

## Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2023)

13ο Πανελλήνιο και Διεθνές Συνέδριο «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»



**Διδασκαλία εννοιών της επιτάχυνσης και του βάρους με χρήση του μικρο-ελεγκτή micro:bit**

*Άννα Κουμαρά, Μιχάλης Μπακάλογλου, Χαρίτων Πολάτολγου*

### Βιβλιογραφική αναφορά:

Κουμαρά Α., Μπακάλογλου Μ., & Πολάτολγου Χ. (2024). Διδασκαλία εννοιών της επιτάχυνσης και του βάρους με χρήση του μικρο-ελεγκτή micro:bit. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 1, 484-491. ανακτήθηκε από <https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/7326>

# Διδασκαλία εννοιών της επιτάχυνσης και του βάρους με χρήση του μικρο-ελεγκτή micro:bit

Άννα Κουμαρά<sup>1</sup>, Μιχάλης Μπακάλογλου<sup>2</sup>, Πολάτολγου Χαρίτων<sup>3</sup>

anniekmr@gmail.com, mimpaka@gmail.com, hariton@auth.gr

1 Μεταδιδακτορική ερευνήτρια Τμήμα Φυσικής, ΑΠΘ,

2 Υπεύθυνος κέντρου Θεσσαλονίκης STEM Education Hellas,

3 Αφ. Καθηγητής, Τμήμα Φυσικής, ΑΠΘ

## Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια δράση STEM που σχεδιάστηκε για σχολική επίσκεψη μαθητών Γυμνασίου σε κέντρο STEM. Χρησιμοποιείται ο μικρο-ελεγκτής BBC micro:bit και η εστίαση γίνεται στη χρήση του επιταχυνσιόμετρου. Στόχοι της δράσης είναι η κατανόηση της έννοιας της επιτάχυνσης και η εξοικείωση των μαθητών αλλά και των συνοδών-εκπαιδευτικών με τη χρήση της πλακέτας, μέσα από δύο δραστηριότητες: τη δημιουργία ενός βηματομετρητή και την ενεργοποίηση ενός συναγερμού αν η επιτάχυνση της βαρύτητας ξεπεράσει μία τιμή. Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των τεσσάρων, με προαπαιτούμενη τη γνώση προγραμματισμού με πλακίδια. Τη δράση παρακολούθησαν 220 μαθητές κατά τη διάρκεια δύο σχολικών ετών, και ανταποκρίθηκαν θετικά. Φαίνεται ότι η διδασκαλία εννοιών των φυσικών επιστημών είναι δυνατή με τη χρήση της πλακέτας, οι μαθητές αντιλαμβάνονται ποιοτικά τις έννοιες, ενώ παράλληλα αναπτύσσουν την υπολογιστική σκέψη, προσπαθώντας να επιλύσουν τα προβλήματα που ανακύπτουν.

**Λέξεις κλειδιά:** εκπαίδευση STEM, επιτάχυνση, micro:bit

## Εισαγωγή

Η χρήση των ΤΠΕ στην εκπαίδευση έχει καθιερωθεί και στη χώρα μας για όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης, με τους εκπαιδευτικούς να αναγνωρίζουν τη σπουδαιότητά της, αλλά να επισημαίνουν ότι η ευρεία χρήση της είναι ένα σύνθετο ζήτημα. Για παράδειγμα, οι εκπαιδευτικοί χρειάζονται πρακτική επιμόρφωση, διαθέσιμο εξοπλισμό, συνεχή παιδαγωγική υποστήριξη, τη στιγμή που ο χρόνος για ολοκλήρωση της ύλης πιέζει (Τζιμογιάννης & Σιόρεντα, 2007). Η εκπαίδευση STEM, μία από τις κυρίαρχες τάσεις στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών τα τελευταία χρόνια μπορεί να βοηθήσει την επιμέρους χρήση των ΤΠΕ στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών.

Η εκπαίδευση STEM μπορεί να οριστεί ως μια «διεπιστημονική προσέγγιση στη μάθηση, όπου απαιτητικές ακαδημαϊκές έννοιες συνδέονται με προβλήματα του πραγματικού κόσμου, καθώς οι μαθητές εφαρμόζουν τις Φυσικές Επιστήμες, την τεχνολογία, τη μηχανική και τα μαθηματικά σε πλαίσια που συνδέουν το σχολείο, την κοινότητα, την εργασία και το παγκόσμιο γίγνεσθαι. Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές καλλιεργούν πολλαπλούς γραμματισμούς και αποκτούν ικανότητες, ώστε να είναι ανταγωνιστικοί στη νέα οικονομία» (Holmlund et al., 2018). Ανάμεσα στους γραμματισμούς που μας ενδιαφέρουν είναι ο επιστημονικός (scientific literacy) και ο ψηφιακός γραμματισμός (digital literacy). Ο επιστημονικός γραμματισμός αξιολογείται από το Διεθνές Πρόγραμμα PISA από το 2000 (<https://www.oe.cd.org/pisa/>). Η ανάπτυξη του ψηφιακού γραμματισμού είναι υψηλά στην ατζέντα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η οποία διοργανώνει ειδικά προγράμματα για μαθητές (<https://education.ec.europa.eu/focus-topics/digital-education/about-digital-education>).

