

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

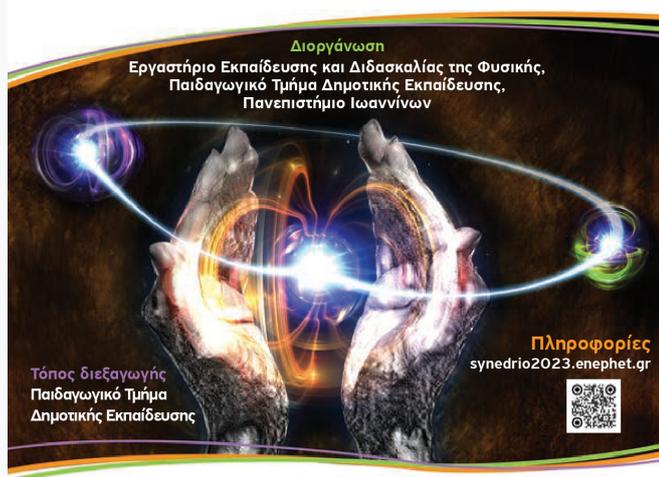
Τόμ. 13 (2024)

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 Γαβρίλας, Δημήτρης Πανάγου



Ιωάννινα
10 έως 12 Νοεμβρίου 2023



Διεπιστημονική προσέγγιση διδασκαλίας του φυσικού εκκρεμούς με τη βοήθεια του BBC micro:bit

Χαρίλαος Τσιχουρίδης, Νικόλαος Μήτρακας,
Αντώνιος Καραβασίλης, Διονύσιος Βαβουγιώδης

doi: [10.12681/codiste.6974](https://doi.org/10.12681/codiste.6974)

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΕΚΚΡΕΜΟΥΣ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ BBC MICRO:BIT

Χαρίλαος Τσιχουρίδης¹, Νικόλαος Μήτρακας², Αντώνιος Καραβασίλης³, Διονύσιος Βαβουγιός⁴

¹Επίκουρος Καθηγητής Τ.Ε.π.Ε.Κ.Ε. Παν. Πατρών, ^{2,3} Υποψ. Διδάκτορας Τ.Ε.π.Ε.Κ.Ε., Παν. Πατρών, ⁴Καθηγητής, Τμήμα Φυσικής, Παν. Θεσσαλίας

nmitrakas@upatras.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη παρούσα εργασία διερευνάται ο βαθμός ευχρηστίας και αποτελεσματικότητας του μικρο-ελεγκτή *Micro:bit* κατά την διεπιστημονική προσέγγιση διδασκαλίας και εισαγωγής των μαθητών στην έννοια της ροπής αδράνειας με τη μελέτη του φυσικού εκκρεμούς. Στην έρευνα συμμετείχαν σε 25 μαθητές Γυμνασίου οι οποίοι ομαδοσυνεργατικά κατασκεύασαν φυσικά εκκρεμή και μέσω φύλλων εργασίας συνέλεξαν και επεξεργάστηκαν τα δεδομένα των μετρήσεών τους. Η μέθοδος που ακολουθήθηκε περιελάμβανε τη χρήση *pre* και *post* τεστ ερωτηματολογίου καθώς και συζήτηση με *focus group*. Τα αποτελέσματα αναδεικνύουν την εφικτότητα της χρήσης του μικρο-ελεγκτή, ενισχύοντας τα μαθησιακά αποτελέσματα της διεπιστημονικής προσέγγισης διδασκαλίας αλλά και το κίνητρο για την συμμετοχή στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Λέξεις κλειδιά: BBC Micro:bit, Φυσικές Επιστήμες

INTERDISCIPLINARY APPROACH OF TEACHING PHYSICAL PENDULUM USING BBC MICRO:BIT

Charilaos Tsihouridis¹, Nikolaos Mitrakas², Antonios Karavasilis³, Dennis Vavougiος⁴

¹Department of Educational Sciences and Social Work, University of Patras, ^{2,3} PhD candidate, Department of Educational Sciences and Social Work, University of Patras, ⁴Department of Physics, University of Thessaly

nmitrakas@upatras.gr

ABSTRACT

In this research, the degree of ease of use and effectiveness of the Micro:bit is investigated, during the interdisciplinary approach of teaching and introducing students to the concept of moment of inertia through the study of the physical pendulum. 25 junior high school students participated in the research, who cooperatively built a physical pendulum and through worksheets collected and processed the data of their measurements. The method followed included the use of a pre and post test questionnaire as well as a focus group discussion. The results highlight the feasibility of using the micro-controller, enhancing the learning outcomes of the interdisciplinary teaching approach as well as the motivation for participation in the educational process.

