

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°

**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.enepnet.gr



**Από το Παραδοσιακό Εργαστήριο στους
Μικροελεγκτές: Καινοτόμες Προσεγγίσεις για
Μετρήσεις Θερμοκρασίας**

*Άννα Κουμαρά, Μιχάλης Μπακάλογλου, Χαρίτων
Πολάτογλου*

doi: [10.12681/codiste.9808](https://doi.org/10.12681/codiste.9808)

Από το Παραδοσιακό Εργαστήριο στους Μικροελεγκτές: Καινοτόμες Προσεγγίσεις για Μετρήσεις Θερμοκρασίας

Άννα Κουμαρά¹, Μιχάλης Μπακάλογλου², Χαρίτων Μ. Πολάτογλου³

¹Μεταδιδακτορική Ερευνήτρια, ²Ερευνητής στην Εκπαίδευση STEM, ³Ομότιμος Καθηγητής

^{1,3}Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, ²STEM Education Hellas

¹akoumara@auth.gr

Περίληψη

Η παρούσα εργασία περιγράφει μια σειρά διαδραστικών εργαστηρίων για μαθητές γυμνασίου που εφαρμόστηκε σε κέντρο STEM. Το θέμα αφορούσε στη μέτρηση της θερμοκρασίας, ξεκινώντας από την παραδοσιακή μέτρηση με θερμόμετρο οινόπνευματος, μεταβαίνοντας στη μέτρηση μέσω μικροελεγκτή και στο τέλος δημιουργώντας ένα έξυπνο σύστημα ψύξης. Οι μαθητές ανταποκρίθηκαν στις απαιτήσεις των εργαστηρίων με επιτυχία, οι γνώσεις τους στην έννοια της θερμοκρασίας βελτιώθηκαν και μέχρι το τέλος όλοι κατάφεραν να επεξεργαστούν τα δεδομένα που συλλέχθηκαν και να καταλήξουν σε συμπεράσματα. Η διδακτικότητα που εμφανίστηκε στους μαθητές κατά τη χρήση σύνθετων ηλεκτρονικών, ξεπεράστηκε με την κατάλληλη καθοδήγηση.

Λέξεις κλειδιά: δευτεροβάθμια εκπαίδευση, εργαστήριο, μέτρηση θερμοκρασίας

From the Traditional Laboratory to Microcontrollers: Innovative Approaches to Temperature Measurements

Anna Koumara¹, Mihalis Bakaloglou², Hariton M. Polatoglou³

¹Post-doctoral Researcher, ²STEM Education Researcher, ³Emeritus Professor

^{1,3}Physics Department, Aristotle University of Thessaloniki, ²STEM Education Hellas

¹akoumara@auth.gr

Abstract

The present work is about a series of interactive workshops designed for middle school students and implemented at a STEM center. The focus was on temperature measurement, starting with traditional methods using alcohol thermometers, to measurements with a microcontroller, and to build a smart cooling system. Students successfully met the workshops' objectives, demonstrating an improved understanding of the concept of temperature. By the end of the program, all participants were able to process the collected data and draw conclusions. Initial hesitation observed among students when working with complex electronics overcame through teachers' intervention.

Keywords: laboratory, secondary education, temperature measurement

Εισαγωγή

Η κλίμακα θερμοκρασίας και η μέτρησή της είναι από τις πρώτες εργαστηριακές ασκήσεις των μαθητών στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών (Καλκάνης, κá, 2013). Εξάλλου, η θερμοκρασία είναι μια έννοια με την οποία οι μαθητές είναι εξοικειωμένοι από την καθημερινότητά τους και η επιτυχής μέτρησή της είναι απαραίτητη για τη ζωή του σύγχρονου πολίτη. Η αυτόματη ρύθμιση της θερμοκρασίας είναι από τα πρωταρχικά συστήματα σε ένα έξυπνο σπίτι, και περιλαμβάνει αυτοματισμούς που οι μαθητές/τριες είναι ικανοί να δημιουργήσουν (π.χ. Prasitpong et al, 2022· <https://shorturl.at/amONh>). Η παρούσα

εργασία περιγράφει μια σειρά εργαστηρίων για μαθητές/τριες Γυμνασίου όπου σταδιακά μεταβαίνουν από τη μέτρηση της θερμοκρασίας με παραδοσιακά εργαστηριακά θερμόμετρα στη μέτρηση με χρήση μικροελεγκτών και τη δημιουργία αυτοματισμών και μετάδοση δεδομένων, δημιουργώντας συστήματα Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things, IOT).