Για τη συνδυασμένη ανάπτυξη των δύο προσφέρεται το Physical Computing, το οποίο αποτελεί κομμάτι της εκπαίδευσης STEM. Το Physical Computing περιλαμβάνει το σχεδιασμό και υλοποίηση διαδραστικών αντικειμένων και εγκαταστάσεων, που επιτρέπει στους μαθητές να αναπτύξουν απτά και συγκεκριμένα αντικείμενα του πραγματικού κόσμου (Przybylla & Romeike, 2014). Αυτό γίνεται με χρήση μίας πλακέτας μικρο-ελεγκτή. Οι μικρο-ελεγκτές περιλαμβάνουν διαδραστικά συστήματα που αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον μέσω των αισθητήρων που διαθέτουν και δίνουν ένα αποτέλεσμα στην έξοδο, όπως παραγωγή φωτός, ήχου ή λειτουργία ενός κινητήρα. Οι πιο γνωστοί μικρο-ελεγκτές είναι το Arduino και το BBC micro:bit και χρησιμοποιούνται πλέον συχνά στην εκπαίδευση (π.χ. Chatzopoulos et al., 2022; Wahyuni et al., 2021; Teiermayer, 2019; Kinchin, 2018). Σημαντική είναι η δυνατότητα που δίνεται για μέτρηση φυσικών μεγεθών, ώστε οι μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα τις φυσικές έννοιες και τη σπουδαιότητα των μετρήσεων.

Εμείς επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε τον μικρο-ελεγκτή BBC Micro:bit, γιατί προγραμματίζεται σε γλώσσα ανοιχτού κώδικα, με προγραμματισμό πλακιδίων (block-based) ή Python, γλώσσες γνωστές σε μαθητές Γυμνασίου. Έτσι, δεν απαιτείται χρόνος και κόπος για τον προγραμματισμό, καθώς ένα μειονέκτημα που έχει παρατηρηθεί σε δραστηριότητες Physical Computing είναι ότι χάνεται χρόνος για τον προγραμματισμό και δεν προλαβαίνουν να εμβαθύνουν σε άλλες πτυχές. Τέλος, το χαμηλό του κόστος καθιστά δυνατό τον εξοπλισμό του στα σχολεία (Wahyuni et al., 2021; Teiermayer, 2019).

## Μεθοδολογία

Η παρούσα εργασία αφορά την παρουσίαση μιας δραστηριότητας STEM με χρήση του μικροελεγκτή micro:bit που σχεδιάστηκε για εκπαιδευτική επίσκεψη μαθητών γυμνασίου σε κέντρο STEM και Εκπαιδευτικής Ρομποτικής. Έχει διάρκεια 90 λεπτών και θεωρείται απαραίτητο οι μαθητές να γνωρίζουν προγραμματισμό με πλακίδια (Scratch). Σχεδιάστηκε στα πλαίσια των μαθημάτων της Φυσικής, της Τεχνολογίας και του Εργαστηρίου Δεξιοτήτων για μαθητές από Β' Γυμνασίου και άνω. Οι μαθητές δουλεύουν σε ομάδες των 4, έχοντας ως εξοπλισμό μία πλακέτα microbit και έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Ο μέγιστος αριθμός συμμετεχόντων είναι 16 (4 ομάδες). Οι υπόλοιποι μαθητές που συμμετέχουν στην επίσκεψη παρακολουθούν άλλα προγράμματα, STEM θεματικής (π.χ. Εκπαιδευτική Ρομποτική). Συνεπώς, οι μαθητές που παρακολουθούν τη δράση επιλέγονται από τον/την εκπαιδευτικό που οργανώνει την επίσκεψη, με κριτήριο να έχουν το υπόβαθρο που απαιτείται.