Keywords: BBC Micro:bit, Natural Sciences

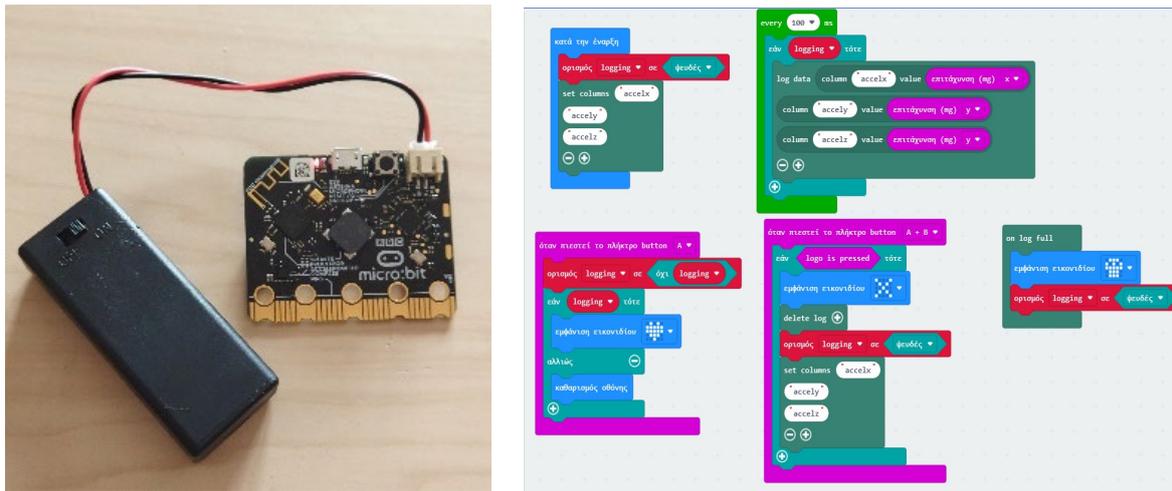
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ολιστική προσέγγιση της πειραματικής διδασκαλίας της φυσικής ως σύγχρονη τάση της βελτιστοποίησης των μαθησιακών αποτελεσμάτων, χαρακτηρίζεται από την διεπιστημονική εμπλοκή συναφών (και μη συναφών) γνωστικών πεδίων (García Martínez et al., 2017· Tsihouridis & Vavougiος, 2023). Σύμφωνα με την Εκπαιδευτική Έρευνα στη Φυσική (Physics Education Research-PER) (Tsihouridis & Vavougiος, 2023), υπογραμμίζεται ότι τα πραγματικά πειράματα παραμένουν ο πυλώνας της πειραματικής πρακτικής ενώ τονίζεται η τάση ενσωμάτωσης νέων τεχνολογιών (αισθητήρων, καταγραφών δεδομένων, λογισμικών) σε πραγματικά πειράματα με δυνατότητα παράλληλης χρήσης ιδιοκατασκευασμένων διατάξεων, ενισχύοντας την εφαρμογή στην πράξη σύγχρονων διδακτικών προσεγγίσεων τύπου STE(A)M. Οι σύγχρονες εκπαιδευτικές ανάγκες διευκολύνονται από την δυναμική τεχνολογική ανάπτυξη, έχοντας πρόσβαση σε πληθώρα εύχρηστων αλλά και οικονομικών, τεχνολογικών, υπολογιστικών τεχνουργημάτων, εργαλείων και περιβαλλόντων. Στο πλαίσιο της σύγχρονης αυτής εκπαιδευτικής/ πειραματικής αναγκαιότητας της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών γίνεται η ευρεία χρήση μικρο-υπολογιστών (single board computers) πχ. Micro:bit, Arduino, κ.α. στα μαθήματα Φυσικής με σκοπό τη διευκόλυνση διεξαγωγής πειραμάτων ή τη συλλογή και επεξεργασία δεδομένων μετρήσεων (Aydeniz, 2017· Teiermayer, 2019).. Ταυτόχρονα είναι πολύ σημαντική η ανάπτυξη του ενδιαφέροντος των μαθητών με σκοπό την ενίσχυση των κινήτρων ενεργού εμπλοκής τους στην εκπαιδευτική διαδικασία μέσω διαθεματικών δραστηριοτήτων που εμπλέκουν τους ακαδημαϊκούς κλάδους του STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) (Bernad et al. 2021· Bybee, 2013). Η συμμετοχή των μαθητών στην ανάπτυξη ιδιοκατασκευασμένων διατάξεων πειραματικής μελέτης εννοιών των Φυσικών Επιστημών οδηγεί στην βελτιστοποίηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων αλλά και για την ενίσχυση των ψηφιακών, ομαδοσυνεργατικών και ψυχοκινητικών δεξιοτήτων τους (Tsihouridis, 2009).

ΣΚΟΠΟΣ

Η ανάπτυξη οικονομικού υλικο-λογισμικού για εκπαιδευτικούς σκοπούς οδήγησε εκπαιδευτές στη δημιουργία ιδιοκατασκευασμένων συστημάτων μέτρησης τα οποία χρησιμοποιούνται κατά την εκπαιδευτική διαδικασία (Llamas et al. 2016) και αναδεικνύουν στους μαθητές τη φιλοσοφία του «Φτιάξτο μόνος σου» (Do it yourself – DIY) και των hands-on πειραμάτων, εισάγοντας τους στην επιστημονική μέθοδο έρευνας (Tsihouridis, 2017). Η ελαχιστοποίηση της κατασκευαστικής πολυπλοκότητας τέτοιων διατάξεων μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση του μικροελεγκτή BBC Micro:bit (Σχήμα 1).

Σχήμα 1 Πειραματική διάταξη και προγραμματισμός του BBC Micro:bit για τη μελέτη του φυσικού εκκρεμούς



Τα πλεονεκτήματά του σε σχέση με άλλους παρόμοιους μικροελεγκτές, (π.χ. Arduino, Raspberry Pi) είναι: α) το μικρό μέγεθός του και η εύκολη μεταφορά του β) το χαμηλό κόστος του (23 ευρώ) γ) η εύκολη εισαγωγή των μαθητών στην προγραμματιστική λογική με τη χρήση του, καθώς επιτρέπει την αποτελεσματική εκμάθηση της ανάπτυξης κώδικα, με τη βοήθεια οπτικού προγραμματισμού (Coding blocks) χωρίς την ανάγκη εξειδικευμένων και περίπλοκων γνώσεων και δ) η άμεση χρήση των πολλών ενσωματωμένων αισθητήρων του για μετρήσεις (επιταχυνσιόμετρο, μαγνητόμετρο, φωτόμετρο, μικρόφωνο) χωρίς σύνδεση επιπλέον ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση και αξιολόγηση της χρήσης του Micro:bit στην εκπαιδευτική διαδικασία κατά τη διεπιστημονική προσέγγιση μελέτης ροπής αδράνειας του στερεού σώματος του φυσικού εκκρεμούς αλλά και τα μαθησιακά αποτελέσματα χρήσης μιας τέτοιας διάταξης.