Βιβλιογραφική Επισκόπηση

Η επιτυχημένη μέτρηση της θερμοκρασίας περιλαμβάνεται σε εργαστηριακές ασκήσεις στα μαθήματα Φυσικών Επιστημών, από την Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση ακόμα (Αποστολάκης κ, 2006). Η χρήση των κατάλληλων θερμομέτρων, με όσο το δυνατόν καλύτερη ακρίβεια είναι ένα ζήτημα που αφορά τους δημιουργούς εργαστηριακών ασκήσεων. Ξεκινώντας από θερμόμετρα με υδράργυρο που αποσύρθηκαν για λόγους ασφαλείας, τα συνηθισμένα θερμόμετρα που βρίσκονται σε ένα σχολικό εργαστήριο Φυσικών Επιστημών είναι είτε οινόπνεύματος είτε ηλεκτρονικά (Ongley et al, 2008). Πρόσφατα, έκαναν την εμφάνισή τους οι μικροελεγκτές και οι αισθητήρες θερμοκρασίας, προσφέροντας τόσο οικονομικότερες, όσο και πιο αξιόπιστες λύσεις στη συλλογή και επεξεργασία μετρήσεων.

Οι μικροελεγκτές περιλαμβάνουν συστήματα που αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον μέσω αισθητήρων στην είσοδο και ενεργοποιητών στην έξοδο. Οι πιο γνωστοί μικροελεγκτές είναι το BBC micro:bit και το Arduino, που τα τελευταία χρόνια έχουν εισαχθεί στην εκπαίδευση (π.χ. Chatzopoulos et al., 2022 · Teiermayer, 2019 · Wahyuni, et al., 2021), μάλιστα από το σχολικό έτος 2024-25 όλα τα σχολεία έχουν εξοπλιστεί με ανάλογα σεν (<https://shorturl.at/MCnvn>).

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται το BBC micro:bit v2 (<https://microbit.org/>), γιατί προγραμματίζεται με λογισμικό ανοιχτού κώδικα, είτε σε blocks (τύπου Scratch) είτε σε Python, τα οποία γνωρίζουν οι μαθητές. Διαθέτει antenna radio που δίνει τη δυνατότητα απευθείας συλλογής και ανταλλαγής δεδομένων από όλους τους μαθητές που χειρίζονται διαφορετικά Micro:bit και περιορίζει τον αριθμό των σύνθετων και ακριβών διατάξεων που συνήθως απαιτούνται. Η σύνδεση γίνεται από τους μαθητές προγραμματιστικά χωρίς δυσκολίες. Η χαμηλή τιμή της κάθε πλακέτας επιτρέπει με μικρό κόστος τον εξοπλισμό των σχολείων.

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things, IoT) είναι ένα σύστημα διασυνδεδεμένων συσκευών που μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους, ανταλλάσσοντας πληροφορίες. Το σύστημα αυτό μπορεί να περιλαμβάνει αισθητήρες, κάμερες, ρομποτικές διατάξεις και συσκευές χρηστών και μπορεί να είναι είτε τοπικό είτε παγκόσμιο (<https://shorturl.at/YnyoX>). Τα τελευταία χρόνια εφαρμογές IoT έχουν εμφανιστεί στη διδασκαλία της Φυσικής και της Τεχνολογίας, είτε ως άρθρα (π.χ. Castaño et al., 2024 · Nieh & Tsen, 2023), είτε ως σχέδια μαθήματος (π.χ. <https://shorturl.at/Fi6ys>). Επιπλέον, κυκλοφορούν εξειδικευμένα σεν σε ιδιαίτερα οικονομικές τιμές. (π.χ. <https://shorturl.at/k7MbD>).