Σκοπός δημιουργίας της δράσης ήταν αυτή να είναι διασκεδαστική για τους έφηβους μαθητές, ώστε να ταιριάζει στο πνεύμα μιας εκπαιδευτικής επίσκεψης, ταυτόχρονα όμως να γίνεται μια ουσιαστική εισαγωγή στον τρόπο που λειτουργεί η πλακέτα. Στόχοι της δράσης είναι οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί να κατανοήσουν τις δυνατότητες που προσφέρει η πλακέτα, να χρησιμοποιήσουν αισθητήρες αυτής και να συνδυάσουν τη διδασκαλία εννοιών της φυσικής με χρήση της τεχνολογίας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, επιδιώκουμε οι μαθητές να αντιληφθούν την έννοια της επιτάχυνσης ως ρυθμό μεταβολής της ταχύτητας και να τη συνδέσουν με τη βαρύτητα. Τα ερευνητικά ερωτήματα αφορούν στο αν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί το microbit για διδασκαλία εννοιών της φυσικής, αν οι μαθητές κατανοούν αυτές τις έννοιες και κατά πόσο καλλιεργείται η υπολογιστική σκέψη.

## Περιγραφή της δράσης

Η δράση ξεκινάει με μια εισαγωγική παρουσίαση, μέσω powerpoint, όπου οι διδάσκοντες παρουσιάζουν την έννοια της επιτάχυνσης στους μαθητές, διάρκειας το πολύ 15 λεπτών. Η παρουσίαση γίνεται με διάλογο με τους μαθητές, ενθαρρύνοντάς τους να εκφράσουν τις

απόψεις τους. Περιγράφονται ιστορικά στοιχεία για το Νεύτωνα και σύνδεση με την εποχή και το πλαίσιο που έγιναν οι ανακαλύψεις του: ο Νεύτωνας είχε επιστρέψει στο οικογενειακό κτήμα όταν το πανεπιστήμιο του Cambridge έκλεισε εξαιτίας της επιδημίας πανούκλας του 1665. Η συγγραφή του Principia ολοκληρώθηκε περίπου 20 χρόνια αργότερα. Επίσης, κάθε επιστήμονας στηρίζεται στο έργο των προγενέστερών του για να βρει τις απαντήσεις που έψαχνε. Για το Νεύτωνα, αυτός ήταν ο Γαλιλαίος. Με τη σύντομη αυτή αφήγηση επιδιώκουμε να εισάγουμε – έμμεσα – χαρακτηριστικά της φύσης των επιστημών στο μάθημα.

Στη συνέχεια αναφέρουμε τη διαφοροποίηση των εννοιών μάζας και βάρους, με παραδείγματα που γνωρίζουν οι μαθητές από το σχολικό βιβλίο της Φυσικής Β' Γυμνασίου (Αντωνίου, κ.α., 2007, σελ. 56-57) και την έννοια της επιτάχυνσης της βαρύτητας (σελ. 57). Επιδιώκουμε να εξηγήσουμε ποιοτικά τι σημαίνει η μεγάλη και η μικρή τιμή της, αναφέροντας παραδείγματα εφαρμογής σε διαφορετικούς πλανήτες, π.χ. Σελήνη ή Άρης εναντίον του Δία, τη στιγμή που η μάζα διατηρείται σταθερή. Παρουσιάζουμε το βίντεο με το σφυρί και το φτερό κατά την προσελήνωση του 1969, που αποδεικνύει περίπου 3 αιώνες μετά όσα υπέθετε ο Γαλιλαίος όταν έκανε τα πειράματά του. Αυτό είναι ένα χαρακτηριστικό της φύσης των επιστημών: για τις επιστημονικές θεωρίες μπορεί να χρειαστεί να περάσουν πολλά χρόνια για την πειραματική επιβεβαίωσή τους.

Για αποσαφήνιση των εννοιών της ταχύτητας από την επιτάχυνση αναφέρουμε ορισμένα ακόμα παραδείγματα, αναδεικνύοντας το διανοηματικό χαρακτήρα της επιτάχυνσης. Για παράδειγμα, είναι δυνατόν να περπατήσουμε άνετα σε ένα αεροπλάνο που κινείται με σταθερή ταχύτητα περίπου 900km/h, αλλά μπορεί να ζαλιστούμε πάνω σε ένα πατίνι που αυξομειώνει την ταχύτητά του, αλλά κινείται το μέγιστο με 20km/h. Στην περίπτωση του πατινιού, τα διαρκή «ζιγκ-ζαγκ» μεταβάλλουν την κατεύθυνση της επιτάχυνσης.

Ακολουθεί η παρουσίαση της πλακέτας στους μαθητές, περιγράφοντας σύντομα ορισμένους αισθητήρες και ενεργοποιητές που διαθέτει. Αναφέρουμε ότι θα σχοληθούμε με το επιταχυνσιόμετρο, το οποίο μετράει την επιτάχυνση και στους τρεις άξονες (x, y και z). Ο συγκεκριμένος αισθητήρας είναι πολύ σημαντικός, γιατί υπάρχει σε όσες φορητές συσκευές χρησιμοποιούν την κατακόρυφο, όπως το κινητό τηλέφωνο, το tablet ή τα χειριστήρια εικονικής πραγματικότητας.