Σχήμα 2. Χρήση του BBC Micro:bit για τη μελέτη του φυσικού εκκρεμούς



Με βάση τα παραπάνω τα ερευνητικά ερωτήματα είναι:

- Σε ποιο βαθμό η χρήση του micro:bit, ως εργαλείο λήψης πειραματικών δεδομένων, μπορεί να βελτιώσει την κατανόηση των εννοιών του φυσικού εκκρεμούς;
- Ποιος είναι ο βαθμός ευχρηστίας του micro:bit στην εκπαιδευτική διαδικασία σύμφωνα με την γνώμη των μαθητών;

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Το δείγμα της πιλοτικής έρευνας αποτελούσαν 25 μαθητές/τριες της Γ΄ Γυμνασίου και πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του εργαστηρίου δεξιοτήτων. Οι μαθητές ήταν ήδη εξοικειωμένοι με την έννοια και τα

χαρακτηριστικά της κίνησης του απλού εκκρεμούς στα πλαίσια του ΑΠΣ στην αντίστοιχη ενότητα του μαθήματος της Φυσικής Γ' Γυμνασίου. Οι μαθητές χωρισμένοι σε ομάδες των 5 ατόμων, ακολουθώντας συγκεκριμένες οδηγίες, κατασκεύασαν φυσικά εκκρεμή, έχοντας κάθε ομάδα στη διάθεση της γεωμετρικά σώματα (ορθογώνια ξύλα συγκεκριμένων διαστάσεων) και μικροελεγκτές micro:bit. Με βάση κατάλληλα φύλλα εργασίας παρατήρησαν, σχεδίασαν, προγραμματίσαν, κατέγραψαν και επεξεργάστηκαν δεδομένα μετρήσεων σε υπολογιστικά φύλλα και υπολόγισαν, κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων τους, τη ροπή αδράνειας του αντίστοιχου γεωμετρικού σώματος διερευνώντας παράλληλα τα χαρακτηριστικά της κίνησής του. Η μέθοδος που ακολουθήθηκε ήταν η μικτή ερευνητική προσέγγιση. Ως ερευνητικό εργαλείο χρησιμοποιήθηκε κατάλληλα διαμορφωμένο ερωτηματολόγιο 22 ερωτήσεων, το οποίο ελέγχθηκε ως προς την εγκυρότητα και την αξιοπιστία του, περιελάμβανε ερωτήσεις ανοιχτού και κλειστού τύπου και συμπληρώθηκε από τους μαθητές πριν και μετά το τέλος της διδακτικής παρέμβασης. Οι βασικοί πυλώνες του ερωτηματολογίου αφορούσαν τον ορισμό/προσδιορισμό της έννοιας του εκκρεμούς, τα χαρακτηριστικά κίνησης του εκκρεμούς, χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την περίοδο κίνησης του εκκρεμούς καθώς και την ενεργειακή του μελέτη (Πίνακας 1). Το ερωτηματολόγιο ακολούθησε τη λογική της πολυτροπικότητας όπου κάθε έννοια συνδέθηκε με ένα σύνολο ερωτήσεων που περιελάμβανε α) ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, που παρουσιάζονταν σε μορφή κειμένου ή με οπτικά βοηθήματα όπως εικόνες, διαγράμματα ή αναπαραστάσεις, β) ερωτήσεις επιλογής όπου απαιτούνταν μια σύντομη αιτιολόγηση, γ) ερώτηση ανοιχτού τύπου δ) ερωτήσεις όπου απαιτείται δημιουργία σχεδίου ως απάντηση. Σε κάθε τύπο ερώτησης απαιτούνταν σύντομες απαντήσεις αιτιολόγησης της αντίστοιχης επιλογής σε αυτές τις ερωτήσεις, ώστε να αξιολογηθεί περαιτέρω η κατανόηση και η έκταση των εναλλακτικών ιδεών των ερωτηθέντων για τα υπό μελέτη φαινόμενα. Ο Δείκτης εσωτερικής αξιοπιστίας του ερωτηματολογίου είναι $\alpha=0,78$.

Πίνακας 1. Βασικοί πυλώνες του ερωτηματολογίου

	Ερωτήσεις	Στόχος
Σ1: Ορισμός/Προσδιορισμός του εκκρεμούς	1,4,8	Να αναγνωρίσουν τα εκκρεμή στην καθημερινή ζωή
	6,2,20	Να διακρίνουν το απλό από το φυσικό εκκρεμές
Σ2: Χαρακτηριστικά Κίνησης εκκρεμούς	3,5,7,18	Να κατανοήσουν τα χαρακτηριστικά της κίνησης του φυσικού εκκρεμούς
Σ3: Περίοδος εκκρεμούς	14,19,21	Να κατανοήσουν την εξάρτηση της περιόδου του απλού εκκρεμούς από τα χαρακτηριστικά του
	9,16,17	Να κατανοήσουν την εξάρτηση της περιόδου του φυσικού εκκρεμούς από τα χαρακτηριστικά του
Σ4: Ενεργειακή μελέτη φυσικού εκκρεμούς	10,11,22	Να αναγνωρίσουν τις ενεργειακές μεταβολές κατά την κίνηση του απλού εκκρεμούς
	12,13,15	Να περιγράψουν τις ενεργειακές μεταβολές κατά την κίνηση του φυσικού εκκρεμούς

Με σκοπό την αξιολόγηση της ευχρηστίας του Micro:bit χορηγήθηκε στους μαθητές το ερωτηματολόγιο System Usability Scale (SUS), το οποίο αποτελεί ένα πολύ καλό εργαλείο για την αξιολόγηση της εμπειρίας των χρηστών με ένα νέο σύστημα (Cheah et al., 2023). Το ερωτηματολόγιο περιλαμβάνει ερωτήσεις που απαντώνται χρησιμοποιώντας μια πεντάβαθμη κλίμακα Likert, με την τιμή 1 να δείχνει «Διαφωνώ απόλυτα» και την τιμή 5 να υποδηλώνει «Συμφωνώ απόλυτα». Ο συντελεστής αξιοπιστίας άλφα Cronbach του ερωτηματολογίου είναι $\alpha=0,82$.

