

# 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<sup>ο</sup>

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



## Χρήση Μικροελεγκτή Micro:bit για τη Διδασκαλία Φυσικών Επιστημών: Μελέτη Περίπτωσης Μαθήτριας με Αναπηρία Όρασης

*Σοφία Φανουρία Κατσαρού, Αναστασία Φερεντίνου, Κωνσταντίνα Στεφανίδου*

doi: [10.12681/codiste.9885](https://doi.org/10.12681/codiste.9885)

## Χρήση Μικροελεγκτή Micro:bit για τη Διδασκαλία Φυσικών Επιστημών: Μελέτη Περίπτωσης Μαθήτριας με Αναπηρία Όρασης

Σοφία Φανουρία Κατσαρού<sup>1</sup>, Αναστασία Φερεντίνου<sup>2</sup>,  
Κωνσταντίνα Στεφανίδου<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Μαθηματικός Ειδικής Αγωγής,

<sup>2</sup>Διδάκτορας, Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,

<sup>3</sup>Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης,

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

<sup>1</sup>*sofia.katsaroy@gmail.com*

### Περίληψη

Η παρούσα έρευνα αποτελεί μελέτη περίπτωσης μαθήτριας με αναπηρία όρασης και εξετάζει κατά πόσο η χρήση μικροελεγκτών, όπως το micro:bit, επηρεάζει την κατανόηση φυσικών φαινομένων, όπως η εναλλαγή μέρας και νύχτας και η διαδοχή των εποχών. Σκοπός της έρευνας είναι να αναδειχθεί πώς η τεχνολογία μπορεί να ενισχύσει τη μάθηση, την εμπλοκή και την αυτονομία των μαθητών/τριών με αναπηρία όρασης, παρέχοντας προσβάσιμες και βιωματικές εμπειρίες μάθησης. Η μελέτη περιλαμβάνει δύο ειδικά σχεδιασμένες δραστηριότητες σύμφωνα με τις αρχές του μοντέλου 5E που εστιάζουν στην κατανόηση των φαινομένων της εναλλαγής μέρας-νύχτας και της εναλλαγής των εποχών, χρησιμοποιώντας το micro:bit και απτικά μοντέλα ως κύρια εργαλεία. Το micro:bit χρησιμοποιήθηκε για την παροχή ηχητικής ανατροφοδότησης σχετικά με τη φωτεινότητα, ενώ τα απτικά μοντέλα υποστήριξαν την κατανόηση της θέσης και της κίνησης της Γης σε σχέση με τον Ήλιο. Η έρευνα βασίστηκε σε ημιδομημένες συνεντεύξεις και παρατηρήσεις, οι οποίες αναλύθηκαν μέσω θεματικής ανάλυσης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η χρήση του micro:bit διευκόλυνε τη μάθηση, ενίσχυσε την αυτονομία της μαθήτριας και της προσέφερε μια βιωματική εμπειρία. Η έρευνα προτείνει την ενσωμάτωση τέτοιων εργαλείων για τη δημιουργία ενός συμπεριληπτικού εκπαιδευτικού περιβάλλοντος στις φυσικές επιστήμες, όπου οι μαθητές/τριες με αναπηρία όρασης συμμετέχουν ισότιμα και ενεργά.

**Λέξεις κλειδιά:** αναπηρία όρασης, micro:bit, STEM, συμπερίληψη, φυσικές επιστήμες

## The Use of the Micro:bit for Science Teaching: A Case Study of a Student with Visual Impairment

Sofia Fanouria Katsarou<sup>1</sup>, Anastasia Ferentinou<sup>2</sup>,  
Constantina Stefanidou<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Special Education Mathematician,

<sup>2</sup>PhD, Department of Special Education, University of Thessaly,

<sup>3</sup>Laboratory and Teaching Staff, Department of Pedagogy and Primary Education,

National and Kapodistrian University of Athens,

<sup>1</sup>*sofia.katsaroy@gmail.com*

### Abstract

This research is a case study of a student with a visual impairment and examines whether the use of microcontrollers, such as the micro:bit, affects her understanding of natural phenomena such as the alteration of day and night and the succession of seasons. The aim of the research

is to show how technology can enhance learning, engagement and autonomy for students with visual impairment by providing accessible and experiential learning experiences. The study includes two specially designed activities according to the principles of the 5E model that focus on understanding the phenomena of day-night and seasonal change, using micro:bit and haptic models as main tools. The micro:bit was used to provide acoustic feedback on brightness, while haptic models supported the understanding of the position and motion of the Earth relative to the Sun. The research was based on semi-structured interviews and observations, which were analysed through thematic analysis. The results show that the use of the micro:bit facilitated learning, enhanced the student's autonomy and provided her with a hands-on experience. The research suggests the incorporation of such tools to create an inclusive educational environment in science where students with visual impairment participate equally and actively.