Η δράση περιλαμβάνει δύο δραστηριότητες: 1) τη δημιουργία ενός βηματομετρητή, και 2) την ενεργοποίηση ενός συναγερμού όταν οι συνιστώσες της επιτάχυνσης της βαρύτητας ξεπερνούν μία τιμή. Κατά τη σύνθεση των δραστηριοτήτων προσπαθούμε να εξοικειώσουμε τους μαθητές με τη χρήση της πλακέτας, εφαρμόζοντας βασικές εντολές (όπως π.χ. το πάτημα των κουμπιών A ή B και η ενεργοποίηση της οθόνης LED).

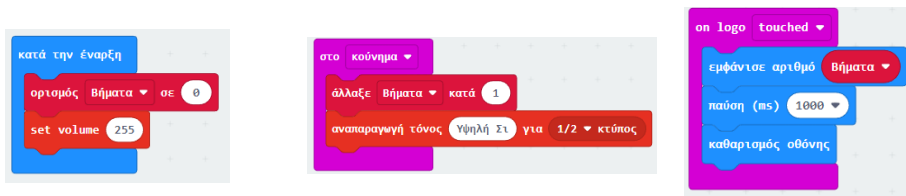
Ο προγραμματισμός γίνεται στο makecode, που βρίσκεται online στη διεύθυνση <https://makecode.microbit.org/>. Ανοίγοντας τη σελίδα, οι μαθητές επιλέγουν «Νέο Έργο», το οποίο ονομάζουν με το όνομα του σχολείου και του τμήματός τους.

### **Δραστηριότητα 1<sup>η</sup>: δημιουργία βηματομετρητή**

Επιθυμία μας είναι οι μαθητές να αντιληφθούν τη λειτουργία και τη διαδικασία σχεδίασης ενός αυτοματισμού και του προγράμματός του, αναπτύσσοντας την υπολογιστική σκέψη τους, οπότε θα το οργανώσουμε μαζί τους σταδιακά. Σκοπός είναι σε κάθε βήμα το microbit να κάνει ένα ελαφρύ «μπιπ» για να καταλάβουμε ότι μέτρησε το βήμα και όταν επιθυμούμε να εμφανίζει στην οθόνη τα βήματα. Κατά την έναρξη ορίζουμε τη μεταβλητή «Βήματα», με αρχική τιμή 0. Για την ένταση του ήχου, επιλέγουμε τιμές από το 0 έως το 255. Τα 256 διαφορετικά επίπεδα ισοδυναμούν με το  $2^8$ , το οποίο αποτελεί αφορμή για συζήτηση πάνω στο δυαδικό σύστημα. Αναφέρουμε ότι 1 byte πληροφορίας περιέχει 8 bit, που το καθένα

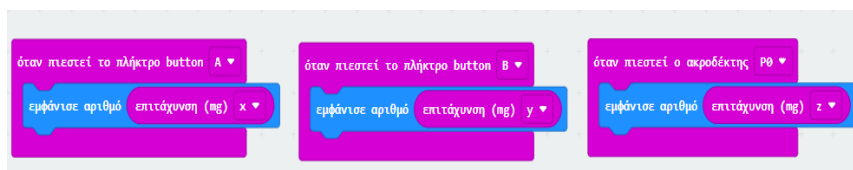
μπορεί να λάβει τις τιμές 0 ή 1. Συνεπώς, μπορούμε να έχουμε 256 διαφορετικούς συνδυασμούς, αλλάζοντας κάθε ψηφίο ενός οκταψηφίου δυαδικού αριθμού.

Κατά το κούνημα, θέλουμε να καταμετράται ένα βήμα, να μεταβάλλεται η τιμή της μεταβλητής κατά 1 και να ακούγεται ο ήχος. Η εμφάνιση των βημάτων που μετρήθηκαν μπορεί να γίνει ακουμπώντας το logo του microbit, που είναι επίσης ενεργοποιητής.



Σχήμα 1. Πρόγραμμα 1<sup>ης</sup> δραστηριότητας

Οι μαθητές πειραματίζονται, κουνώντας την πλακέτα με όποιο τρόπο επιθυμούν. Η δραστηριότητα έχει τη λογική της εξοικείωσης με τη χρήση του microbit και του προγραμματισμού του. Όλες οι εντολές είναι γνωστές από το Scratch. Προκειμένου να αντιληφθούν οι μαθητές τις τιμές που μετράει για τις συνιστώσες της επιτάχυνσης, μπορούν να δώσουν τις εντολές που παρουσιάζονται στο Σχήμα 2. Οι τιμές που εμφανίζονται είναι μεταξύ 0 – 1023, δηλαδή 2<sup>10</sup>. Η μονάδα μέτρησης φαίνεται ότι είναι το mg, το οποίο θα το αναλύσουμε στην επόμενη δραστηριότητα.



