ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2018)

11ο Πανελλήνιο και Διεθνές Συνέδριο «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»

Συγχρονική λήψη, απεικόνιση και ασύρματη μετάδοση θερμομετρήσεων στο Εργαστήριο Φ.Ε. με Arduino

Αναστάσιος Πάλλας, Χαρίτων Πολάτογλου

Βιβλιογραφική αναφορά:

Πάλλας Α., & Πολάτογλου Χ. (2022). Συγχρονική λήψη, απεικόνιση και ασύρματη μετάδοση θερμομετρήσεων στο Εργαστήριο Φ.Ε. με Arduino. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 225–232. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/4205

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 06/12/2025 01:56:45

Συγχρονική λήψη, απεικόνιση και ασύρματη μετάδοση θερμομετρήσεων στο Εργαστήριο Φ.Ε. με Arduino

Αναστάσιος Πάλλας[1], Χαρίτων Πολάτογλου[2]
paltasos@gmail.com, hariton@auth.gr
[1]Διδάκτωρ Φυσικών Επιστημών, Διευθυντής 3ου Γυμνασίου Χαριλάου
[2]Καθηγητής Τμήματος Φυσικής Α.Π.Θ.

Περίληψη

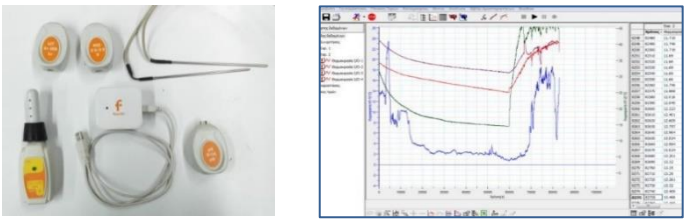
Η εργασία περιγράφει την καινοτόμο πρόταση για χρήση του μικροελεγκτή Arduino και των αισθητήρων του στις σχολικές αίθουσες ως ένα πολυεργαλείο συλλογής, επεξεργασίας και απεικόνισης δεδομένων του φυσικού κόσμου. Στο πλαίσιο αυτό παρουσιάζεται μια πρωτότυπη κατασκευή θερμομέτρησης με δυο ψηφιακούς αισθητήρες θερμοκρασίας DS18B20 και τον Arduino Uno. Η συσκευή είναι ικανή να χρησιμοποιηθεί για την λήψη, επεξεργασία και ασύρματη αποστολή των δεδομένων από ένα πλήθος θερμικών φαινομένων που εξετάζονται στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και όχι μόνο. Ταυτόχρονα, παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα της παιδαγωγικής της αξιοποίησης στην μελέτη της θερμικής ισορροπίας, μια υποχρεωτική εργαστηριακή άσκηση της Α΄ Γυμνασίου. Στόχος της εργασίας είναι να περιγράψει και να αναδείξει την δυνατότητα κατασκευής εργαλείων χαμηλού κόστους, αλλά υψηλής εκπαιδευτικής αξίας εποπτικών μέσων και οργάνων μετρήσεων που θα αντικαταστήσουν δύσχρηστα, ή υψηλού κόστους εργαστηριακές και άλλες μετρητικές διατάξεις.

Λέξεις κλειδιά: Arduino, Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Θερμομέτρηση

Εισαγωγή

Κεντρικό άξονα της εκπαιδευτικής πολιτικής στις μέρες μας, αποτελούν εκείνοι οι διδακτικοί στόχοι που θέτουν τον μαθητή σε ρόλο «μικρού ερευνητή». Μια τέτοια φιλοσοφία ασπάζονται οι φορείς κατάρτισης και εκπαίδευσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης οι οποίοι δίνουν έμφαση στη χρήση διδακτικών τεχνικών με βάση την έρευνα και την επίλυση προβλημάτων, θεωρώντας ότι οι ικανότητες και οι συνήθειες που αποκτώνται στο σχολείο έχουν ουσιαστική σημασία για την ανάπτυξη νέων δεξιοτήτων για νέες θέσεις εργασίας στα επόμενα στάδια της ζωής (Μακρυγιάννης, 2012; Νέο Σχολείο, 2010; OECD, 2013).