**Keywords:** inclusion, micro:bit, natural sciences, STEM, visual impairment

## Εισαγωγή

Η εκπαίδευση μαθητών/τριών με αναπηρία όρασης στις φυσικές επιστήμες παρουσιάζει μοναδικές προκλήσεις, καθώς η οπτική πληροφορία είναι συχνά θεμελιώδης για την κατανόηση φυσικών φαινομένων. Η έλλειψη οπτικών ερεθισμάτων περιορίζει την κατανόηση και τη συμμετοχή σε δραστηριότητες που απαιτούν παρατήρηση και πειραματισμό. Μικροελεγκτές, όπως το micro:bit, προσφέρουν νέες δυνατότητες για τη δημιουργία προσβάσιμων και βιωματικών μαθησιακών εμπειριών, επιτρέποντας στους μαθητές/τριες με αναπηρία όρασης να συμμετέχουν ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία.

Η παρούσα μελέτη περίπτωσης διερευνά την αποτελεσματικότητα της χρήσης του micro:bit στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών σε μαθήτρια με αναπηρία όρασης. Συγκεκριμένα η έρευνα επικεντρώνεται στη διδασκαλία εννοιών που σχετίζονται με την εναλλαγή μέρας-νύχτας και την εναλλαγή των εποχών, με στόχο να αναδειχθεί αν μικροελεγκτές όπως το micro:bit, μπορούν να ενισχύσουν τη συμμετοχή, την κατανόηση και την αυτονομία στη μαθησιακή διαδικασία μαθητών/τριών με αναπηρία όρασης.

## Θεωρητικό Υπόβαθρο

### Η διδασκαλία των μαθητών/τριών με αναπηρία όρασης

Η διδασκαλία φυσικών επιστημών για μαθητές/τριες με αναπηρία όρασης απαιτεί την προσαρμογή της διδασκαλίας ώστε να στηρίζεται σε ακουστικά και απτικά ερεθίσματα. Οι φυσικές επιστήμες, ως αντικείμενο που στηρίζεται σε παρατηρήσεις και πειράματα, δημιουργούν προκλήσεις για τους μαθητές/τριες με αναπηρία όρασης, καθώς η οπτική πληροφόρηση είναι θεμελιώδης για την κατανόηση εννοιών όπως η κίνηση, η ενέργεια, και η αναπαράσταση συστημάτων (Λιοδάκης, 2000). Προκειμένου να καταστεί η διδασκαλία προσβάσιμη και αποτελεσματική, απαιτείται η προσαρμογή της διδακτικής διαδικασίας ώστε να δίνεται έμφαση σε ακουστικά και απτικά ερεθίσματα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση ειδικών εργαλείων, όπως τρισδιάστατα απτικά μοντέλα, ηχητικές αναπαραστάσεις δεδομένων, περιγραφικές αφηγήσεις, καθώς και τεχνολογικές λύσεις που μετατρέπουν την οπτική πληροφορία σε ήχο ή αφή (Cox & Dykes, 2001). Μέσω αυτών των προσαρμογών, οι μαθητές/τριες με αναπηρία όρασης μπορούν να συμμετέχουν ενεργά σε πειραματικές διαδικασίες, να κατανοήσουν αφηρημένες έννοιες και να αναπτύξουν νοητικές αναπαραστάσεις για φαινόμενα που παραδοσιακά παρουσιάζονται οπτικά (Λιοδάκης, 2000).