Σχήμα 2. Εμφάνιση μέτρησης των συνιστωσών της επιτάχυνσης

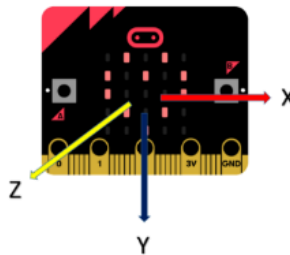
### Δραστηριότητα 2<sup>η</sup>: ενεργοποίηση συναγερμού

Στη δεύτερη δραστηριότητα το πρόγραμμα είναι πιο σύνθετο και δίνεται εξαρχής στους μαθητές να το αντιγράψουν, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3. Με τη «σειριακή εγγραφή τιμής», η τιμή που μετράει ο αισθητήρας μεταφέρεται σε γράφημα στον υπολογιστή. Ορίζουμε τα “x”, “y” και “z” για κάθε συνιστώσα της επιτάχυνσης. Για να αποφύγουμε τις θετικές και τις αρνητικές τιμές, που σχετίζονται με τη φορά που κρατάμε την πλακέτα, χρησιμοποιούμε την απόλυτη τιμή της μετρούμενης συνιστώσας. Ακολουθούν οι τρεις συνθήκες για την ενεργοποίηση του συναγερμού. Όπως φαίνεται και στη δραστηριότητα 1, η επιτάχυνση μετρείται σε mg, δηλαδή 1 milli-g, το οποίο ισοδύναται με το 1/1000 του 1g της επιτάχυνσης της βαρύτητας που συναντάμε στη Γη (<https://makecode.microbit.org/reference/input/acceleration>).



Σχήμα 3. Πρόγραμμα 3<sup>ης</sup> άσκησης για αντιγραφή

Οι άξονες συντεταγμένων παρουσιάζονται στο Σχήμα 4. Οι μαθητές κρατάνε την πλακέτα στην παλάμη τους, οπότε ο άξονας z είναι ο κατακόρυφος.



Σχήμα 4. Άξονες συντεταγμένων στο BBC micro:bit

Για τους άξονες x και y παρατηρούμε ότι οι τιμές είναι ιδιαίτερα χαμηλές οπότε ο συναγερμός ενεργοποιείται όταν η επιτάχυνση που μετράει είναι μεγαλύτερη από αυτή της συνθήκης. Αντίθετα, για τον άξονα z, η συνθήκη για να ενεργοποιηθεί ο συναγερμός είναι η επιτάχυνση που μετράει η πλακέτα να είναι μικρότερη από την επιτάχυνση της βαρύτητας. Αυτό συμβαίνει, γιατί το microbit, όταν είναι ακίνητο, στον άξονα z μετράει την επιτάχυνση της βαρύτητας. Επομένως, αν κινηθεί η πλακέτα στον άξονα z, θα προστεθεί στην επιτάχυνση της βαρύτητας και η επιτάχυνση της κίνησης. Για τις τιμές στις συνιστώσες που ενεργοποιούν το συναγερμό οι μαθητές μπορούν να πειραματιστούν. Αρχικά οι μαθητές είναι ακίνητοι και κρατούν την πλακέτα. Αν κατορθώσουν να έχουν σταθερό χέρι και ο συναγερμός δεν ενεργοποιείται, μπορούν να μετακινούνται. Αν πάλι επιτύχουν να μην ενεργοποιείται ο συναγερμός, μπορούν να μειώσουν τα όρια ενεργοποίησης του συναγερμού. Η διαδικασία

είναι ιδιαίτερα παιγνιώδης και διασκεδαστική για όλους τους μαθητές. Ιδιαίτερα όταν οι ίδιοι κληθούν να μεταβάλλουν τα όρια, θα εμπλακούν στον προγραμματισμό της πλακέτας, και μέσω αυτής της διαδικασίας, θα προχωρήσει η μάθησή τους.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οι τιμές που μετράει το microbit αντιστοιχούν σε milli-g. Αν θέλουμε να κάνουμε αναγωγή σε  $m/s^2$ , θα γίνει με τη μέθοδο των τριών, γνωρίζοντας ότι 1 milli-g αντιστοιχεί σε  $1/1000$  του g.

Σε περίπτωση που ολοκληρωθούν οι δραστηριότητες και υπάρχει διαθέσιμος χρόνος, οι μαθητές πειραματίζονται μόνοι τους με εντολές που αφορούν στο επιταχυνσιόμετρο.