Όμως παρά την ανάγκη για συστηματική έρευνα και πειραματισμό στο χώρο των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας, από τη μεριά των μαθητών, αυτό δεν φαίνεται να υποστηρίζεται στην πράξη στον ελλαδικό χώρο. Στο Γυμνάσιο δεν προβλέπεται τυποποιημένο και οργανωμένο Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, ενώ για τα Εργαστήρια του Λυκείου ο εξοπλισμός, το λογισμικό και οι αισθητήρες φαίνεται να παρουσιάζουν ένα προβληματικό πλαίσιο χρήσης. Ο εξοπλισμός του Multilog Data Logger της εταιρείας Fourier, με τον οποίο είναι εφοδιασμένα και οι αισθητήρες που τον συνοδεύουν (σχήμα 1), είναι οικονομικά ασύμφοροι και τεχνολογικά δεσμευτικοί για τους εκπαιδευτικούς που το χρησιμοποιούν. Το πλήθος των αισθητήρων είναι περιορισμένο και δεν δίνεται η δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς, αλλά και στους μαθητές, να δημιουργήσουν νέους ή να χρησιμοποιήσουν άλλους, διαφορετικής τεχνολογίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο τεχνολογικός εξοπλισμός να μην αξιοποιείται σε πειραματικές και ερευνητικές δραστηριότητες. Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων προτείνεται η χρήση του μικροελεγκτή Arduino και των αισθητήρων που συνδέονται με αυτόν (Banzi, 2011).



Σχήμα 1. Το σύστημα Multilog USB link με διάφορους αισθητήρες (αριστερά) και γραφήματα με το λογισμικό του (δεξιά).

Όμως, αν και οι εφαρμογές που ενσωματώνουν τον Arduino πληθαίνουν ραγδαία, οι περισσότερες απ' αυτές ανήκουν στον χώρο της Ρομποτικής και Αυτοματισμού, της Πληροφορικής και των Ηλεκτρονικών. Παρά δηλαδή τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η τεχνολογία του Arduino, οι βιβλιογραφικές αναφορές για τη χρήση του στο Εργαστήριο των Φυσικών Επιστημών της Β/θμιας Εκπαίδευσης είναι μάλλον περιορισμένες τόσο στον ελλαδικό (Artemi et.al., 2013; Νούσης και Νούση, 2013; Πάλλας και Ορφανάκης 2015; 2016; Δίντσιος κ.α., 2017), όσο και στο διεθνή χώρο (Galeriu et.al., 2014; Huang, 2015; Kubínová & Šlégr, 2015; Bouquet & Bobroff, 2017; McCaughey 2017; Llamas et.al., 2018). Οι λόγοι που δεν έχει γενικευτεί ακόμη η χρήση του Arduino στο Εργαστήριο των Φυσικών Επιστημών είναι αρκετοί. Το μη ευέλικτο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών, αλλά και οι συνδυαστικές γνώσεις Φυσικών Επιστημών, Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών που απαιτούνται από έναν εκπαιδευτικό για να αξιοποιήσει την τεχνολογία και τις δυνατότητες του Arduino, φαίνονται να είναι δυο από τους σημαντικότερους. Ταυτόχρονα είναι εμφανής η έλλειψη αρκετών εμπειρικών ερευνών που να αποτιμούν την παιδαγωγική ωφέλεια της χρήσης συστημάτων με βάση τον Arduino στις σχολικές αίθουσες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Wong et.al., 2014; Τσιαστούδης & Πολάτογλου 2017; Κουντουριώτης 2018).

Στις επόμενες ενότητες θα παρουσιαστεί μια πρωτότυπη χαμηλού κόστους κατασκευή θερμομέτρησης με βάση τον Arduino και δυο αδιάβροχους ψηφιακούς αισθητήρες θερμοκρασίας DS18B20, η οποία μπορεί να συνδεθεί με ένα χαμηλού κόστους ασύρματο πομποδέκτη με τον Η/Υ. Με τον τρόπο αυτό θα αναδειχθούν οι δυνατότητες του Arduino ως ένα χαμηλού κόστους σύστημα συγχρονικής λήψης και απεικόνισης με υψηλές όμως προδιαγραφές, κατάλληλο για το Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών. Τέλος, θα παρουσιαστούν συνοπτικά και τα αποτελέσματα της πιλοτικής έρευνας από την εφαρμογή της συσκευής θερμομέτρησης σε μια εργαστηριακή άσκηση Φυσικής της Α' Γυμνασίου.

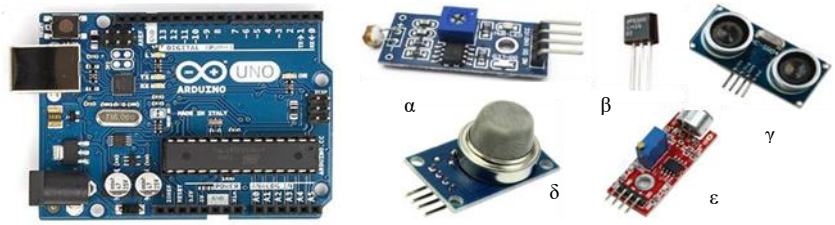
Ο μικροελεγκτής Arduino Uno και οι αισθητήρες του

Ο Arduino Uno αποτελεί μια υπολογιστική πλατφόρμα βασιζόμενη σε μια μητρική πλακέτα ανοικτού κώδικα, που περιέχει έναν προγραμματιζόμενο μικροελεγκτή (MCU) και εισόδους/εξόδους (Ι/Ο) για την επικοινωνία με το φυσικό κόσμο.