Επιστημονικές μελέτες καταδεικνύουν ότι η πιο αποδοτική διδασκαλία για αυτούς τους μαθητές/τριες βασίζεται σε πολυαισθητηριακές προσεγγίσεις (Λιοδάκης, 2000). Στην ουσία, η μάθηση ενισχύεται όταν αξιοποιούνται περισσότερες από μία αισθήσεις, με έμφαση στην αφή και στην ακοή, δύο αισθήσεις που παραμένουν ανεπτυγμένες στους/στις μαθητές/τριες με προβλήματα όρασης (Κουτάντος, 2005). Η αξιοποίηση ακουστικών και απτικών ερεθισμάτων συμβάλλει στην ανάπτυξη νοητικών εικόνων και ενισχύει την κατανόηση αφηρημένων εννοιών, οι οποίες συχνά δυσκολεύουν την αντίληψη των μαθητών/τριών στις φυσικές επιστήμες (Cox & Dykes, 2001).

### **Το μοντέλο 5E**

Το μοντέλο 5E αποτελεί μια σύγχρονη και αποτελεσματική διδακτική προσέγγιση που στοχεύει στην ενεργητική συμμετοχή των μαθητών/τριών και στην προώθηση της διερευνητικής μάθησης, δομημένο σε πέντε διαδοχικές φάσεις: Εμπλοκή, Εξερεύνηση, Εξήγηση, Επέκταση και Αξιολόγηση. Κάθε φάση έχει συγκεκριμένο ρόλο στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης και στην εμπέδωση των μαθησιακών στόχων, συμβάλλοντας στη βαθύτερη κατανόηση των εννοιών και στην ουσιαστική οικοδόμηση της γνώσης από τους ίδιους τους/τις μαθητές/τριες (Bybee et al., 2006).

Συγκεκριμένα, η φάση της Εμπλοκής (Engage) αποσκοπεί στην ενεργοποίηση του ενδιαφέροντος και της περιέργειας των μαθητών/τριών, συνδέοντας το νέο γνωστικό αντικείμενο με τις προϋπάρχουσες γνώσεις και εμπειρίες τους. Στην Εξερεύνηση (Explore), οι μαθητές/τριες συμμετέχουν σε βιωματικές, πειραματικές ή συνεργατικές δραστηριότητες, όπου ενθαρρύνονται να παρατηρούν, να πειραματίζονται και να διατυπώνουν υποθέσεις, χωρίς άμεση καθοδήγηση από τον εκπαιδευτικό. Ακολουθεί η Εξήγηση (Explain), όπου οι μαθητές/τριες εκφράζουν τα συμπεράσματά τους και ερμηνεύουν τα αποτελέσματα των δραστηριοτήτων, ενώ ο εκπαιδευτικός συστηματοποιεί και επεκτείνει τη νέα γνώση, παρέχοντας επιστημονικές εξηγήσεις και όρους. Η φάση της Επέκτασης (Elaborate) δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές/τριες να εφαρμόσουν τις νέες γνώσεις σε διαφορετικά πλαίσια ή προβλήματα, ενισχύοντας τη μεταφορά της γνώσης και τη διαθεματική προσέγγιση. Τέλος, η Αξιολόγηση (Evaluate) περιλαμβάνει την αποτίμηση της κατανόησης και της προόδου των μαθητών/τριών μέσω ποικίλων μεθόδων, όπως ερωτήσεις, εργασίες ή αυτοαξιολόγηση, ώστε να εντοπιστούν τυχόν ελλείψεις και να υπάρξει ανατροφοδότηση.

Το μοντέλο 5E θεωρείται ιδιαίτερα αποτελεσματικό στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών και όχι μόνο, καθώς προάγει τη βιωματική και ενεργητική μάθηση, ενισχύει τα εσωτερικά κίνητρα των μαθητών/τριών και καλλιεργεί δεξιότητες κριτικής σκέψης, συνεργασίας και αυτονομίας (Bybee et al., 2006)