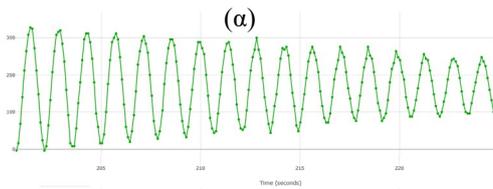
Επίσης διενεργήθηκε συζήτηση με focus group 8 τυχαία επιλεγμένων μαθητών, ακολουθώντας μια ημιδομημένη μορφή με ερωτήσεις βασισμένες στους κύριους πυλώνες των δύο χορηγούμενων ερωτηματολογίων με σκοπό την περαιτέρω ανίχνευση των ιδεών των εκπαιδευόμενων σχετικά με τις υπό εξέταση έννοιες καθώς και την τελική αξιολόγηση της διδακτικής παρέμβασης. Για λόγους δεοντολογίας διευκρινίστηκαν στους μαθητές οι στόχοι της παρέμβασης ενώ τονίστηκε ότι η συμμετοχή τους είναι εθελοντική. Επίσης διευκρινίστηκε τόσο σε αυτούς όσο και στις ομάδες εστίασης ότι τα ερωτηματολόγια ήταν ανώνυμα και ότι δε γίνεται καμία αναφορά στα προσωπικά τους δεδομένα. Για τους ίδιους λόγους οι απόψεις των συμμετεχόντων αναφέρονται ως M1, M2 (Μαθητής 1, Μαθητής 2 κλπ).

Φάσεις της πιλοτικής διδακτικής παρέμβασης

Η συνολική διάρκεια της πιλοτικής διδακτικής παρέμβασης ήταν 13 ώρες. Δύο από αυτές τις ώρες χρησιμοποιήθηκαν για την χορήγηση του ερωτηματολογίου του προ και μετά ελέγχου και του ερωτηματολογίου SUS, δύο ώρες χρησιμοποιήθηκαν για τη συζήτηση με τους μαθητές πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ενώ η κύρια διδακτική παρέμβαση διήρκησε εννιά ώρες. Πιο συγκεκριμένα:

- 1^η φάση (2 ώρες): Κατά τη διάρκεια αυτής της αρχικής φάσης, χορηγήθηκε το ερωτηματολόγιο προ-ελέγχου με σκοπό την ανίχνευση και αξιολόγηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών σχετικά με τις υπό μελέτη έννοιες του φυσικού εκκρεμούς (1 ώρα). Στη συνέχεια διεξήχθησαν συζητήσεις ώστε διερευνηθούν περαιτέρω οι απόψεις τους σχετικά με τις υπό μελέτη έννοιες(1 ώρα).
- 2^η φάση (9 ώρες): Στην αρχή αυτής της φάσης οι μαθητές εξοικειώθηκαν με το micro:bit και το περιβάλλον προγραμματισμού του. Χωρισμένοι σε ομάδες ακολούθησαν κατάλληλα δομημένα φύλλα εργασίας συν-δημιούργησαν και ανέπτυξαν μέρος της εφαρμογής που χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή των μετρητικών δεδομένων του micro:bit. Στη συνέχεια, διερεύνησαν με χρήση φύλλων εργασίας τα χαρακτηριστικά της κίνησης φυσικών εκκρεμών, διαφορετικών γεωμετρικών σχημάτων και υλικών (ξύλο, σίδηρο, πλέξιγκλας) τα οποία κατασκεύασαν οι ίδιοι, κατέγραψαν τις μετρήσεις τους τις οποίες εισήγαγαν σε προετοιμασμένα υπολογιστικά φύλλα που περιελάμβαναν ήδη τις απαιτούμενες μαθηματικές συναρτήσεις ώστε να υπολογιστεί η ροπή αδράνειας. Από το σύνολο των εκπαιδευόμενων 19 μαθητές χρησιμοποίησαν το micro:bit για την πραγματοποίηση των μετρήσεων τους ενώ οι υπόλοιποι 6 μαθητές χρησιμοποίησαν τρία χρονόμετρα με σκοπό τη συγκριτική μελέτη της επίδοσης των μαθητών που ακολούθησαν διαφορετικές πειραματικές διαδικασίες. Τα μέλη της ερευνητικής ομάδας συμμετείχαν σε όλη τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης, παρεμβαίνοντας βοηθητικά όπου απαιτούνταν στη πραγματοποίηση των πειραματικών δραστηριοτήτων ενώ ταυτόχρονα κατέγραφαν και παρατηρούσαν τις αντιδράσεις των μαθητών. Η ομάδα που δε χρησιμοποίησε το micro:bit είχε επιβλέποντα/ερευνητή ο οποίος δεν εμπλέκονταν με τις υπόλοιπες ομάδες.
- 3^η φάση (1 ώρα): Κατά τη διάρκεια της φάσης χορηγήθηκε το ερωτηματολόγιο μετά ελέγχου αλλά και το ερωτηματολόγιο ευχρηστίας SUS στους μαθητές
- 4^η φάση (1 ώρα): Με σκοπό την περαιτέρω ανίχνευση της αλλαγής των ιδεών των μαθητών σχετικά με τις έννοιες του φυσικού εκκρεμούς διενεργήθηκε συζήτηση focus group με οκτώ τυχαία επιλεγμένους μαθητές (4 αγόρια και 4 κορίτσια). Ο διδάσκοντας/ερευνητής αλλά και τα υπόλοιπα μέλη της ερευνητικής ομάδας, είχαν το ρόλο του παρατηρητή και κατέγραφαν όλες τις αλληλεπιδράσεις που πραγματοποιούνταν καθ' όλη τη διάρκεια της συζήτησης. Οι σημειώσεις και οι απόψεις όλων των μελών ελήφθησαν υπόψη στην αξιολόγηση της όλης διαδικασίας.