Αισθητήρας είναι συσκευή ή μία διάταξη από συσκευές η οποία χρησιμοποιείται για την ανίχνευση ενός μακροσκοπικού φυσικού μεγέθους και το μετατρέπει σε ηλεκτρικά μετρήσιμο, συγκεκριμένων χαρακτηριστικών, το οποίο ύστερα από επεξεργασία παίρνει τη μορφή τυποποιημένου σήματος (Fraden, 2004). Οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται σε πολλές περιπτώσεις απλά για την συλλογή δεδομένων (αισθητήρες συλλογής πληροφοριών. Σε άλλες περιπτώσεις (που είναι και οι περισσότερες) το σήμα του αισθητήρα τροφοδοτεί έναν ελεγκτή σε ένα σύστημα ελέγχου, ο οποίος με τη σειρά του παράγει μία έξοδο, η τιμή της οποίας ρυθμίζεται από την τιμή του αισθητήρα. Η διαφορά των αισθητήρων που

συλλέγουν πληροφορία από αυτούς που ελέγχουν συστήματα είναι στον τρόπο αξιοποίησης αυτής της πληροφορίας. Η πρώτη περίπτωση ενδιαφέρει κυρίως τους εκπαιδευτικούς των Φυσικών Επιστημών, η δεύτερη αυτούς που ασχολούνται με τη ρομποτική και τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου.

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται από τον Arduino, είναι κατά κανόνα οικονομικά πολύ προσιτοί και αξιόπιστοι, με μικρή κατανάλωση ρεύματος και μικροί σε μέγεθος. Λόγω της πληθώρας των αισθητήρων που κυκλοφορούν στην αγορά, μπορούμε εύκολα να τους αναζητήσουμε στο διαδίκτυο και σε διάφορες κοινότητες που ασχολούνται με το Arduino, ενώ ταυτόχρονα υπάρχει αφθονία βιβλιοθηκών για υποστήριξη (σχήμα 2).



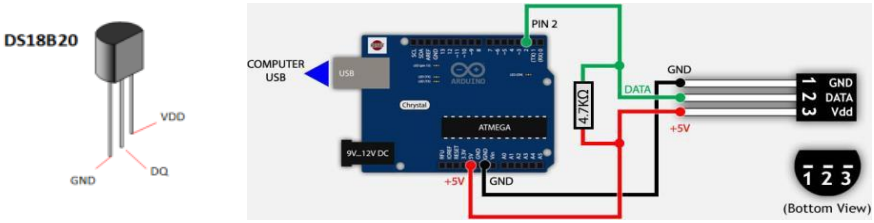
Σχήμα 2. Ο Arduino και διάφοροι αναλογικοί και ψηφιακοί αισθητήρες: α) φωτός, β) θερμοκρασίας (αναλογικός), γ) υπερήχων ή απόστασης (ψηφιακός) δ) αερίων και ε) ήχου.

Οι αναλογικοί αισθητήρες είναι αισθητήρες που συνδέονται στις αναλογικές εισόδους του Arduino για την μέτρηση αναλογικών φυσικών μεγεθών όπως είναι η θερμοκρασία, η πίεση, η ένταση ήχου, η φωτεινότητα κ.λπ. Για τη μέτρηση των αναλογικών φυσικών μεγεθών όμως μπορεί να χρησιμοποιηθούν και ψηφιακοί αισθητήρες. Ένας τέτοιος αισθητήρας είναι ο ψηφιακός αισθητήρας μέτρησης της θερμοκρασίας ο DS18B20.

Σύστημα θερμομέτρησης με τον ARDUINO

Η πρωτότυπη αυτή κατασκευή περιλαμβάνει τον μικροελεγκτή Arduino, δυο (2) ψηφιακούς αδιάβροχους αισθητήρες DS18B20, δυο ασύρματους πομποδέκτες RF στα 433 MHz, μια I2C οθόνη LCD και διάφορα μικροεξαρτήματα σύνδεσης των παραπάνω μεταξύ τους. Η όλη διάταξη ενσωματώθηκε σε μια παλιά πλαστική θήκη βιντεοταινίας.

Στοιχεία καινοτομίας υπάρχουν στη χρήση των αισθητήρων, στον τρόπο ασύρματης μετάδοσης και τέλος στον τρόπο απεικόνισης των δεδομένων.