### **Βιβλιογραφική Επισκόπηση**

Η βιβλιογραφία αναδεικνύει ότι η αξιοποίηση εργαλείων, όπως οι μικροελεγκτές, στη διδασκαλία μαθητών/τριών με αναπηρία όρασης μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την κατανόηση σύνθετων και αφηρημένων εννοιών, καθώς επιτρέπει την παροχή εναλλακτικών, μη οπτικών μορφών ανατροφοδότησης (Ketema & Negassa, 2024). Το micro:bit αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα, καθώς διαθέτει δυνατότητες ηχητικής ανατροφοδότησης που επιτρέπουν στους μαθητές/τριες να αντιλαμβάνονται και να παρακολουθούν μεταβολές σε παραμέτρους όπως η φωτεινότητα ή η θερμοκρασία, διευκολύνοντας έτσι την κατανόηση φυσικών φαινομένων χωρίς την ανάγκη οπτικής πληροφορίας (Wahyuni et al., 2021). Παράλληλα, τα τρισδιάστατα μοντέλα αποτελούν ένα ακόμη πολύτιμο εργαλείο, καθώς δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές/τριες να εξερευνήσουν με την αφή έννοιες όπως η δομή του DNA ή η θέση

των πλανητών, ενισχύοντας τη δημιουργία νοητικών αναπαραστάσεων και τη βαθύτερη κατανόηση επιστημονικών θεμάτων (Karbowski, 2020).

Επιπλέον, η συμπεριληπτική εκπαίδευση μέσω της τεχνολογίας δεν διευκολύνει μόνο τη μαθησιακή διαδικασία, αλλά ενισχύει σημαντικά την αυτονομία και την αυτοπεποίθηση των μαθητών/τριών με αναπηρία όρασης. Η δυνατότητα συμμετοχής σε δραστηριότητες που παραδοσιακά βασίζονται στην όραση, με τη χρήση απτικών και ακουστικών εργαλείων, συμβάλλει στην ενίσχυση της αυτοεκτίμησης και της ανεξαρτησίας των μαθητών/τριών (Cox & Dykes, 2001). Ωστόσο, η βιβλιογραφία επισημαίνει ότι εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικά εμπόδια στην εφαρμογή συμπεριληπτικών στρατηγικών στην εκπαίδευση, όπως η περιορισμένη πρόσβαση σε εξειδικευμένα εργαλεία και η έλλειψη κατάλληλης επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών (Λιοδάκης, 2000).

## Μεθοδολογία

Η παρούσα έρευνα υιοθετεί τη μέθοδο της μελέτης περίπτωσης, η οποία επιτρέπει μια εις βάθος και λεπτομερή ανάλυση ενός συγκεκριμένου φαινομένου ή περίπτωσης. Συγκεκριμένα, επιλέχθηκε σκόπιμα μια μαθήτρια με αναπηρία όρασης ως δείγμα σκοπιμότητας, προκειμένου να διερευνηθεί με λεπτομέρεια η εμπειρία της και η αλληλεπίδρασή της με τα εκπαιδευτικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν. Η συμμετέχουσα είναι μαθήτρια Α' λυκείου με αναπηρία όρασης, γεγονός που επιτρέπει την εστίαση σε ένα συγκεκριμένο εκπαιδευτικό και μαθησιακό πλαίσιο, καθώς και την κατανόηση των ιδιαίτερων αναγκών και προκλήσεων που αντιμετωπίζει στην εκπαιδευτική διαδικασία. Η επιλογή δείγματος σκοπιμότητας είναι κατάλληλη για ποιοτικές μελέτες, όπου ο πρωταρχικός στόχος είναι η βαθιά κατανόηση και όχι η γενίκευση των αποτελεσμάτων.

Η μαθήτρια συμμετείχε σε δύο εκπαιδευτικές δραστηριότητες που βασίστηκαν στο μοντέλο 5E και εντάχθηκαν στο μάθημα της Φυσικής. Οι δραστηριότητες σχεδιάστηκαν με στόχο την ενίσχυση της κατανόησης επιστημονικών εννοιών μέσω πολυαισθητηριακής μάθησης, αξιοποιώντας τεχνολογικά εργαλεία όπως ο μικροελεγκτής micro:bit. Μέσω αυτής της προσέγγισης, επιδιώχθηκε η ενεργός συμμετοχή της μαθήτριας, η ενίσχυση της αυτονομίας της και η διευκόλυνση της πρόσβασής της σε αφηρημένες έννοιες που συνήθως βασίζονται στην οπτική πληροφορία.

