για το εάν η απάντηση προέκυψε από πλήρη κατανόηση, παρανόηση ή τυχαία επιλογή. Επιπρόσθετα, η δήλωση του επιπέδου βεβαιότητας δίνει πληροφορίες για το γνωστικό στίγμα του/της μαθητή/τριας, τη μεταγνώση του/της, και τον διαχωρισμό μεταξύ λανθασμένης γνώσης και γνωστικής αβεβαιότητας.

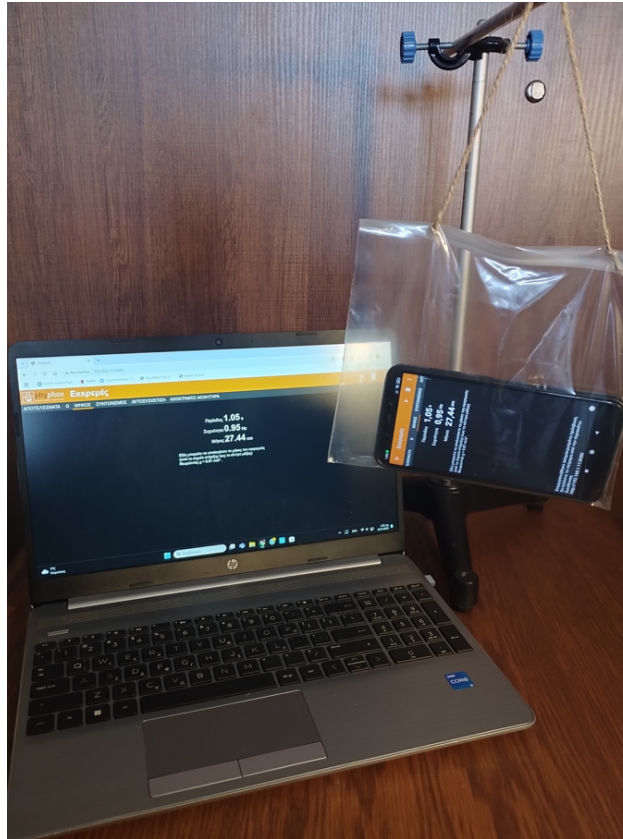
Μεθοδολογία

Πειραματική διάταξη

Η πειραματική διάταξη, που εμφανίζεται στην Εικόνα 1, αποτελείται από στήριγμα στην άκρη του οποίου κρεμιέται με νήμα ένα διάφανο σακουλάκι. Μέσα στο σακουλάκι τοποθετείται ένα

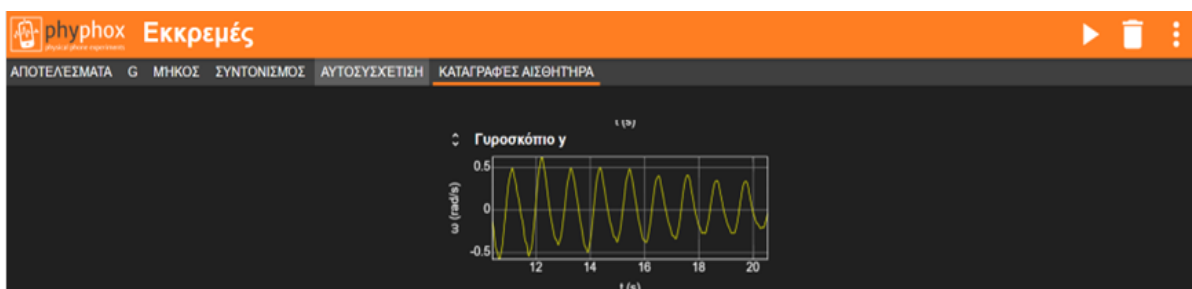
έξυπνο κινητό smartphone, το οποίο εκτρέπεται υπό γωνία μικρής κλίσης και αφήνεται να ταλαντωθεί για 5 πλήρεις ταλαντώσεις.