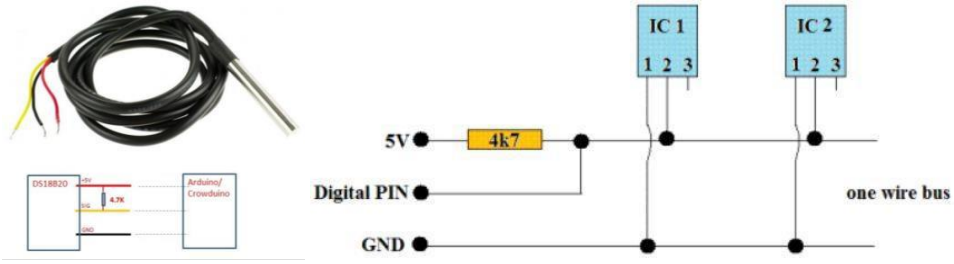


Σχήμα 3. Ο αισθητήρας DS18B20 και η συνδεσμολογία του με τον Arduino.

Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε ο αισθητήρας θερμοκρασίας DS18B20, ο οποίος υπάρχει σε δυο μορφές, σε μια τυπική και σε μια αδιάβροχη έκδοση, κατάλληλη για

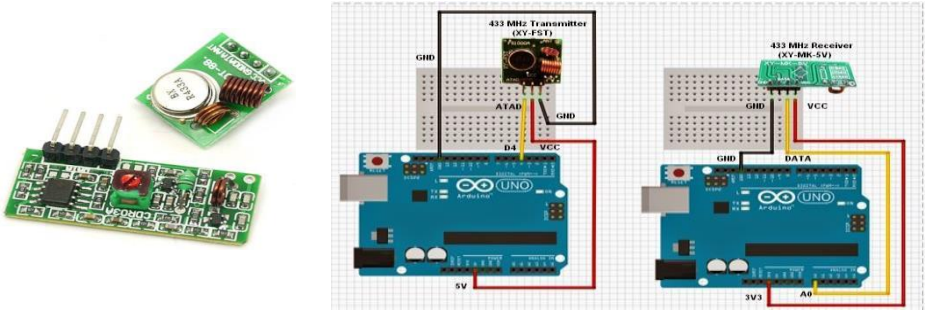
μετρήσεις θερμοκρασίας υγρών. Στο σχήμα 3 φαίνεται ο τυπικός αισθητήρας και ο τρόπος σύνδεσης του με τον Arduino.

Ο ίδιος τρόπος σύνδεσης χρησιμοποιήθηκε για τη σύνδεση δύο αδιάβροχων αισθητήρων DS18B20 με τον Arduino στην ίδια ψηφιακή γραμμή μεταφοράς δεδομένων. Αν και η τεχνική αυτή είναι γνωστή στη βιβλιογραφία, δεν συμβαίνει το ίδιο με την αυτόματη αναγνώριση των αισθητήρων. Χρειάστηκε να γραφεί ειδικός κώδικας που θα αναγνωρίζει τον μοναδικό δεκαεξαδικό αριθμό που έχουν όλοι οι ψηφιακοί αισθητήρες DS18B20 που είναι διαθέσιμοι στο εμπόριο (σχήμα 4).



Σχήμα 4: Ο αδιάβροχος αισθητήρας DS18B20 και ο τρόπος ταυτόχρονης σύνδεσης δυο η περισσοτέρων αισθητήρων χρησιμοποιώντας το ίδιο ψηφιακό pin εισόδου.

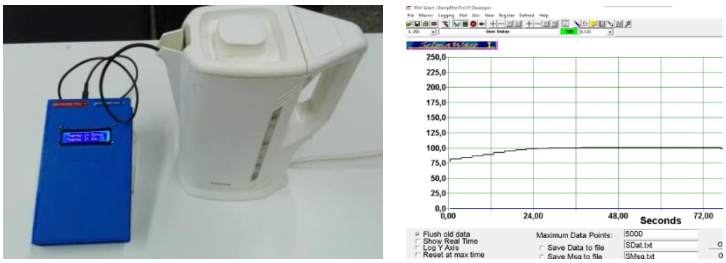
Μια άλλη καινοτομία ήταν η ταυτόχρονη ασύρματη μετάδοση των δεδομένων από τους δυο αισθητήρες. Χρησιμοποιήθηκε ένας χαμηλού κόστους πομποδέκτης στα 433 MHz, όπου



Σχήμα 5. Ο πομποδέκτης RF στα 433 MHz και η συνδεσμολογία του με τον Arduino

ο πομπός συνδέθηκε με τον Arduino της συσκευής και έκανε εκπομπή των τιμών των δυο αισθητήρων, ενώ ο δέκτης στον Arduino που ήταν συνδεδεμένος με τον Η/Υ για να κάνει λήψη των δεδομένων (σχήμα 5). Τέλος, για τον απαραίτητο διαχωρισμό των δύο σημάτων στον δέκτη χρησιμοποιήθηκε ειδική τεχνική.