Μεθοδολογία

Η σειρά εργαστηρίων δημιουργήθηκε σε εκπαιδευτικό οργανισμό STEM, αρχικά ως μια δραστηριότητα 90 λεπτών για εκπαιδευτική επίσκεψη, και επεκτάθηκε τα τελευταία δύο καλοκαίρια (2023, 2024) για το καλοκαιρινό πρόγραμμα του Γυμνασίου. Στη μορφή που παρουσιάζεται εντάχθηκε στο πρόγραμμα σπουδών του Οργανισμού για μαθητές Γυμνασίου τη σχολική χρονιά 2024-25 και έχει διάρκεια τριών εργαστηρίων 90 λεπτών έκαστο, και παρακολούθησαν 8 μαθητές/τριες, όλοι με εμπειρία σε δραστηριότητες STEM. Παράλληλα, παρουσιάζεται η δυνατότητα χρήσης του σχολικού εξοπλισμού S2 για δημιουργία παρόμοιων δραστηριοτήτων μέσα στα σχολεία. Τα παιδιά είναι 3 κορίτσια και 5 αγόρια, 3 της Α' Γυμνασίου, 4 της Β' και 1 της Γ'. Η ηλικία και το φύλο φαίνεται ότι τελικά δεν έπαιξαν ρόλο, οπότε δεν θα αναλυθεί περαιτέρω.

Οι δραστηριότητες της σειράς εργαστηρίων είναι οι εξής:

1. Μέτρηση θερμοκρασίας πάγου με θερμόμετρο οινόπνευματος, παρακολούθηση και καταγραφή της θερμοκρασίας ενώ το νερό ζεσταίνεται
2. Εισαγωγή στους μικροελεγκτές: μέτρηση θερμοκρασίας αέρα με τον ενσωματωμένο αισθητήρα θερμοκρασίας στο BBC micro:bit, παρακολούθηση ζωντανής καταγραφής δεδομένων, αποθήκευση δεδομένων και μελέτη γραφικής παράστασης
3. Χρήση ηλεκτρονικών στοιχείων: μέτρηση θερμοκρασίας με εξωτερικό αισθητήρα (DS18B20), σύνδεση BBC micro:bit με breadboard, μέτρηση θερμοκρασίας πάγου καθώς ζεσταίνεται, παρακολούθηση ζωντανής καταγραφής δεδομένων, αποθήκευση δεδομένων και μελέτη γραφικής παράστασης.
4. Δημιουργία αυτοματισμού, με κινητήρα ως ενεργοποιητή και χρήση δομικών στοιχείων για κατασκευή ανεμιστήρα: όταν η θερμοκρασία αέρα ξεπερνάει μια καθορισμένη τιμή, ενεργοποιείται ο ανεμιστήρας.
5. Δημιουργία IOT συστήματος: μετάδοση δεδομένων θερμοκρασίας.

Οι δραστηριότητες 1 και 2 εντάσσονται στο πρώτο εργαστήριο, οι 3 και 4 στο δεύτερο και η 5η στο τρίτο. Οι μαθητές/τριες καθοδηγούνται από τον/την εκπαιδευτικό και συμπληρώνουν φύλλο εργασίας. Εργάζονται σε ομάδες των τριών ατόμων και η διαδικασία είναι διερευνητική 2^{ου} επιπέδου στην αρχή και γίνεται 3^{ου} επιπέδου στο τέλος. Οι μαθητές/τριες είναι ελεύθεροι να σχεδιάσουν τον ανεμιστήρα, καθώς τους δίνονται μόνο τα διαθέσιμα υλικά χωρίς οδηγίες.

Σκοπός των δραστηριοτήτων είναι η εξοικείωση των μαθητών/τριών με τη χρήση της τεχνολογίας με ταυτόχρονη κατανόηση εννοιών των φυσικών επιστημών, εμπλεκόμενοι σε δραστηριότητες STEM. Στόχοι των δραστηριοτήτων είναι οι μαθητές/τριες να ορίζουν και να μετράνε αποτελεσματικά τη θερμοκρασία, να χειρίζονται τα τεχνολογικά μέσα και να δημιουργούν απλούς αυτοματισμούς. Επιπλέον, στοχεύουν να ενθαρρύνουν τους μαθητές να διεξάγουν μετρήσεις, να δημιουργούν διαγράμματα από τα δεδομένα και να εξάγουν συμπεράσματα από αυτά.