## Δραστηριότητες

Στην πρώτη δραστηριότητα, που αφορούσε την εναλλαγή μέρας-νύχτας, η μαθήτρια χρησιμοποίησε μια υδρόγειο σφαίρα και τοποθέτησε το micro:bit στην επιφάνειά της, προσομοιώνοντας την περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της. Μια λάμπα προσομοίωνε τον ήλιο και καθώς η υδρόγειος περιστρεφόταν, το micro:bit, αξιοποιώντας τον ενσωματωμένο αισθητήρα φωτός, ανίχνευε τις μεταβολές στη φωτεινότητα που δεχόταν. Η συσκευή παρήγαγε ήχο διαφορετικής έντασης: όσο μεγαλύτερη ήταν η έκθεση στο φως (ημέρα), τόσο πιο έντονος ήταν ο ήχος, ενώ στη σκιά (νύχτα) ο ήχος εξασθενούσε ή σταματούσε. Αυτή η ηχητική ανατροφοδότηση έδωσε στη μαθήτρια τη δυνατότητα να αντιληφθεί απτικά και ακουστικά τη διαφορά μεταξύ μέρας και νύχτας, αντικαθιστώντας ουσιαστικά την οπτική πληροφορία και ενισχύοντας την κατανόηση του φαινομένου.

Στη δεύτερη δραστηριότητα, που αφορούσε την εναλλαγή των εποχών, η μαθήτρια τοποθέτησε το micro:bit σε διαφορετικές θέσεις και γωνίες που αναπαριστώντας την κλίση του άξονα της Γης. Καθώς έριχνε φως στον μικροελεγκτή και ταυτόχρονα του έδινε κλίση, το micro:bit παρήγαγε και πάλι ήχο διαφορετικής έντασης, ανάλογα με το πόση φωτεινότητα δεχόταν ο αισθητήρας. Με αυτόν τον τρόπο, η μαθήτρια μπόρεσε

να συνδέσει πρακτικά τη γωνία πρόσπτωσης του φωτός με την αλλαγή της έντασης του ήχου, κατανοώντας έτσι πώς η κλίση της Γης και η θέση της σε σχέση με τον Ήλιο οδηγούν στην εναλλαγή των εποχών. Η συγκεκριμένη προσέγγιση αξιοποίησε πλήρως τις δυνατότητες του *micro:bit* για πολυαισθητηριακή μάθηση, προσφέροντας στη μαθήτριά μια βιωματική και προσβάσιμη εμπειρία κατανόησης σύνθετων επιστημονικών εννοιών

### **Εργαλεία συλλογής και ανάλυσης δεδομένων**

Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή των δεδομένων στην παρούσα μελέτη ήταν οι κλείδες παρατήρησης και οι ημιδομημένες συνεντεύξεις, οι οποίες πραγματοποιούνταν μετά από κάθε δραστηριότητα. Οι κλείδες παρατήρησης αποτέλεσαν ένα δομημένο και συστηματικό μέσο καταγραφής της αλληλεπίδρασης της μαθήτριάς με τα εκπαιδευτικά εργαλεία, του βαθμού ενεργού συμμετοχής της, καθώς και των αντιδράσεών της κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων. Η αναλυτική καταγραφή που προσέφεραν οι κλείδες παρατήρησης επέτρεψε τον εντοπισμό συγκεκριμένων συμπεριφορών, όπως η πρωτοβουλία που ανέπτυξε η μαθήτριά, η αυτονομία της στη χρήση του *micro:bit* και των απτικών μοντέλων, αλλά και η ανταπόκρισή της σε νέα ερεθίσματα ή δυσκολίες που προέκυπταν στην πορεία (Βρασιδάς, 2014).