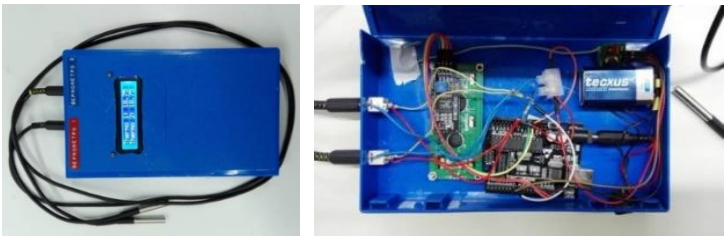
Για την απεικόνιση των δεδομένων των αισθητήρων από την πλευρά του ερευνητή και του εκπαιδευτικού των Φυσικών Επιστημών παρουσιάζουν ενδιαφέρον εκείνες οι περιπτώσεις που δεν απαιτούν ιδιαίτερες γνώσεις και προγραμματιστικές ικανότητες για την χρήση τους. Από αυτές, τέσσερεις (4) φαίνεται να είναι οι καταλληλότερες: α) η σειριακή παρουσίαση και η σχεδιαστική απεικόνιση των δεδομένων στην οθόνη του Arduino (οθόνη του Η/Υ), β) η απεικόνιση σε οθόνη LCD γ) η χρήση του λογισμικού EXCEL και δ) η χρήση δωρεάν λογισμικών plotting data. Χαρακτηριστικό παράδειγμα δωρεάν λογισμικού data



Σχήμα 6: Το φαινόμενο του βρασμού νερού με λογισμικό Data Plotting

plotting που συνεργάζεται με τον Arduino είναι το StampPlot Pro V3.8 (http://stampplot-pro.software.informer.com/3.9/). Αξιοποιώντας το συγκεκριμένο λογισμικό έγινε η απεικόνιση του φαινομένου του βρασμού και της σταθερής θερμοκρασίας που παρουσιάζει, όπως φαίνεται και στο σχήμα 6.

Στο σχήμα 7 φαίνεται το εξωτερικό και το εσωτερικό του συστήματος θερμομέτρησης που ενσωματώνει τον Arduino, τους αισθητήρες, τον ασύρματο πομπό, μπαταρία για την τροφοδοσία και διάφορα μικροεξαρτήματα σύνδεσης (π.χ. διακόπτης ON/OFF κ.λπ.). Ο ασύρματος δέκτης συνδέθηκε με έναν δεύτερο Arduino απευθείας στον Η/Υ.



Σχήμα 7: Το εξωτερικό και εσωτερικό μέρος της συσκευής

Παράδειγμα παιδαγωγικής αξιοποίησης του συστήματος θερμομέτρησης.

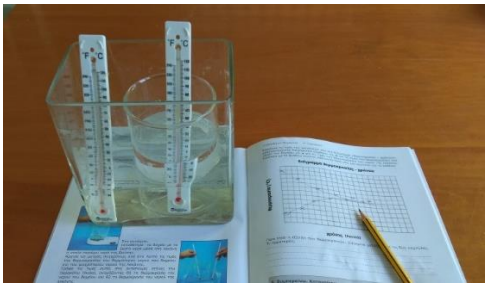
Στο πλαίσιο ενός προβληματισμού για την παιδαγωγική και διδακτική αξία χρήσης συστημάτων που αξιοποιούν τις ιδιότητες και χαρακτηριστικά του Arduino διεξήχθη μια πιλοτική έρευνα ανάμεσα στους μαθητές της Α΄ τάξης γυμνασίου για τη χρήση της συσκευής θερμομέτρησης με Arduino στη υποχρεωτική εργαστηριακή άσκηση που αφορά τη θερμική ισορροπία του νερού. Τα τρία (3) ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν ήταν τα εξής : Η συσκευή θερμομέτρησης με βάση τον Arduino α) συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση του φαινομένου; β) αυξάνει το ενδιαφέρον των μαθητών για το μάθημα της Φυσικής και γ) αυξάνει την περιέργεια και το ενδιαφέρον για την Τεχνολογία και την χρήση της στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών;

Μεθοδολογία έρευνας

Η πιλοτική έρευνα αφορούσε ένα δείγμα 81 μαθητών 4 τμημάτων της Α΄ τάξης Γυμνασίου ενός δημόσιου αστικού σχολείου. Οι μαθητές χωρίστηκαν σε 2 ομάδες, την ομάδα ελέγχου, αποτελούμενη από 41 μαθητές των δύο πρώτων τμημάτων και την πειραματική ομάδα αποτελούμενη από τους υπόλοιπους 40 μαθητές των άλλων δυο τμημάτων. Και οι δύο ομάδες