Σχήμα 3. (α) Δεδομένα μετρήσεων του BBC Micro:bit (β) Φύλλο υπολογισμού ροπής αδράνειας



Αντικείμενο	Μάζα αντικειμένου M (kg)	Απόσταση από κέντρο μάζας d (m)	Κορυφές	Ταλαντώσει (sec)	t1 (1η κορυφή)	t2 (2η κορυφή)	m+M	Is	Icm	Icm'	Πειραματική τιμή
					(sec)	(sec)					
*	0,28	0,15	11	5	15,51	21,49	0,327	0,0174	0,0111345	0,01008	
Εύλινο Τετράγωνο 40x40	0,38	0,15	11	5	12,93	18,66	0,427	0,0209	0,0123525	0,01129	
Δίσκος	0,45	0,15	11	5	36,76	42,33	0,497	0,023	0,0128644	0,01181	
Εύλινο Ορθογώνιο 60x20	0,28	0,295	11	5	15,5	21,88	0,327	0,039	0,0146614	0,01057	
Πλέξιγκλας Ορθογώνιο 60x20	0,402	0,295	11	5	60,83	67,23	0,449	0,0539	0,0189419	0,01485	
Σιδερένιο Ορθογώνιο 60x20	0,95	0,295	11	5	91,64	98,14	0,997	0,1235	0,0408394	0,03675	

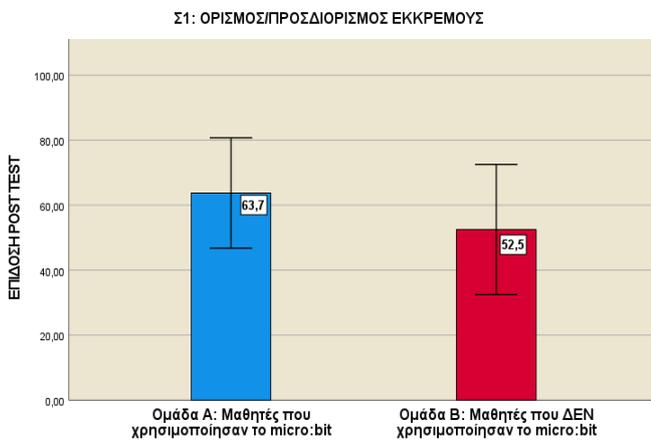
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η ποσοτική ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου SPSS και του Microsoft Excel. Για τους σκοπούς της ποιοτικής ανάλυσης των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ανάλυσης περιεχομένου των γραπτώς καταγεγραμμένων απόψεων των μαθητών.

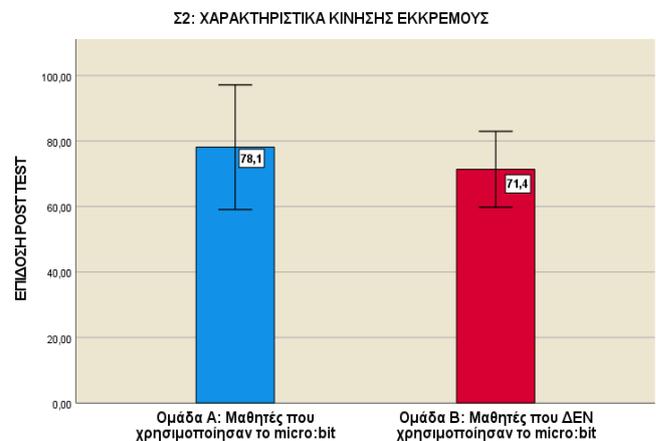
Ποσοτική ανάλυση

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης οι μαθητές που χρησιμοποίησαν το micro:bit για τη διενέργεια των μετρήσεων παρουσίασαν βελτιωμένη επίδοση σχεδόν σε όλες τις κατηγορίες σε σχέση με αυτούς που δε χρησιμοποίησαν το micro:bit, χωρίς όμως να υπάρχει κάποια στατιστικώς σημαντική διαφορά. (Σχήματα 4, 5, 6, 7 και 8).

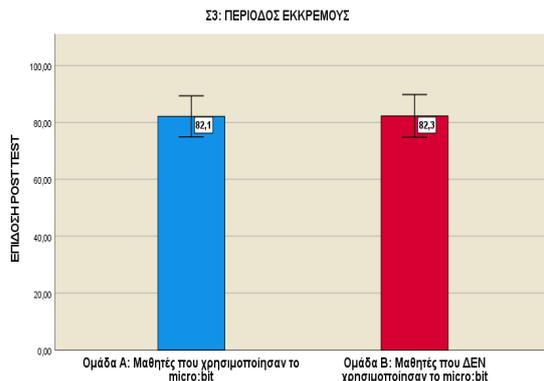
Σχήμα 4. Επιδόσεις PRE και POST Test των μαθητών σχετικά με τον Ορισμό/Προσδιορισμό του εκκρεμούς



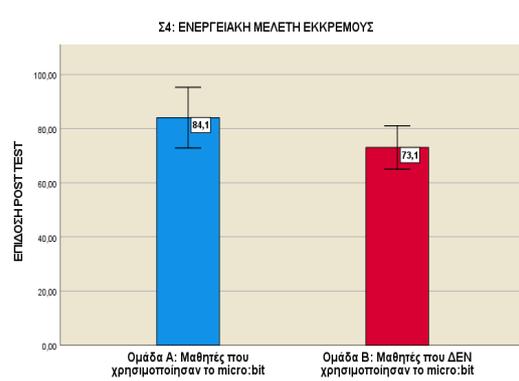
Σχήμα 5. Επιδόσεις PRE και POST Test των μαθητών σχετικά με τα Χαρακτηριστικά Κίνησης του εκκρεμούς