Παράλληλα, οι ημιδομημένες συνεντεύξεις σχεδιάστηκαν ώστε να εστιάζουν στην αξιολόγηση της εμπειρίας της μαθήτριάς και της κατανόησης των επιστημονικών εννοιών που διδάχθηκαν. Οι ερωτήσεις που τέθηκαν ήταν ανοιχτού τύπου, επιτρέποντας στη μαθήτριά να εκφράσει ελεύθερα τις σκέψεις, τα συναισθήματα, τις δυσκολίες και τις θετικές εμπειρίες της από τη συμμετοχή στις δραστηριότητες, αλλά και να αναδείξει πτυχές που ενδεχομένως να μην ήταν ορατές μόνο μέσω της παρατήρησης (Ιωσηφίδης, 2008). Η συνδυαστική χρήση των δύο αυτών εργαλείων διασφάλισε τη συλλογή πλούσιου και αξιόπιστου υλικού, προσφέροντας μια σφαιρική εικόνα της μαθησιακής εμπειρίας. Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν αναλύθηκαν με τη μέθοδο της θεματικής ανάλυσης, η οποία περιλάμβανε τη μεταγραφή των συνεντεύξεων και την οργάνωση των παρατηρήσεων, τον εντοπισμό και την κωδικοποίηση αποσπασμάτων που σχετίζονταν με τα ερευνητικά ερωτήματα, και στη συνέχεια τη διαμόρφωση θεματικών κατηγοριών. Η ανάλυση επικεντρώθηκε σε βασικούς άξονες όπως η κατανόηση των εννοιών που διδάχθηκαν, ο βαθμός εμπλοκής της μαθήτριάς στη μαθησιακή διαδικασία και η αυτονομία που επέδειξε κατά την εκτέλεση των δραστηριοτήτων. Μέσα από αυτή τη διαδικασία αναδείχθηκαν τα βασικά ευρήματα της έρευνας, τα οποία τεκμηριώνουν τον ρόλο των εκπαιδευτικών εργαλείων στην ενίσχυση της συμπεριληπτικής μάθησης και της ενεργού συμμετοχής των μαθητών/τριών με αναπηρία όρασης, εστιάζοντας σε θεματικές κατηγορίες όπως η κατανόηση, η εμπλοκή και η αυτονομία.

### **Αποτελέσματα**

Η ανάλυση των δεδομένων ανέδειξε ότι η χρήση του *micro:bit* λειτούργησε καταλυτικά στη διευκόλυνση της μάθησης και στην ενίσχυση της εμπλοκής της μαθήτριάς με αναπηρία όρασης στη διδακτική διαδικασία. Ειδικότερα, όσον αφορά την κατανόηση των εννοιών, στην πρώτη δραστηριότητα που αφορούσε την εναλλαγή μέρας-νύχτας, η μαθήτριά κατάφερε να αντιληφθεί τη σχέση μεταξύ φωτεινότητας και του φαινομένου, αξιοποιώντας την ηχητική ανατροφοδότηση του *micro:bit*. Η μεταβολή της έντασης του ήχου σε συνάρτηση με την έκθεση του μικροελεγκτή στο φως βοήθησε τη μαθήτριά να οδηγηθεί σε ασφαλή συμπεράσματα για το πώς εναλλάσσονται η μέρα και η νύχτα, παρά την απουσία οπτικής πληροφορίας. Στη δεύτερη δραστηριότητα, που σχετιζόταν με την εναλλαγή των εποχών, η ενεργή

συμμετοχή της μαθήτριας και η άμεση ηχητική ανατροφοδότηση από το micro:bit της επέτρεψαν να συνδέσει τη γωνία πρόσπτωσης του φωτός με τις αλλαγές των εποχών, κατανοώντας έτσι μια σύνθετη επιστημονική έννοια μέσω της εμπειρίας και της αλληλεπίδρασης με το εργαλείο.

Επιπλέον, κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων, παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στην αυτοπεποίθηση και την αυτονομία της μαθήτριας. Ιδιαίτερα αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι κατάφερε να ολοκληρώσει τις δραστηριότητες χωρίς να χρειάζεται συνεχή καθοδήγηση ή παρέμβαση από την ερευνήτρια, γεγονός που υποδεικνύει ότι τα τεχνολογικά εργαλεία όχι μόνο καλλιεργούν δεξιότητες, αλλά ενισχύουν και την ανεξαρτησία των μαθητών/τριών με αναπηρία όρασης. Τέλος, η χρήση του micro:bit και των απτικών μοντέλων προκάλεσαν το ενδιαφέρον της μαθήτριας, ενισχύοντας τη διάθεση και το κίνητρό της για συμμετοχή στη μαθησιακή διαδικασία. Η βιωματική και πολυαισθητηριακή προσέγγιση που προσέφεραν τα εργαλεία αυτά συνέβαλε ουσιαστικά στη δημιουργία ενός περιβάλλοντος όπου η μαθήτρια ένιωσε ενεργό μέλος της τάξης και μπόρεσε να εμπλακεί ουσιαστικά στη μάθηση, επιβεβαιώνοντας τη δυναμική της τεχνολογίας στην προώθηση της συμπερίληψης και της ισότιμης συμμετοχής στις φυσικές επιστήμες.