Εικόνα 1. Πειραματική διάταξη



Με τη βοήθεια των αισθητήρων και συγκεκριμένα του επιταχυνσιομέτρου καταγράφονται μετρήσεις της επιτάχυνσης συναρτήσει του χρόνου στους άξονες x , y και z . Στην Εικόνα 2, παρουσιάζεται η επιτάχυνση του κινητού στον άξονα y (διαμήκης συνιστώσα επιτάχυνσης), που έχει τη μορφή κύματος, καθώς το εκκρεμές αλλάζει συνεχώς την ταχύτητά του και όταν φτάνει στα άκρα, επιταχύνεται προς το κέντρο, ενώ στη μέση δεν επιταχύνεται καθόλου. Μέσω της εφαρμογής υπολογίζονται αυτόματα το μήκος του ταλαντωτή, η περίοδος και η συχνότητα ταλάντωσης της κίνησης.

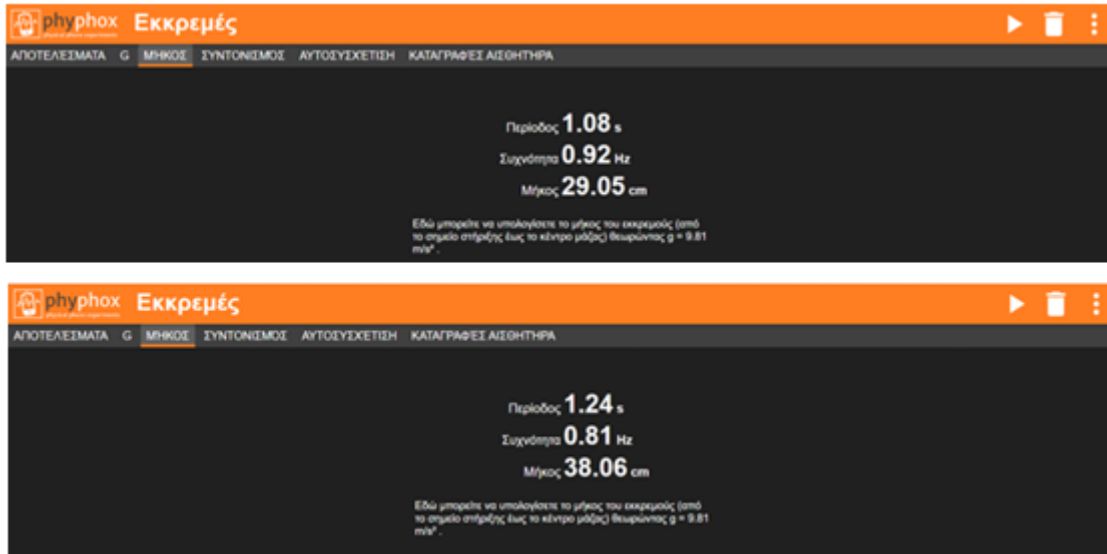
Εικόνα 2. Μετρήσεις επιτάχυνσης συναρτήσει χρόνου και υπολογισμός περιόδου-συχνότητας



Στη συνέχεια, αυξάνεται το μήκος του νήματος και γίνεται καταγραφή των νέων μετρήσεων, καθώς και ο αυτόματος υπολογισμός του μήκους, της περιόδου και της

ταλάντωσης αντίστοιχα. Τα ανωτέρω καταλήγουν πως η περίοδος αυξάνεται με την αύξηση του μήκους, ενώ αντίθετως η συχνότητα μικραίνει (Σχήμα 2).

Σχήμα 2: Απεικόνιση μετρήσεων πριν και μετά την αύξηση του μήκους του νήματος



Σημείωση: Μικρό μήκος νήματος στην πάνω εικόνα, μεγάλο μήκος νήματος στην κάτω εικόνα

Επομένως, με τη χρήση μονάχα της εφαρμογής Phyrhox και χωρίς καμία μετροταινία ή χρονόμετρο χειρός υπολογίζονται με ακρίβεια, σε κλάσματα δευτερολέπτου και χωρίς σφάλματα ανθρωπίνου παράγοντα οι ανωτέρω μετρήσεις και σχηματίζονται απευθείας γραφήματα που αναδεικνύουν την κίνηση του εκκρεμούς και εισάγουν τους/τις μαθητές/τριες στην έννοια της επιτάχυνσης.