Τα ερευνητικά ερωτήματα στα πλαίσια της παρούσας δραστηριότητας αφορούν στο αν οι μαθητές/τριες είναι ικανοί να διεξάγουν μετρήσεις, να επεξεργάζονται και να ερμηνεύουν δεδομένα, ορίζοντας σωστά τη θερμοκρασία χωρίς να τη συγχέουν με τη θερμότητα.

Η σειρά εργαστηρίων σχετίζεται με τα νέα αναλυτικά προγράμματα της Φυσικής Α' Γυμνασίου και της Τεχνολογίας Β' και Γ' Γυμνασίου, αλλά και την Πληροφορική Γυμνασίου στα τμήματα που αφορούν τον προγραμματισμό. Στο σχολείο θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε από τα τρία μαθήματα, στο Εργαστήριο Δεξιοτήτων είτε σε αντίστοιχο όμιλο απογευματινών δραστηριοτήτων. Να τονιστεί ότι οι αρχές λειτουργίες των μικροελεγκτών δεν αποτελούν αντικείμενο διδασκαλίας σε αυτό το επίπεδο, παρά οι μαθητές/τριες εξασκούνται στην αποτελεσματική χρήση τους.

Παρουσίαση εργαστηρίων – Αποτελέσματα

Στο πρώτο εργαστήριο, οι μαθητές/τριες, εργαζόμενοι σε τρεις ομάδες, μέτρησαν τη θερμοκρασία του ζεστού και του κρύου νερού με θερμόμετρο οινόπνευματος, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1, όπου δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στη σωστή ανάγνωση της μέτρησης.

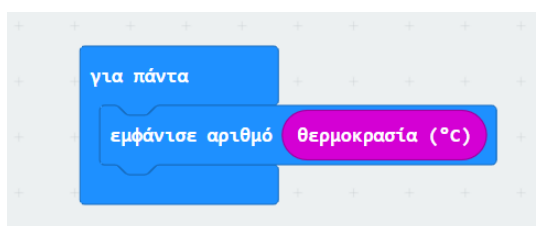
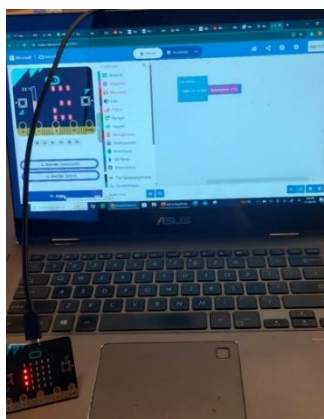
Εικόνα 1. Μέτρηση θερμοκρασίας με θερμόμετρο οινόπνευματος



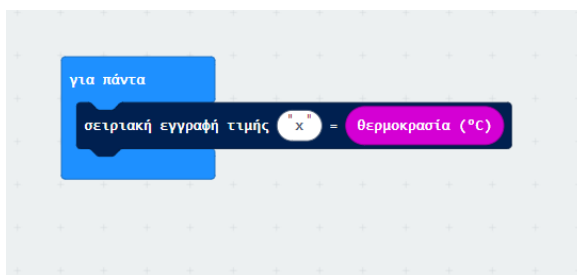
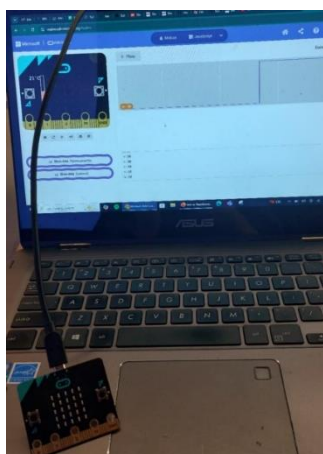
Στη συνέχεια, οι μαθητές/τριες συμπλήρωσαν ανάλογο πίνακα και γραφική παράσταση με αυτά που υπάρχουν στο σχολικό βιβλίο της Α' Γυμνασίου (Καλκάνης κá, 2013, σελ. 20-21). Όλοι οι μαθητές/τριες το είχαν διδαχθεί στο σχολείο τους, την ίδια ή προηγούμενες χρονιές, οι μισοί χωρίς να διενεργήσουν οι ίδιοι τα πειράματα. Η συμπλήρωση του πίνακα και της γραφικής παράστασης έγινε χωρίς ιδιαίτερες δυσκολίες.