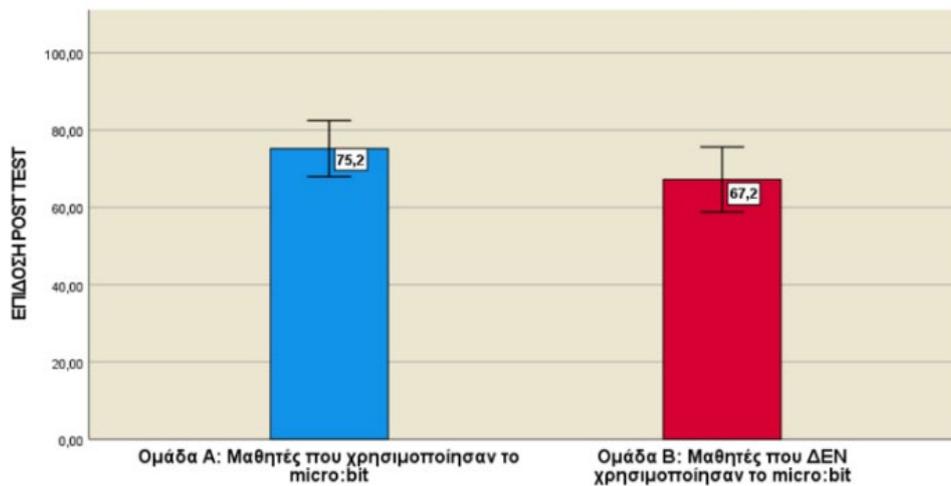
Σχήμα 6. Επιδόσεις PRE και POST Test των μαθητών σχετικά με την Περίοδο του εκκρεμούς



Σχήμα 7. Επιδόσεις PRE και POST Test των μαθητών σχετικά με την Ενεργειακή Μελέτη του εκκρεμούς

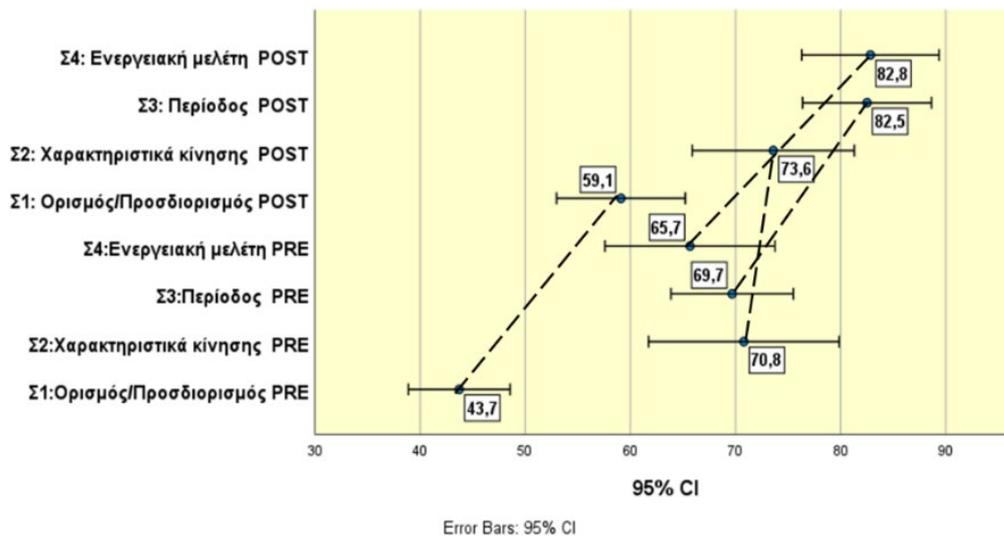


Σχήμα 8. Επιδόσεις POST Test των ομάδων μαθητών



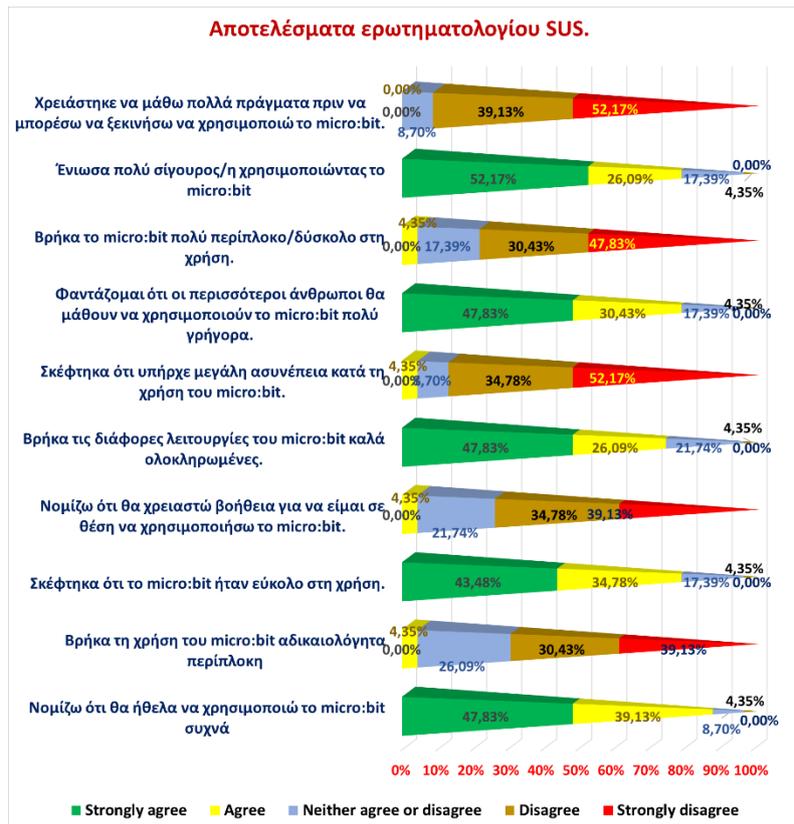
Επίσης σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης υπήρχε μια σημαντική βελτίωση σε όλους τους στόχους του ερωτηματολογίου όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 9.