Συμμετέχοντες και συλλογή δεδομένων

Το δείγμα της έρευνας περιλάμβανε 71 μαθητές/τριες της Στ' Δημοτικού, στους/στις οποίους παρουσιάστηκε η πειραματική διάταξη χωρίς προηγούμενη σχετική διδασκαλία και ύστερα από γραπτή συναίνεση των κηδεμόνων τους. Η συλλογή δεδομένων έγινε με χρήση προ- και μετα-τεστ (pre-post test design). Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε ένα τεστ τριών επιπέδων (three-tier test), όπου στο πρώτο επίπεδο, οι μαθητές/τριες απαντήσαν σε ερώτηση πολλαπλής επιλογής για να εκτιμηθεί η κατανόησή τους σχετικά με το γνωστικό αντικείμενο. Στο δεύτερο επίπεδο, μέσω μίας ερώτησης πολλαπλής επιλογής οι μαθητές/τριες αιτιολόγησαν την αρχική τους απάντηση και στο τρίτο επίπεδο αξιολόγησαν το επίπεδο εμπιστοσύνης τους στις απαντήσεις των δύο προηγούμενων επιπέδων.

Για τη συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία, δόθηκε ερώτηση που είχε ως στόχο να διερευνηθεί η κατανόηση των μαθητών/τριών αναφορικά με τη σχέση περιόδου ταλάντωσης και μήκους ενός ταλαντωτή. Πιο συγκεκριμένα, ζητήθηκε από τους/τις μαθητές/τριες να αποφασιστεί εάν σε ταλαντώσεις διαφορετικού μόνο μήκους νήματος, οι ταλαντωτές θα φτάσουν συγχρόνως στο αρχικό σημείο της ταλάντωσης. Μετά το αρχικό τεστ, πραγματοποιήθηκε παρέμβαση σε ομάδες των οκτώ μαθητών/τριών, οι οποίοι εργάστηκαν σε υπο-ομάδες των τεσσάρων. Μάλιστα, χάρη στη λειτουργία απομακρυσμένου ελέγχου που προσφέρει το Phyrhox, οι μαθητές/τριες μπορούσαν να παρακολουθούν και να κατευθύνουν το πείραμα μέσω του υπολογιστή τους και όχι από το smartphone, τηρώντας πλήρως τον κανονισμό που απαγορεύει τη χρήση κινητών εντός του σχολικού περιβάλλοντος. Κατά τη διάρκεια της παρέμβασης, οι μαθητές/τριες συνεργάστηκαν για να αναλύσουν τα δεδομένα του πειράματος, με καθοδήγηση όπου ήταν απαραίτητο.

Ανάλυση δεδομένων

Η καταχώριση και ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση των υπολογιστικών φύλλων του Microsoft Excel και του στατιστικού προγράμματος SPSS. Συγκρίθηκαν τα ποσοστά επιτυχίας των μαθητών/τριών μεταξύ της αρχικής (pretest) και τελικής δοκιμασίας (posttest). Στις πιθανές απαντήσεις των μαθητών/τριών αποδόθηκαν συγκεκριμένες τιμές, με συνολικά 12 διαφορετικούς τύπους απόκρισης. Κάθε τύπος αντιστοιχούσε σε έναν κωδικό, ο οποίος επέτρεψε τη διάκριση των απαντήσεων σε 6 κατηγορίες. Αυτές οι κατηγορίες αναδεικνύουν το επίπεδο κατανόησης των μαθητών/τριών, προσδιορίζοντας τη ζώνη μαθησιακού επιπέδου των μαθητών/τριών.

Αποτελέσματα

Τα δεδομένα δείχνουν ότι μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση οι μαθητές/τριες τείνουν προς την ιδανική απάντηση. Πριν από την παρέμβαση, 25 από τους/τις 71 μαθητές/τριες (35,2 %) απάντησαν σωστά, ενώ μόνο 5 από αυτούς (7%) ήταν βέβαιοι για την απάντησή τους και την αιτιολόγησαν σωστά. Συγκεκριμένα, από τους/τις 46 μαθητές/τριες που απάντησαν λανθασμένα, οι 28 πίστευαν πως για μεγαλύτερο μήκος νήματος, χρειαζόταν λιγότερος χρόνος επιστροφής του εκκρεμούς στην αρχική θέση, οι 9 θεωρούσαν πως η περίοδος είναι ανεξάρτητη του μήκους νήματος και οι άλλοι 9 είχαν την πεποίθηση ότι η περίοδος εξαρτάται μονάχα από τη μάζα και όχι από άλλον παράγοντα. Τα αποτελέσματα του pre-test συνοψίζονται στο Γράφημα 1.