## Συζήτηση

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης επιβεβαιώνουν την αποτελεσματικότητα της χρήσης μικροελεγκτών, όπως το micro:bit, στη διδασκαλία μαθητών/τριών με αναπηρία όρασης, ευθυγραμμιζόμενα με τα ευρήματα προηγούμενων ερευνών (Chatzopoulos et al., 2022). Η αξιοποίηση της ηχητικής ανατροφοδότησης από το micro:bit προσέφερε μια καινοτόμο μέθοδο αντικατάστασης της οπτικής πληροφορίας, επιτρέποντας στη μαθήτρια να αντιλαμβάνεται μεταβολές στη φωτεινότητα και να κατανοεί αφηρημένες έννοιες των φυσικών επιστημών μέσω της ακοής. Σε συνδυασμό με τα απτικά μοντέλα, δημιουργήθηκε μια πολυαισθητηριακή εμπειρία μάθησης, η οποία ενίσχυσε την ενεργό συμμετοχή και τον ενθουσιασμό της μαθήτριας κατά την αλληλεπίδραση με τον μικροελεγκτή, επιβεβαιώνοντας τη σημασία της εμπλοκής σε πολυαισθητηριακές δραστηριότητες (Holmlund et al., 2018). Η βιωματική αυτή προσέγγιση όχι μόνο διευκόλυνε την κατανόηση σύνθετων φαινομένων, αλλά και ενίσχυσε την αυτονομία και την αυτοπεποίθηση της μαθήτριας, καθώς μπόρεσε να ολοκληρώσει τις δραστηριότητες χωρίς συνεχή καθοδήγηση.

Ωστόσο, η μελέτη παρουσιάζει ορισμένους περιορισμούς που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Ο περιορισμένος αριθμός δραστηριοτήτων και η εστίαση σε μία μόνο μαθήτρια περιορίζουν τη δυνατότητα γενίκευσης των ευρημάτων, γεγονός που αποτελεί χαρακτηριστικό περιορισμό των μελετών περίπτωσης. Η ανάγκη για περαιτέρω έρευνα είναι εμφανής, καθώς η μακροπρόθεσμη αξιολόγηση της διατήρησης της γνώσης και η εφαρμογή της μεθοδολογίας σε μεγαλύτερο και πιο αντιπροσωπευτικό δείγμα μαθητών/τριών θα μπορούσαν να προσφέρουν πιο γενικευμένα και αξιόπιστα αποτελέσματα. Επιπλέον, η αξιολόγηση της επίδρασης των μικροελεγκτών σε συνδυασμό με άλλες τεχνολογίες υποβοήθησης και η διερεύνηση της εφαρμογής τους σε διαφορετικά γνωστικά αντικείμενα και ηλικιακές ομάδες θα ενίσχυε τη βιβλιογραφία και θα προσέφερε χρήσιμες κατευθύνσεις για την εκπαιδευτική πράξη. Συνολικά, τα ευρήματα της παρούσας μελέτης αναδεικνύουν τις δυνατότητες των μικροελεγκτών στην προώθηση της συμπεριληπτικής εκπαίδευσης και θέτουν τη βάση για περαιτέρω ερευνητική διερεύνηση στον τομέα αυτό.

## Συμπεράσματα

Η παρούσα έρευνα καταδεικνύει με σαφήνεια ότι η ενσωμάτωση μικροελεγκτών, όπως το micro:bit, μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στη μάθηση μαθητών/τριών με αναπηρία όρασης στις φυσικές επιστήμες, προσφέροντας νέες δυνατότητες για προσβάσιμη, βιωματική και πολυαισθητηριακή εκπαίδευση. Οι δραστηριότητες που σχεδιάστηκαν στο πλαίσιο της μελέτης ενίσχυσαν την κατανόηση επιστημονικών εννοιών, την ενεργό εμπλοκή και την αυτονομία της μαθήτριας, ενώ ανέδειξαν τη σημασία της τεχνολογίας ως καταλύτη για τη δημιουργία συμπεριληπτικών μαθησιακών περιβαλλόντων.