Αμέσως μετά, χρησιμοποίησαν τον μικροελεγκτή BBC micro:bit και στον αισθητήρα θερμοκρασίας που περιέχει η πλακέτα. Την προγραμματίσαν κατάλληλα, ώστε μία φορά να δείχνει την ένδειξη της θερμοκρασίας στην οθόνη LED της πλακέτας (Εικόνα 2), και την επόμενη να δημιουργεί ζωντανά τη γραφική παράσταση, αποθηκεύοντας τα δεδομένα (Εικόνα 3).

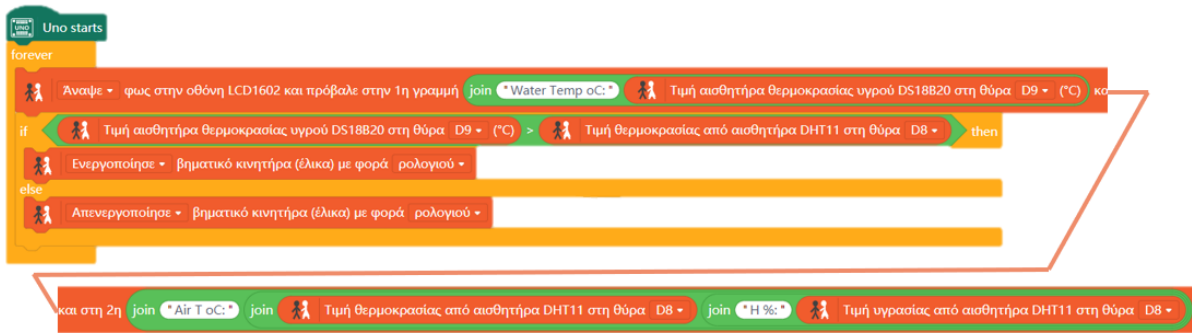
Εικόνα 2. Μέτρηση της θερμοκρασίας με ένδειξη της μέτρησης στην οθόνη LED