Σχήμα 9. Επιδόσεις PRE και POST Test των μαθητών



Η βελτίωση της επίδοσης των μαθητών κυμαίνεται από 10,4% έως 17,2% σε όλες τις κατηγορίες με τη μικρότερη βελτίωση να παρατηρείται στην κατηγορία των χαρακτηριστικών της κίνησης του εκκρεμούς. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι μαθητές ήταν ήδη εξοικειωμένοι με τις συναφείς έννοιες της κατηγορίας αυτές τις οποίες διδάχθηκαν στα πλαίσια του ΑΠΣ στην αντίστοιχη ενότητα του μαθήματος της Φυσικής Γ' Γυμνασίου. Η ανάλυση των δεδομένων του ερωτηματολογίου, σχετικά με την ευχρηστία του micro:bit, απεικονίζεται στο Σχήμα 10. Μετά τον υπολογισμό της βαθμολογίας SUS το τελικό σκορ είναι 80,6 (με άριστα το 100). Σύμφωνα με την Κλίμακα Ευχρηστίας η χρήση του micro:bit μπορεί να χαρακτηριστεί ως εξαιρετική.

Σχήμα 10. Αποτελέσματα Ερωτηματολογίου SUS



Ποιοτική ανάλυση

Η ποιοτική ανάλυση των δεδομένων ανέδειξε το αυξημένο ενδιαφέρον των μαθητών για τη διερεύνηση του φυσικού εκκρεμούς με τη βοήθεια του micro:bit. Μεγάλος αριθμός μαθητών τόνισε την ευκολία προγραμματισμού του μικροελεγκτή λόγω του απλού περιβάλλοντος ανάπτυξης εφαρμογών του και του μεγάλου βαθμού εξοικείωσης τους στον προγραμματισμό με block κώδικα: « το micro:bit μπορεί να προγραμματιστεί εύκολα.... το περιβάλλον που βάζεις τις εντολές είναι απλό και μπορείς να ενώσεις εύκολα κουτιά με κώδικα όπως γίνεται και σε άλλες εφαρμογές» M2. Η συζήτηση ανέδειξε ότι οι μαθητές βρήκαν ενδιαφέρουσα τη διαδικασία των μετρήσεων ενώ τονίστηκε από πολλούς το γεγονός ότι εστίασαν την προσοχή τους στην εξέλιξη του πειράματος και όχι αποκλειστικά στην καταγραφή των μετρήσεων: «χρησιμοποιώντας το micro:bit οι μετρήσεις έγιναν πιο ενδιαφέρουσες» M5, «...από την ώρα που βάλαμε το micro:bit να μετράει ξενοιάσαμε με τις μετρήσεις και παρατηρούσαμε περισσότερο πώς κουνιόταν το εκκρεμές...». Τονίστηκε από πολλούς η ευχρηστία του μικροελεγκτή στην πειραματική διαδικασία ως μετρητική διάταξη, η ευκολία χειρισμού των μετρητικών δεδομένων αλλά και η δυνατότητα προβολής των καταγεγραμμένων μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο. Αναφέρθηκε όμως ότι προϋπόθεση όλων αυτών είναι η ύπαρξη κάποιου χρόνου εξοικείωσης: «τελικά το micro:bit είναι μικρό και μπορείς εύκολα να το χρησιμοποιήσεις για μετρήσεις σε πειράματα» M4, «ήταν φοβερό να βλέπεις να σχηματίζεται η γραφική παράσταση στον υπολογιστή την ώρα που το εκκρεμές κουνιόταν και το micro:bit μετρούσε» M7, «μπορείς να πάρεις εύκολα τις μετρήσεις (μετρητικά δεδομένα) αλλά χρειάζεται λίγη ώρα για να καταλάβεις πως λειτουργεί το micro:bit». Ως προς το γνωστικό αντικείμενο οι μαθητές ήταν ικανοί να αναγνωρίζουν τα φυσικά εκκρεμή στην καθημερινή ζωή ενώ ταυτόχρονα κατανόησαν την εξάρτηση της περιόδου του από το σημείο στήριξης και την κατανομή της μάζας του και αναγνώρισαν τις ενεργειακές μετατροπές που πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια της ταλάντωσης: «...τελικά υπάρχουν πολλά φυσικά εκκρεμή γύρω μας που δε τα βλέπαμε ή δε τα δίναμε σημασία όπως είναι η καμπίνα και το ρολόι τοίχου...» M1, «η περίοδος του φυσικού εκκρεμούς εξαρτάται τελικά τόσο από το σημείο που θα το κρεμάσουμε αλλά και το πώς είναι μοιρασμένη (κατανομημένη) η μάζα του» M4, «..η ενέργεια του όπως και στο απλό εκκρεμές μετατρέπεται συνέχεια από δυναμική σε κινητική