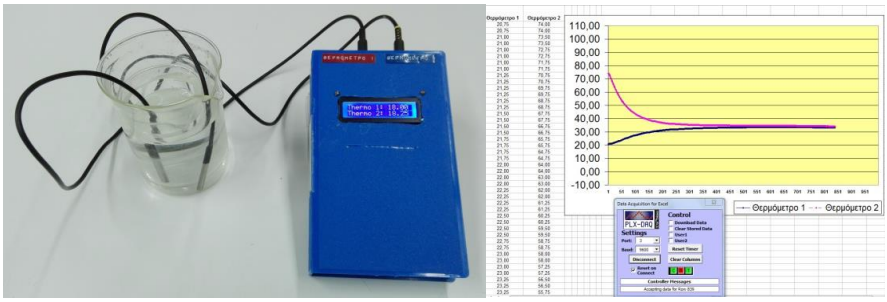
χωρίστηκαν σε υποομάδες των 4 ατόμων, εκτός από μια υποομάδα της ομάδας ελέγχου που είχε 5 άτομα στη σύνθεση της

Οι μαθητές της ομάδας ελέγχου εργάστηκαν για τη συμπλήρωση του φύλλου εργασίας του σχολικού βιβλίου, χρησιμοποιώντας κλασσικά θερμόμετρα οινοπνεύματος. Στο σχήμα 8 φαίνεται η πειραματική διάταξη με τα θερμόμετρα βυθισμένα στα δυο γυάλινα πυρίμαχα δοχεία που περιέχουν νερό διαφορετικής θερμοκρασίας και το διάγραμμα που κατασκεύασε μια υποομάδα της ομάδας ελέγχου χρησιμοποιώντας τις οδηγίες του φύλλου εργασίας (6ο φύλλο εργασίας του βιβλίου Φυσικής της Α΄ Γυμνασίου).



Σχήμα 8: Η κλασσική πειραματική διάταξη και το φύλλο εργασίας του σχολικού βιβλίου

Αντίθετα, όλοι οι μαθητές της πειραματικής ομάδας χρησιμοποίησαν μια από τις πέντε συσκευές θερμομέτρησης με Arduino, που κατασκευάστηκαν για τις ανάγκες της έρευνας (σχήμα 7). Κάθε συσκευή συνδέθηκε με Laptop, ώστε εκτός από τις ψηφιακές ενδείξεις της οθόνης LCD, να υπάρχει και διαγραμματική απεικόνιση των δεδομένων στην οθόνη του Laptop. Ταυτόχρονα, χρησιμοποίησαν ένα ελαφρώς διαφορετικό φύλλο εργασίας απ΄ αυτό που χρησιμοποίησε η ομάδα ελέγχου. Π.χ. το διαφοροποιημένο φύλλο εργασίας δεν προέβλεπε την κατασκευή διαγράμματος, αλλά μόνο την αποτύπωση του από την οθόνη του Laptop και τον σχολιασμό του. Στο σχήμα 9 παρουσιάζεται η πειραματική διάταξη με το σύστημα θερμομέτρησης Arduino και οι τιμές θερμοκρασίας δυο ποσοτήτων νερού που οδηγούνται σε θερμική ισορροπία. Για την απεικόνιση της εξέλιξης του φαινομένου στο λογισμικό EXCEL χρησιμοποιήθηκε ένα δωρεάν, μικρό και εύχρηστο πρόγραμμα, το PLX-DAQ που μπορεί κανείς να κατεβάσει από την ιστοσελίδα http://robottini.altervista.org/arduino-and-real-time-charts-in-excel. Παράλληλα, χρησιμοποιήθηκε και ένας πρόσθετος Arduino εφοδιασμένος με το ασύρματο σύστημα λήψης δεδομένων και συνδεδεμένος με τον κεντρικό



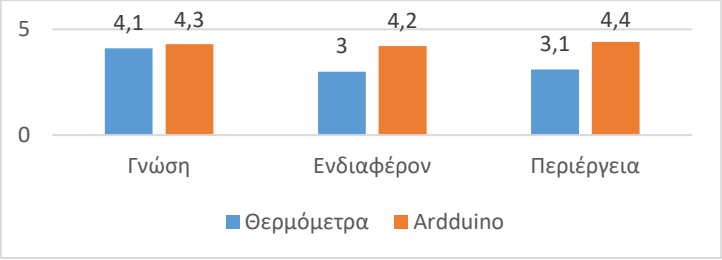
Σχήμα 9. Η πειραματική συσκευή θερμομέτρησης με Arduino (αριστερά) και η απεικόνιση της εξέλιξης της θερμικής ισορροπίας σε φύλλο EXCEL (δεξιά)

υπολογιστή του Εργαστηρίου, ώστε η διαγραμματική απεικόνιση των δεδομένων των ομάδων να είναι ορατή μέσω ενός προβολικού σε όλες τις ομάδες. Η επιλογή της ομάδας που τα δεδομένα της ήταν ορατά σε όλους τους μαθητές γινόταν από τον εκπαιδευτικό με βάση και τις οδηγίες του φύλλου εργασίας. Να σημειωθεί ότι τη διδασκαλία της εργαστηριακής άσκησης στα μέλη της πειραματικής και της ομάδας ελέγχου ανέλαβε ο ίδιος εκπαιδευτικός.