Εικόνα 3. Μέτρηση της θερμοκρασίας με ζωντανή δημιουργία γραφικής παράστασης

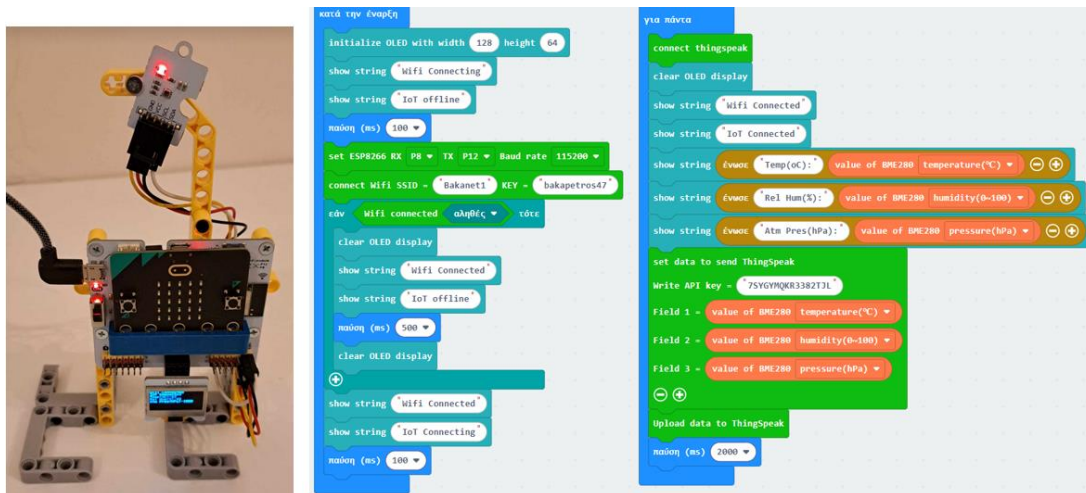


Εικόνα 6. Κώδικας



Επιστρέφοντας στη βασική ροή της σειράς εργαστηρίων, στο τρίτο εργαστήριο, οι μαθητές/τριες χρησιμοποίησαν το BBC micro:bit με ανάλογο σεν IOT (βλ. [εδώ](#)), ώστε να μετρήσουν θερμοκρασία αέρα, υγρασία και ατμοσφαιρική πίεση, και να ανεβάσουν τα δεδομένα στο δίκτυο, στο thingspeak. Η κατασκευή και ο προγραμματισμός φαίνονται στην Εικόνα 7. Αντίστοιχα, στην Εικόνα 8 φαίνεται η παρουσίαση των δεδομένων στο περιβάλλον του, η οποία υπάρχει στη διεύθυνση <https://thingspeak.mathworks.com/channels/2794587>

Εικόνα 7. Κατασκευή και προγραμματισμός συστήματος IOT



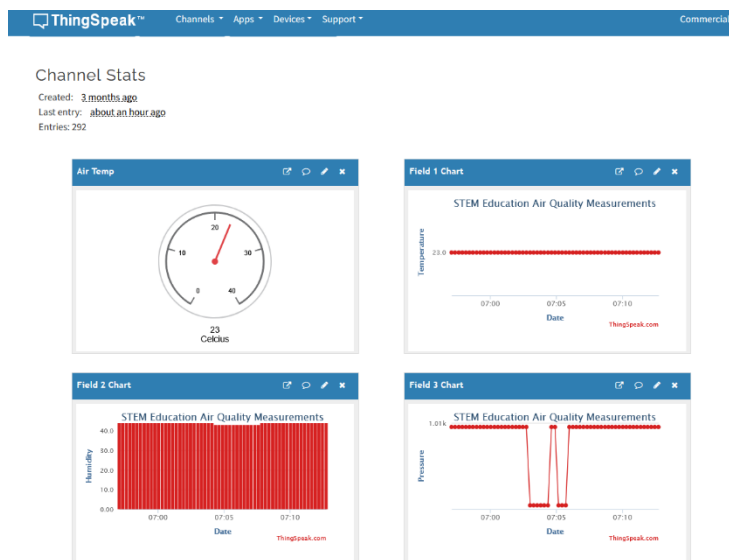
Συζήτηση

Κατά τη διάρκεια των τριών εργαστηρίων τα παιδιά εργάστηκαν σε σταθερές ομάδες. Για το πρώτο εργαστήριο, η αρχική υποτίμηση της μέτρησης της θερμοκρασίας με παραδοσιακό θερμόμετρο, δεν τους επέτρεψε αρχικά να επιτύχουν σωστές μετρήσεις. Η συζήτηση αποκάλυψε επιπλέον σύγχυση μεταξύ θερμότητας και θερμοκρασίας, η οποία διευκρινίστηκε και στο τέλος ξεπεράστηκε.

Για τη συνέχεια, όλοι οι μαθητές/τριες είχαν χρησιμοποιήσει ξανά το micro:bit σε προηγούμενη δραστηριότητα, οπότε δεν δυσκολεύτηκαν ούτε στη συγγραφή του κώδικα ούτε στην κατανόηση των μετρήσεων. Το κομμάτι που χρειάστηκε να εξηγήσουμε περαιτέρω ήταν οι διαφορετικές επιλογές για τη σειριακή καταγραφή τιμής. Κατανόησαν τη δημιουργία διαγραμμάτων σε πραγματικό χρόνο, αλλά αντιμετώπισαν δυσκολίες στην ανάλυση δεδομένων, με τους μισούς να χρησιμοποιούν υπολογιστικά φύλλα για πρώτη φορά. Το μάθημα έκλεισε με την αναγνώριση από τους μαθητές/τριες της αδυναμίας με τη διάταξη