και ανάποδα» Μ6. Τέλος ως προς τη συνδημιουργία και ανάπτυξη μέρους της εφαρμογής του micro:bit οι μαθητές οι μαθητές δήλωσαν ότι τους άρεσε η εργασία σε ομάδες κάτι που ενίσχυσε το κίνητρο συμμετοχής τους και έδωσε μια διαφορετική οπτική ως προς την ακολουθούμενη πειραματική διαδικασία: « Μου άρεσε που συνεργάστηκα με άλλους συμμαθητές ... στην αρχή προβληματιστήκαμε λίγο πως θα τα καταφέρουμε... και τελικά φτιάξαμε μαζί εύκολα το πρόγραμμα» Μ3, «το micro:bit μας έκανε να δούμε με άλλο μάτι όλο το πείραμα» Μ8.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία διερευνήθηκε η χρήση του Micro:bit στην εκπαιδευτική διαδικασία κατά τη διεπιστημονική προσέγγιση μελέτης του φυσικού εκκρεμούς. Οι μαθητές στα πλαίσια της διεπιστημονικής προσέγγισης διδασκαλίας δημιούργησαν φυσικά εκκρεμή, κατασκεύασαν και προγραμματίσαν μετρητικές διατάξεις με τη βοήθεια του Micro:bit με σκοπό τη μελέτη του φυσικού εκκρεμούς. Η ανάπτυξη υλικολογισμικού εξοπλισμού ενίσχυσε όχι μόνο τις γνωστικές τους ικανότητές τους στις φυσικές επιστήμες, αλλά και τις ψηφιακές δεξιότητες της αλγοριθμικής και υπολογιστικής σκέψης (Aydeniz, 2017). Ταυτόχρονα οδήγησε στην ανεύρεση πρότυπων λύσεων και στην παράλληλη ανάπτυξη των δεξιοτήτων τους μέσω της δημιουργικότητας και της ανάληψης πρωτοβουλιών ενώ με τη χρήση του Micro:bit ως μετρητικό εργαλείο ενισχύθηκε η ικανότητα τους να αναπτύσσουν και να ελέγχουν υποθετικούς συλλογισμούς (Tsihouridis et al., 2009). Η χρήση των αισθητήρων του micro:bit ενίσχυσε την αποτελεσματικότητα της πειραματικής διαδικασίας απαλλάσσοντας τους μαθητές από το άγχος της σωστής λήψης και καταγραφής των πειραματικών τους δεδομένων, επικεντρώνοντας την προσοχή τους στην εξέλιξη του φαινομένου (Tsihouridis & Vanougiος 2023) . Οι μαθητές θεώρησαν τη χρήση του Micro:bit εύκολη και ενδιαφέρουσα, ενώ αναγνώρισαν επίσης τον υψηλό βαθμό ευχρηστίας και καταλληλότητάς του για τη διεπιστημονική διερεύνηση των φυσικών φαινομένων. Ο εύκολος προγραμματισμός των αισθητήρων του και η άμεση συλλογή μετρητικών δεδομένων διευκόλυνε την κατασκευή και μελέτη της διάταξης του φυσικού εκκρεμούς και την αποτελεσματικότερη εισαγωγή των μαθητών στη μελέτη της κίνησης του και στην έννοια της ροπής αδράνειας. Επίσης διαπιστώθηκε η αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών με παράλληλη ενίσχυση του κινήτρου τους για την συμμετοχή στην εκπαιδευτική διαδικασία, προάγοντας τον προβληματισμό και την επιστημονική σκέψη (Bernad et al., 2021).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aydeniz, M. (2017). *Eğitim sistemimiz ve 21. yüzyıl hayalimiz: 2045 hedeflerine ilerlerken, Türkiye için STEM odaklı ekonomik bir yol haritası [Our education system and our 21st century dream: A STEM-oriented economic roadmap for Turkey as we move towards 2045 goals]*. University of Tennessee, Knoxville.
- Bernad, P., Šic, D., Repnik, R. & Osrajnik, D. (2021). Development of Measurement Systems with the BBC Micro:bit. *44th International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO)*, Opatija, Croatia, 2021, pp. 853-858, <https://doi.org/10.23919/MIPRO52101.2021.9596834>
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA press.
- Cheah, W.-H., Mat Jusoh, N., Aung, M. M. T., Ab Ghani, A., & Mohd Amin Rebutan, H. (2023). Mobile Technology in Medicine: Development and Validation of an Adapted System Usability Scale (SUS) Questionnaire and Modified Technology Acceptance Model (TAM) to Evaluate User Experience and Acceptability of a Mobile Application in MRI Safety Screening. *Indian Journal of Radiology and Imaging*, 33(01), 036–045.
- García Martínez, N., García Martínez, S., Andreo Martínez, P. & Almela Ruiz, L. (2018). Ciencia en la cocina. Una propuesta innovadora para enseñar Física y Química en educación secundaria. Enseñanza de las Ciencias. *Revista de investigación y experiencias didácticas* 36(3), 179–98.

- Llamas, C., González Delgado, M.A., González Rebollo, M.A. & Vegas, J.M. (2016). Improving the physics laboratory experience through sensors on a wireless open source hardware and software platform, *ICERI2016 Proceedings*, pp. 8120-8126.
- Teiermayer, A. (2019). Improving students' skills in physics and computer science using BBC Micro:bit. *Phys. Educ.* 54 065021. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab4561>
- Tsihouridis, C., & Vavougiος, D. (Denis). (2023). Experimental Environments in PER: A Critical and Comparative Evaluation of the International Literature—Trends. In M. F. Taşar & P. R. L. Heron (Eds.), *The International Handbook of Physics Education Research: Teaching Physics* (p. 0). AIP Publishing LLC.
- Tsihouridis, Ch., Vavougiος, D., & Ioannidis, G., S. (2009). Students designing their own experiments on heat transfer phenomena using sensors and ICT: An educational trial to consolidate related scientific concepts. *International Journal of Emerging Technologies in Learning, iJET* 4, 74-82. <https://doi.org/10.3991/ijet.v4i7.1115>
- Tsihouridis, Ch., Vavougiος, D., & Ioannidis, G., S. (2017). The effect of switching the order of experimental teaching in the study of simple gravity pendulum-A study with junior high-school learners. *International Journal of Emerging Technologies in Learning. iJET*, 12(3) pp. 128-14. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-50337-0_47