Για να δοθούν απαντήσεις στα ερευνητικά ερωτήματα οι μαθητές συμπλήρωσαν μετά την ολοκλήρωση της εργαστηριακής άσκησης ένα ερωτηματολόγιο που περιλάμβανε 18 ερωτήσεις. Οι 10 πρώτες ερωτήσεις αφορούσαν το γνωστικό περιεχόμενο του φαινομένου (π.χ. ποια χρονική στιγμή έρχονται τα δυο δοχεία σε θερμική ισορροπία;) και οι μαθητές έπαιρναν μισή μονάδα για κάθε σωστή απάντηση, με μέγιστη συνολική βαθμολογία το 5. Οι επόμενες 4 ερωτήσεις αφορούσαν το ενδιαφέρον για τη Φυσική (π.χ. πόσο άλλαξε το ενδιαφέρον σας για το μάθημα της Φυσικής;) και οι τελευταίες 4 ερωτήσεις για την Τεχνολογία και τη χρήση της στο εργαστήριο (π.χ. Βρίσκετε τη χρήση των θερμομέτρων ή του Arduino στο εργαστήριο ενδιαφέρουσα;). Για τη βαθμολογία των 8 αυτών ερωτήσεων χρησιμοποιήθηκε η 5βαθμη κλίμακα Likert (καθόλου, λίγο, αρκετά, πολύ, πάρα πολύ), ή ισοδύναμα μια βαθμολογία από το 1 μέχρι το 5 και η εξαγωγή του μέσου όρου από το σύνολο των δύο ομάδων των 4 ερωτήσεων.

Αποτελέσματα

Σύμφωνα με το σχήμα 10 όπου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου, οι μαθητές της πειραματικής ομάδας είχαν ελαφρώς καλύτερα αποτελέσματα στις ερωτήσεις γνωστικού περιεχομένου, ενώ οι μαθητές της έδειξαν σαφώς μεγαλύτερο ενδιαφέρον για τη Φυσική και περιέργεια για τη χρήση της Τεχνολογίας σε παρόμοιες εργαστηριακές ασκήσεις. Τέλος, η χρήση του συστήματος θερμομέτρησης με Arduino πιστώνεται θετικά τη μείωση του χρόνου ολοκλήρωσης της άσκησης. Η ομάδα ελέγχου χρειάστηκε 3 διδακτικές ώρες και η πειραματική ομάδα μόνο 2.



Σχήμα 10: Τα αποτελέσματα των απαντήσεων των δυο ομάδων

Συμπεράσματα - Συζήτηση

Στις προηγούμενες ενότητες παρουσιάστηκαν συνοπτικά οι δυνατότητες του Arduino και ως ένα χαμηλού κόστους, σύγχρονο σύστημα λήψης και απεικόνισης δεδομένων χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα την διάταξη δυο ψηφιακών θερμομέτρων, μια διάταξη που είναι απαραίτητη σε πολλές εργαστηριακές ασκήσεις στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Η μεγάλη ποικιλία αξιόπιστων και φθηνών αισθητήρων και εξαρτημάτων, όπως και η πλούσια βιβλιογραφία, αλλά και η εμπειρία που προσφέρουν τα εξειδικευμένα Forum στο διαδίκτυο, το καθιστούν ιδανικό για τη διεξαγωγή πειραματικών μετρήσεων και απαραίτητο εργαλείο σε ερευνητικές διαδικασίες στο χώρο των Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας. Εκτός όμως από το χαμηλό κόστος της κατασκευής του, η κατασκευή του μπορεί να γίνει στο σχολείο από

τους ίδιους τους μαθητές με τη βοήθεια των εκπαιδευτικών τους. Όπως έδειξε η πιλοτική έρευνα μικρής έκτασης ανάμεσα στους μαθητές της Α' Γυμνασίου η χρήση του έχει θετικές επιπτώσεις στη μαθησιακή διαδικασία. Ενόψει μάλιστα των επικείμενων αλλαγών στο χώρο της Εκπαίδευσης, ίσως να αποτελεί ιδανικό διδακτικό μέσο για τη διαθεματική διδακτική προσέγγιση μαθημάτων από τον χώρο των Φυσικών Επιστημών, Πληροφορικής, Μαθηματικών, Ηλεκτρονικής και Τεχνολογίας (STEM). Η χρήση του δηλαδή, φαίνεται να δημιουργεί ένα ευνοϊκό κλίμα για να μετατραπούν οι εκπαιδευτικοί, αλλά και οι μαθητές, σε συνδημιουργούς μιας Τεχνολογίας που αποτελεί μέσο και αυτοσκοπό ταυτόχρονα.