Γράφημα 1: Αποτελέσματα πριν την παρέμβαση



Μετά την παρέμβαση, ο αριθμός των μαθητών/τριών που απάντησαν σωστά αυξήθηκε σημαντικά, φτάνοντας τους 62 στους 71 (87,3 %), με 42 από αυτούς (59,2 %) να δηλώνουν βεβαιότητα και να αιτιολογούν ορθά την απάντησή τους. Η ανάλυση μέσω του three-tier test, το οποίο περιλαμβάνει τόσο την αιτιολόγηση της απάντησης όσο και την έκφραση βεβαιότητας, προσφέρει ουσιαστικές πληροφορίες για την πραγματική κατανόηση των μαθητών/τριών, οι οποίες δεν θα μπορούσαν να προκύψουν από ένα απλό τεστ πολλαπλής επιλογής. Τα αποτελέσματα του post-test συνοψίζονται στο Γράφημα 2.

Γράφημα 2: Αποτελέσματα μετά την παρέμβαση



Συμπεράσματα

Με τη χρήση δεδομένων από το επιταχυνσιόμετρο ενός smartphone επιβεβαιώθηκε η σχέση ανάμεσα στην περίοδο και το μήκος ενός εκκρεμούς και οι μαθητές/τριες ήρθαν σε αρχική επαφή με την έννοια της επιτάχυνσης σε μία ταλάντωση χάρη στην οπτικοποίηση της από την εφαρμογή Phyrhox. Το πείραμα αυτό δείχνει πόσο εύκολα μπορούν να αξιοποιηθούν τα κινητά τηλέφωνα σε πειράματα Φυσικής. Τα αποτελέσματα κατέδειξαν τη θετική επίδραση της επίδειξης στην κατανόηση αυτής της σχέσης από τους/τις μαθητές/τριες του Δημοτικού. Επιπλέον, η χρήση του three-tier test συνέβαλε στην εις βάθος ανάλυση των δεδομένων, προσφέροντας πιο ουσιαστικά συμπεράσματα.

Βιβλιογραφία

- Becker, S., Klein, P., Göbbling, A., & Kuhn, J. (2020). Using mobile devices to enhance inquiry-based learning processes. *Learning and Instruction*, 69. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2020.101350>
- Buzzo, R. & Montecinos, A.M. (2014). Proposal of an enriched three-tier test to assess learning risks in students on undergraduate physics courses. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1409.1742>
- Caleon, I. S., & Subramaniam, R. (2010). Do students know what they know and what they don't know? Using a four-tier diagnostic test to assess the nature of students' alternative conceptions. *Research in Science Education*, 40(3), 313–337. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9122-4>
- Kuhn, J. & Vogt, P. (2013). Applications and examples of experiments with mobile phones and smartphones in physics lessons. *Frontiers in Sensors* 1(4), 67-73. Ανακτήθηκε από: <https://ia902809.us.archive.org/23/items/FS3499/FS3499.pdf>
- Monteiro, M. & Marti, A. C. (2022). Mobile Devices and Sensors for Physics Teaching. *American Journal of Physics*, 30(2), 435-449. <https://doi.org/10.1119/5.0073317>
- Staacks, S., Hütz, S., Stampfer, C., & Heinke, H. (2018). Advanced Tools for Smartphone-Based Experiments: Phyrhox. *Physics Education*, 53(4). <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aac05e>
- Tzamalís, P. G., Kateris, A., Lazos, P., Tsoukos, S. & Velentzas, A. (2021). An educational proposal for students' experimentation in a distance learning environment. *Physics Education*, 56, 065010. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ac1c49>
- Young, H. D., & Freedman, R. A. (2015). *University Physics with Modern Physics* (14th ed.). Pearson. ISBN 978-0-321-97361-0

Zacharia, Z. C., & Olympiou, G. (2011). *Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning*. *Learning and Instruction*, 21(3), 317-331.
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2010.03.001>