όπως τη δείξαμε έως τώρα μέτρησης της θερμοκρασίας του νερού. Οι μαθητές/τριες, συζητώντας, συμφώνησαν ότι πρέπει να προστεθεί «κάτι» που να αδιαβροχοποιεί τη διάταξη. Τους ενημερώσαμε ότι αυτό θα αποτελέσει τη δραστηριότητα του επόμενου εργαστηρίου.

Εικόνα 8. Παρουσίαση δεδομένων στο περιβάλλον του thingspeak



Η σύνθετη σύνδεση στο breadboard ήταν νέα για όλους εκτός από έναν. Παρά το αρχικό άγχος για την ορθή τοποθέτηση των καλωδίων, με καθοδήγηση ολοκλήρωσαν τις συνδέσεις μόνοι τους, ενθουσιασμένοι από το αποτέλεσμα. Όλοι οι μαθητές/τριες κατόρθωσαν να κάνουν επιτυχείς μετρήσεις και να επεξεργαστούν στατιστικά τα αποτελέσματα.

Η κατασκευή ανεμιστήρων με το σετ Nezhа αποτέλεσε πρόκληση που ξεπέρασαν εύκολα λόγω προηγούμενης εμπειρίας. Δημιούργησαν μόνοι τους τρεις ανεμιστήρες, τοποθετώντας κατάλληλα τους κινητήρες και διαφορετικούς αισθητήρες: Συγκεκριμένα, μία ομάδα χρησιμοποίησε αισθητήρα απόστασης για να ρυθμίζει την ταχύτητα του ανεμιστήρα, η δεύτερη ποτενσιόμετρο και η τρίτη τον αισθητήρα φωτός από το micro:bit. Σε περίπτωση που κάποια ομάδα αντιμετώπιζε δυσκολία κατασκευής ενός ανεμιστήρα, είχαμε έτοιμες καθοδηγητικές σημειώσεις. Στην εφαρμογή με το S2, η εξοικείωση με τους αισθητήρες και ο τρόπος σύνδεσης ήταν η μεγαλύτερη πρόκληση. Οι μαθητές/τριες παρακολούθησαν με προσοχή και στη συνέχεια μπόρεσαν να ολοκληρώσουν τη δραστηριότητα. Από αυτό φαίνεται οι μαθητές/τριες αναπτύσσουν μεταγνωστικές ικανότητες και μπορούν εύκολα να μεταβούν από το ένα σετ στο άλλο, έχοντας κατανοήσει τις βασικές αρχές λειτουργίας των αισθητήρων και προγραμματισμού τους. Να σημειωθεί ότι από τους 8 μαθητές/τριες, οι 6 φοιτούν σε δημόσιο σχολείο, αλλά μόνο οι τρεις τα είχαν χρησιμοποιήσει ξανά.

Τέλος, οι μισοί μαθητές/τριες γνώρισαν για πρώτη φορά τα IoT συστήματα. Η δραστηριότητα πραγματοποιήθηκε σε δύο ομάδες, καθώς υπήρχαν διαθέσιμα δύο σετ IOT. Οι μαθητές/τριες εντυπωσιάστηκαν με τις δυνατότητες του συστήματος, αλλά και με την ευκολία που μπορεί να οργανωθεί ένα τέτοιο σύστημα. Έχοντας ακούσει πολλά για ανάλογα συστήματα, έφυγαν από το μάθημα ικανοποιημένοι, ότι θα μπορούσαν και αυτοί να δημιουργήσουν τα δικά τους συστήματα, που θα μεταφέρονται δεδομένα από τη μία συσκευή στην άλλη.

Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω, διαπιστώνεται ότι οι μαθητές/τριες ενεργοποιήθηκαν και εκτέλεσαν τις δραστηριότητες με ενδιαφέρον και αφοσίωση. Η σχεδιασμένη σταδιακή κλιμάκωση της

δυσκολίας δεν προκάλεσε άγχος, επιτρέποντάς τους να ανταποκριθούν αποτελεσματικά στις απαιτήσεις. Η κατασκευή του ανεμιστήρα ενίσχυσε τη δημιουργικότητά τους, ενώ η ενασχόληση με αυτοματισμούς και έξυπνα συστήματα προώθησε τον επιστημονικό γραμματισμό. Ταυτόχρονα, βλέπουμε πώς μπορεί να αξιοποιηθεί ο εξοπλισμός του υπουργείου, με μόνη δυσκολία την αρχική σύνδεση. Στη συνέχεια, μαθητές/τριες που έχουν εξοικείωση με ρομποτικά συστήματα (που με την πάροδο των χρόνων θα είναι ολοένα και περισσότεροι) θα μπορούν να αναλαμβάνουν ηγετικό ρόλο στις σχολικές ομάδες και να καθοδηγούν τους συμμαθητές τους.

Η θετική ανταπόκριση των μαθητών/τριών, σε συνδυασμό με τη διαθεσιμότητα των σετ ρομποτικής που έχουν παραδοθεί στα σχολεία, υποδηλώνει ότι παρόμοιες δραστηριότητες, όπως αυτές που περιγράφονται στην παρούσα εργασία, θα αποτελέσουν σημαντικό μέρος των μελλοντικών διερευνητικών δραστηριοτήτων στη σχολική εκπαίδευση, είτε για την ενίσχυση μαθήματος, είτε για τη δημιουργία ολοκληρωμένων project.

Βιβλιογραφία

- Αποστολάκης, Ε. Παναγοπούλου, Ε. Σάββας, Σ. Τσαγλιώτης, Ν. Πανταζής, Γ. Σωτηρίου, Σ. Τόλιας, Β. Τσαγκογέωργα, Α. Καλκάνης, Γ. (2006), σελ. 44-51. ISBN 978-960-06-2644-5
- Καλκάνης, Γ. Γκικοπούλου, Ο. Καπότης, Ε. Γουσόπουλος, Δ. Δημητριάδης, Π. Παπασιμπα, Α. Μιτζήθρας, Κ. Καπόγιαννης, Α. Σωτηρόπουλος, Δ. Πολίτης Σ. (2013). Η Φυσική με πειράματα, Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, σελ. 19-22. ISBN 978-960-06-4416-6
- Castaño, F. A., López, E. Jaramillo, J. A., Navarro V., & Osorio, J. (2024). Deploying an IoT-based remote physics lab platform to enhance experimental physics education in remote regions, *Physics Education*, 59(6), 065017. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ad7a47>
- Chatzopoulos, A., Kalogiannakis, M., Papadakis, S., & Papoutsidakis, M. (2022). A novel, modular robot for educational robotics developed using action research evaluated on technology acceptance model. *Education Sciences*, 12(4), 274. <https://doi.org/10.3390/educsci12040274>
- Nieh, H. M. & Chen, H. Y. (2023). An Arduino-based experimental set up for teaching light color mixing, light intensity detection, and ambient temperature sensing, *The Physics Teacher*, 61(2), 133-137. <https://doi.org/10.1119/5.0066060>
- Ongley, L. Kern, C. Woods, B. (2008). A Non-Mercury Thermometer Alternative for Use in Older Melting Point Apparatuses, *Journal of Chemical Education*, 85(9), 1263. <https://doi.org/10.1021/ed085p1263>
- Prasitpong, S., Phayphung, W., & Rakkapao, S., (2022). Investigate the physics of instant noodles in a hot cup using Arduino temperature sensors. *Physics Education*, 58(2), 025005. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aca863>
- Teiermayer, A. (2019) Improving students' skills in physics and computer science using BBC Micro:bit, *Physics Education*, 54(6), 065021 <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab4561>
- Wahyuni A., Pratiwi, N., Farhan A., Mahzum, E., & Herliana, F. (2021). The application of BBC micro:bit for automatic door controller, *AIP Conference Proceedings* 2320(1), 050012. <https://doi.org/10.1063/5.0037633>