## Συζήτηση - Αποτελέσματα

Η δράση έχει πραγματοποιηθεί τα τελευταία δύο χρόνια (σχολικά έτη 2021-22 και 2022-23) συνολικά 14 φορές, με μαθητές Β' (10 φορές) και Γ' Γυμνασίου (2 φορές). Τις υπόλοιπες 2 φορές οι μαθητές ήταν μικτοί από όλο το Γυμνάσιο, καθώς ήταν μέλη της ομάδας Ρομποτικής του σχολείου τους. Συνολικά, περίπου 220 μαθητές παρακολούθησαν τη δράση. Όλες τις φορές οι δύο δραστηριότητες ολοκληρώθηκαν και 4 φορές προχωρήσαμε σε επεκτάσεις.

Οι θεματικές των δραστηριοτήτων παραμένουν οι ίδιες από την πρώτη στιγμή, ο τρόπος παρουσίασης όμως έχει εξελιχθεί, αναφερόμενοι στα κομμάτια του κώδικα που δίνονται έτοιμα στους μαθητές και όσα καλούνται οι ίδιοι να συντάξουν. Από την ανάδραση αναδείχθηκαν τα σημεία που δυσκολεύουν τους μαθητές, καθώς και αυτά που τραβάνε την προσοχή τους, ώστε να καταλήξουμε στη μορφή που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Η ανάδραση προήλθε από την αντίληψη των διδασκόντων για τη συμμετοχή και κατανόηση των μαθητών στις δραστηριότητες και από συνομιλίες με τους εκπαιδευτικούς μετά το πέρας της δράσης. Επίσης, η εξοικείωση των διδασκόντων με τη χρήση της πλακέτας είναι εξίσου σημαντική.

Η έλλειψη χρόνου δεν επιτρέπει τη χρήση ποσοτικών δεδομένων για τη μελέτη της κατανόησης των εννοιών της επιτάχυνσης και του βάρους από τους μαθητές. Συνεπώς, η απάντηση σε ένα βασικό ερευνητικό ερώτημα γίνεται με ποιοτικά μέσα. Όλοι οι εκπαιδευτικοί είναι ευχαριστημένοι από το περιεχόμενο της δράσης και ορισμένοι μαθητές (ένας με δύο σε κάθε γκρουπ που συμμετέχει) έχουν σχολιάσει ότι μετά από τη δράση κατάλαβαν τι είναι η επιτάχυνση και ποια είναι η διαφορά της από την ταχύτητα. Επίσης, τρεις εκπαιδευτικοί επανέλαβαν τη δραστηριότητα με τους καινούριους μαθητές της Β' Γυμνασίου την επόμενη σχολική χρονιά, αναφέροντας πως οι δραστηριότητες της δράσης αποτέλεσαν σημείο αναφοράς κατά τη διδασκαλία των αντίστοιχων κεφαλαίων στην τάξη. Μάλιστα, μία καθηγήτρια οργάνωσε με προσοχή την ημερομηνία της επίσκεψης, ώστε να συμπέσει με τη διδασκαλία στην τάξη της. Πάντως, κατά την επανάληψη για την επόμενη σχολική χρονιά, στοχεύουμε σε διεξοδικότερη συνεργασία με τους εκπαιδευτικούς, ώστε να τους στέλνουμε ένα σύντομο ερωτηματολόγιο με ερωτήσεις πάνω στις έννοιες που εξετάζονται. Οι μαθητές θα καλούνται να το συμπληρώνουν πριν και μετά την επίσκεψη, ώστε να έχουμε ποσοτικά δεδομένα για την επίδραση που είχε το εργαστήριο στην κατανόηση των εννοιών.

Σχετικά με τη χρήση της πλακέτας, η δράση αποτελεί μια εισαγωγή στο physical computing, το οποίο σίγουρα χρειάζεται συνέχεια. Το προσιτό κόστος προμήθειας της πλακέτας και η ευκολία προγραμματισμού της, όπως περιγράφηκαν στην εισαγωγή, κάνουν αυτή τη συνέχεια εντός του σχολείου εφικτή. Μάλιστα, για τα σχολεία αρκεί μόνο η προμήθεια της πλακέτας, καθώς θα χρησιμοποιηθούν οι υπολογιστές του εργαστηρίου πληροφορικής. Επιδίωξη μας ήταν να χρησιμοποιήσουμε όσο το δυνατόν περισσότερους αισθητήρες και ενεργοποιητές, απευθυνόμενοι και προς τους εκπαιδευτικούς.