Η χρήση του micro:bit επέτρεψε στη μαθήτρια να συμμετέχει ισότιμα σε δραστηριότητες που παραδοσιακά βασίζονται στην οπτική πληροφορία, αξιοποιώντας την ηχητική ανατροφοδότηση και τα απτικά μοντέλα για την κατανόηση αφηρημένων φαινομένων, όπως η εναλλαγή μέρας-νύχτας και η διαδοχή των εποχών. Η πολυαισθητηριακή αυτή προσέγγιση όχι μόνο ενίσχυσε τη μαθησιακή διαδικασία, αλλά αύξησε και το ενδιαφέρον, την αυτοπεποίθηση και την ανεξαρτησία της μαθήτριας, επιβεβαιώνοντας τη διεθνή βιβλιογραφία που υποστηρίζει τη σημασία των προσαρμοσμένων, πολυαισθητηριακών στρατηγικών στη συμπεριληπτική εκπαίδευση.

Η έρευνα υπογραμμίζει την ανάγκη για ευρύτερη υιοθέτηση τέτοιων εργαλείων στην εκπαιδευτική πράξη, καθώς και τη συνεχή επιμόρφωση των εκπαιδευτικών, ώστε να μπορούν να προσαρμόζουν τις διδακτικές πρακτικές στις εξατομικευμένες ανάγκες των μαθητών/τριών με αναπηρία όρασης. Η ενσωμάτωση πολυαισθητηριακών στρατηγικών διδασκαλίας, όπως η χρήση ηχητικών, απτικών και διαδραστικών τεχνολογιών, συμβάλλει καθοριστικά στην ισότιμη πρόσβαση όλων των μαθητών/τριών στη μάθηση και στη δημιουργία ενός περιβάλλοντος όπου κάθε μαθητής μπορεί να συμμετέχει ενεργά και να αναπτύσσει το δυναμικό του.

Παρά τον περιορισμό της μελέτης σε μία μόνο μαθήτρια, τα ευρήματα αναδεικνύουν τις δυνατότητες της συγκεκριμένης προσέγγισης για την ενίσχυση της συμπερίληψης και τη βελτίωση της εκπαιδευτικής εμπειρίας μαθητών/τριών με αναπηρία όρασης. Η περαιτέρω διερεύνηση με μεγαλύτερα δείγματα και ποικιλία δραστηριοτήτων θα μπορούσε να προσφέρει πιο γενικεύσιμα συμπεράσματα και να ενισχύσει τη βιβλιογραφία σχετικά με τις βέλτιστες πρακτικές στην προσβάσιμη εκπαίδευση.

## Βιβλιογραφία

- Βρασίδης, Χ. (2014). *Εισαγωγή στην Ποιοτική Έρευνα*. Cardet Press.
- Ιωσηφίδης, Θ. (2008). *Ποιοτικές Μέθοδοι Έρευνας στις Κοινωνικές Επιστήμες*. Αθήνα: Κριτική
- Κουτάντος, Δ. (2005). *Ακουστικές ικανότητες για παιδιά και εφήβους. Η εκπαίδευση παιδιών και νέων με μειωμένη όραση*. Αθήνα: Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα
- Λιοδάκης, Δ. (2000). *Εκπαιδευτικά προγράμματα για τυφλούς μαθητές*. Αθήνα: Ατραπός.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. Colorado Springs, CO: BSCS.
- 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>
- Cox, P. R., & Dykes, M. K. (2001). Effective Classroom Adaptations for Students with Visual Impairments. *Teaching Exceptional Children*, 33(6), 68–74. <https://doi.org/10.1177/004005990103300609>

- Holmlund, T. Lesseig, K. Slavit, 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>
- Karbowski, C. F. (2020). See3D: 3D Printing for People Who Are Blind. *Journal of Science Education for Students with Disabilities*, 23(1) <https://doi.org/10.14448/jsesd.12.0006>
- Ketema Dabi, G., & Negassa Golga, D. (2024). The role of assistive technology in supporting the engagement of students with visual impairment in learning mathematics: An integrative literature review. *British Journal of Visual Impairment*, 42(3), 674-687. <https://doi.org/10.1177/02646196231158922>
- 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>