Αναφορές

Artemi, S., Dintsios, N., Polatoglou, H., & Maidou, A. (2013). Developing Remote Physics Experiments to Facilitate the Development of Competences of Secondary Schools Students. In 10th biannual *Conference of the European Science Education Research Association. In ESERA Conference.*

Banzi, M. (2011). *Getting Started with Arduino.* O'Reilly Media - 2nd edision.

Bouquet F., Bobroff J., Fuchs-Gallezot M., & Maurines L. (2017). Project-based physics labs using low-cost open-source hardware. *American Journal of Physics,* 85 (3), 216-222.

Fraden, J. (2004). *Third Edition of Handbook of Modern Sensors: physics, designs and applications*, Springer.

Galeriu, C., Edwards, S., & Esper, G. (2014). An Arduino Investigation of Simple Harmonic Motion. *The Physics Teacher*, Vol. 52, 157 - 159.

Huang, B. (2015). Open-source Hardware -- Microcontrollers and Physics Education - Integrating DIY Sensors and Data Acquisition with Arduino, *122nd ASEE Annual Conference & Exposition, Seattle.*

Kubínová Š., & Šlégr J. (2015). Physics demonstrations with the with the Arduino board. *Physics Education,* 50 (4), 472-474.

Llamas, S., Vegas, J., Gonzalez, M., & Gonzalez, M. (2018). Open-source sensors system for doing simple physics experiments. *Papers in Physics*, vol. 10, art. 100004, 1-4.

McCaughey, M. (2017). An Arduino-Based Magnetometer. *The Physics Teacher,* Vol. 55, 274-275.

Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) (2013). Education at a Glance – OECD Indicators. *Financial and Human Resources Invested In Education*, 210-220.

Wong, W., Chao, T., Chen, P., Lien, Y., & Wu, C. (2015). Pendulum experiments with three modern electronic devices and a modelling tool. *Journal of Computers in Education*, 2(1), 77–92.

Δίντσιος Ν., Αρτέμη Σ. & Πολάτογλου Χ. (2017). Επιμορφωτικό Εργαστήριο: Arduino και πειράματα Φυσικών Επιστημών από απόσταση. *Πρακτικά Εργασιών 5ου Πανελλήνιου Συνεδρίου με θέμα Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία* (σ. 1048-1053), ΑΣΠΑΙΤΕ.

Κουντουριώτης Γ. (2018). Χρήση του Arduino για τη λήψη μετρήσεων θερμοκρασίας. *5ο Πανελλήνιο Εκπαιδευτικό Συνέδριο Κεντρικής Μακεδονίας με θέμα Αξιοποίηση των Τ.Π.Ε. στη Διδακτική Πράξη - Τεχνολογίες, Τέχνες & Πολιτισμός στην Εκπαίδευση*, σ. 332-345.

Μακρυγιάννης, Π. (2012). *Τα προγράμματα σπουδών του Νέου Σχολείου: στόχοι, φιλοσοφία και ένταξη των ψηφιακών μέσων διδασκαλίας και μάθησης στις παιδαγωγικές πρακτικές*, Πάντειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα.

Νέο σχολείο (2010). *Πρώτα ο μαθητής.* Υπουργείο Παιδείας Δια Βίου Μάθησης και Θρησκευμάτων.

Νούσης, Β. και Νούση, Β. (2013). Ο Arduino στο Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών. *5ο Συνέδριο Η Πληροφορική στην Εκπαίδευση 9CIE2013)*, Πειραιάς. Τσιαστούδης Δ. & Πολάτογλου Χ. (2017) Το Arduino ως παιδαγωγικό εργαλείο για την εκπαίδευση STEM σε μαθητές με προβλήματα ακοής. *Πρακτικά Εργασιών 5ου Πανελλήνιου Συνεδρίου με θέμα Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία (*σ. 679-688), ΑΣΠΑΙΤΕ.

Πάλλας, Α. και Ορφανάκης, Σ. (2015). Μέτρηση των θερμοκηπικών αερίων με τη βοήθεια του Arduino, *1ο Πανελλήνιο Συνέδριο για την Προώθηση της Εκπαιδευτικής Καινοτομίας,* Τόμος ΙΙΙ, 8-24, Λάρισα.

Πάλλας, Α., & Ορφανάκης, Σ. (2016). Χρήση του Arduino στο Ε.Φ.Ε. Το παράδειγμα της θερμομέτρησης με τον αισθητήρα LM35. *4ο Πανελλήνιο Εκπαιδευτικό Συνέδριο Κεντρικής Μακεδονίας με θέμα Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών στη Διδακτική Πράξη*, Θεσσαλονίκη.

Τσιαστούδης, Δ., & Πολάτογλου Χ. (2017). Το Arduino ως παιδαγωγικό εργαλείο για την εκπαίδευση STEM σε μαθητές με προβλήματα ακοής. *Πρακτικά Εργασιών 5ου Πανελλήνιου Συνεδρίου με θέμα Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία* (σ. 679-688), ΑΣΠΑΙΤΕ.