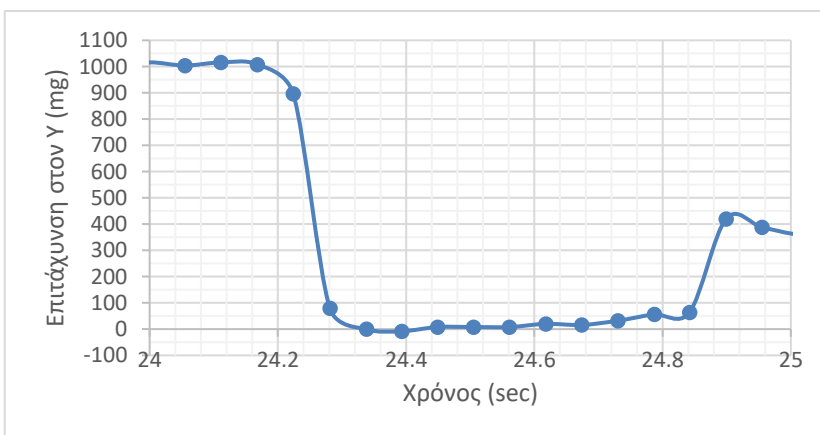
Σχετικά με τα ερευνητικά ερωτήματα, βλέπουμε ότι είναι δυνατή η διδασκαλία εννοιών των φυσικών επιστημών μέσω της πλακέτας, η οποία μάλιστα μπορεί να γίνει με

διασκεδαστικό και παιγνιώδη τρόπο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι μαθητές να κατανοούν τις έννοιες, ενώ παράλληλα αναπτύσσουν την υπολογιστική σκέψη τους, εμπλεκόμενοι στον προγραμματισμό της πλακέτας, προσπαθώντας να επιλύσουν το πρόβλημα που τους δίνεται.

Τεχνικά προβλήματα δεν παρατηρήθηκαν. Το micro:bit είναι καλή επιλογή για αυτές τις δραστηριότητες, λόγω του ενσωματωμένου επιταχυνσιόμετρου, το οποίο σημαίνει ότι δεν υπάρχει πρόβλημα με τη σωστή σύνδεση του αισθητήρα με τον μικροελεγκτή. Λόγω της εργοστασιακής συναρμολόγησης με τεχνολογία SMT οι αποκλίσεις των αισθητήρων (ακόμα και στη κατεύθυνση τους επάνω στη πλακέτα) είναι αμελητέες.

Επιθυμία μας είναι να προσθέσουμε τη μελέτη της ελεύθερης πτώσης στις δραστηριότητες, όμως δεν έχουμε βρει ακόμα τον κατάλληλο τρόπο ώστε αυτό να γίνει με ασφάλεια για την πλακέτα. Προς το παρόν έχει γίνει ως επίδειξη σε τρεις περιπτώσεις που ολοκληρώσαμε τις δραστηριότητες. Ο ένας από τους διδάσκοντες ανέβαινε σε ένα τραπέζι και άφηνε μία πλακέτα, συνδεδεμένη μόνο με τη μπαταριοθήκη, να εκτελέσει ελεύθερη πτώση προς το πάτωμα, και να πέσει πάνω σε ένα μαξιλάρι. Το microbit είναι συνδεδεμένο μέσω Bluetooth με υπολογιστή και στέλνει τα δεδομένα που καταγράφει, ώστε να δημιουργηθεί ένα γράφημα. Τα δεδομένα αποθηκεύονται σε μορφή .xls. Απομονώνουμε τα λίγα δευτερόλεπτα της ελεύθερης πτώσης και παρατηρούμε ότι η πτώση γίνεται πράγματι με την επιτάχυνση της βαρύτητας.

Τα ζητήματα που ανακύπτουν είναι τα εξής: 1) ζητήματα ασφάλειας: δεν μπορούμε να εμπιστευτούμε 4 ομάδες μαθητών που συναντάμε για πρώτη φορά να ρίχνουν μια συσκευή, μαζί με τη μπαταριοθήκη της, στο πάτωμα 2) ζητήματα σύνδεσης: απαιτείται η σύνδεση μέσω Bluetooth με τον υπολογιστή, στον οποίο η πλακέτα στέλνει δεδομένα. Η σύνδεση μπορεί να είναι μια χρονοβόρα διαδικασία, με προβλήματα συνδεσιμότητας να προκύπτουν συχνά και 3) ζητήματα ερμηνείας της καμπύλης, η μορφή της οποίας παρουσιάζεται στο σχήμα 5. Στην εικόνα παρατηρούμε ότι το microbit δίνει τιμή περίπου 0 στην επιτάχυνση όσο πέφτει ελεύθερα και περίπου 1000 όταν στέκεται ακίνητο (το τελευταίο το είχαμε επισημάνει και στη δεύτερη δραστηριότητα). Τα παραπάνω θεωρούμε ότι είναι δύσκολα για τα παιδιά, με βάση τις προηγούμενες γνώσεις τους, οπότε προτιμάμε να εκτελέσουμε την άσκηση εμείς ως επίδειξη.



Σχήμα 5. Γράφημα ελεύθερης πτώσης όπως το καταγράφει το microbit



Τέλος, η δράση προστέθηκε στο ετήσιο πρόγραμμα εργαστηρίων του κέντρου μας για μαθητές αντίστοιχης ηλικίας, με την προσθήκη φύλλου εργασίας. Στο ετήσιο πρόγραμμα, οι ασκήσεις με την πλακέτα συνεχίζονται και η μελέτη της ελεύθερης πτώσης αποτελεί ξεχωριστό εργαστήριο διάρκειας 90 λεπτών.

Αντίστοιχη δράση θα μπορούσε να εφαρμοστεί απλουστευμένη στο Δημοτικό, χωρίς μετρήσεις, και πιο σύνθετη (για παράδειγμα με χρήση διαγραμμάτων ή αναγωγή στη μονάδα μέτρησης της επιτάχυνσης σε  $m/s^2$ ) στο Λύκειο.

Για το μέλλον, θα επιθυμούσαμε να εισάγουμε χαρακτηριστικά της φύσης των επιστημών κατά τη διαδικασία λήψης των μετρήσεων, όπως για παράδειγμα την εξέλιξη της επιστημονικής γνώσης υπό το φως νέων δεδομένων, τη δημιουργικότητα του επιστήμονα και την επίδραση των οικονομικο-κοινωνικών συνθηκών στις επιστημονικές έρευνες (Lederman et al., 2014).

## Συμπεράσματα

Από την προηγούμενη παράγραφο φαίνεται ότι οι σκοποί και οι στόχοι της δραστηριότητας έχουν επιτευχθεί, ενώ φαίνεται ότι υπάρχει δυνατότητα ανάπτυξης της περαιτέρω, στα πλαίσια ετήσιου προγράμματος. Ταυτόχρονα, γίνεται μια καλή επίδειξη της λειτουργίας της πλακέτας προς τον εκπαιδευτικό, ώστε να ενθαρρυνθεί και να προχωρήσει στην προμήθειά της. Οι λόγοι που προτείνεται η συγκεκριμένη πλακέτα για ευρεία χρήση στα σχολεία αναλύθηκε στην εισαγωγή. Οι μαθητές φαίνεται ότι ανταποκρίθηκαν θετικά, οι εκπαιδευτικοί δήλωσαν ικανοποιημένοι με το περιεχόμενο της δράσης, ορισμένοι από τους οποίους μάλιστα επανέλαβαν την επίσκεψη την επόμενη χρονιά. Συνεπώς, η δραστηριότητα έχει παγιωθεί και οι καινούριες βελτιώσεις της θα προκύψουν μέσω της ανάδρασης των μαθητών που την παρακολουθούν.

## Αναφορές

- Chatzopoulos, A. Kalogiannakis, M. Papadakis, S. Papoutsidakis, M. (2022). A novel, modular robot for educational research evaluated on technology acceptance model, *Education Sciences*, 12(4), 274, <https://doi.org/10.3390/educsci12040274>
- Holmlund, T. Lesseig, K. Slavik, D. (2018). Making sense of “STEM education” in K-12 contexts, *International Journal of STEM Education*, 5, 32, <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0127-2>
- Kinchin, J. 2018, Using an arduino in physics teaching for beginners *Phys. Educ.* 53 063007
- Lederman, N.G., Antink, A., Bartos, S., 2014, Nature of science, scientific inquiry and socio-scientific issues arising from genetics: a pathway to developing a scientific literate citizenry, *Science & Education*, 23, 2, 285-302.
- Przybylla, M. & Romeike, R. (2014). Physical computing and its scope – towards a constructionist compute science curriculum with physical computing, *Informatics in Education*, 3(2), 241-254, <https://doi.org/10.15388/infedu.2014.14>
- Teiermayer, A. (2019) Improving students' skills in physics and computer science using BBC Micro:bit, *Physics Education* 54, 065021
- Wahyuni, Pratiwi, N. Farhan A. (2021). The application of BBC micro:bit for automatic door controller, *AIP Conference Proceedings* 2310, 050012, <https://doi.org/10.1063/5.0037633>
- Αντωνίου, Ν. Δημητριάδης, Π. Καμπούρης, Κ. Παπαμιχάλης, Κ. Παπατσιμπα, Λ. (2007), Φυσική Β' Γυμνασίου, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων Διόφαντος, Αθήνα.
- Τζιμογιάννης, Α. Σιόρεντα, Α. (2007). Παράγοντες που καθορίζουν τις στάσεις των καθηγητών Φυσικών Επιστημών για τις ΤΠΕ στη διδασκαλία τους. Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση. Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου, Τεύχος γ'. Ιωάννινα, σελ. 939-949