

Ο Όμιλος Φυσικών Επιστημών και Ρομποτικής του 8^{ου} Γυμνασίου Κορυδαλλού

(Χώρος Δημιουργιών: Makerspace)

A. Επεξήγηση εμπλεκόμενων Εννοιών

Το Κίνημα των Δημιουργών

Η έννοια της «Δημιουργίας» (Making) αναφέρεται στην παραγωγή κάποιας καινοτομίας κατά την οποία οι άνθρωποι συναρμολογούν, αποσυναρμολογούν ή και συνδυάζουν απτά «τεχνουργήματα» (artifacts) ^[4-8]. Αποτελεί θεμελιώδη διαδικασία της ανθρώπινης δραστηριότητας και για αυτό οι άνθρωποι υλοποιούν τεχνουργήματα, με σκοπό τη βελτίωση της καθημερινής τους ζωής, καθ' όλη τη διάρκεια της ιστορίας του ανθρώπινου είδους, αξιοποιώντας παραδοσιακές τέχνες όπως η ραπτική, η ξυλουργική, η μεταλλουργία, αλλά και νεότερες όπως η ηλεκτρονική τεχνολογία ^[9, 10].

Τα τελευταία όμως χρόνια, η έμφυτη τάση των ανθρώπων να δημιουργούν έχει πάρει νέα ώθηση λόγω δύο βασικών καινοτομιών ^[11], την ψηφιακή επανάσταση, κυρίως μέσα από την εξάπλωση των «ανοιχτών τεχνολογιών», που επιτρέπει την εύκολη ανάπτυξη απτών τεχνουργημάτων και επίσης την ψηφιακή επανάσταση του διαδικτύου που επιτρέπει στους ανθρώπους να επικοινωνούν και να διαμοιράζονται σκέψεις, ιδέες και διαδικασίες κατασκευής τεχνουργημάτων. Οι καινοτομίες αυτές έχουν αυξήσει κατακόρυφα τον αριθμό των ανθρώπων που μεταβάλλονται από απλούς καταναλωτές των νέων τεχνολογιών σε «Δημιουργούς» (Makers) ^[12]. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιείται πλέον ο όρος «Κίνημα των Δημιουργών» (Maker Movement) για να περιγράψει την αναπτυσσόμενη κοινότητα των ανθρώπων που επινοούν και κατασκευάζουν καινοτόμα απτά τεχνουργήματα, με σκοπό τη διασκέδαση κατά τη διαδικασία της ανάπτυξής τους, την αξιοποίησή τους σε καθημερινές εφαρμογές και την παρουσίασή τους σε φυσικές ή ψηφιακές εκδηλώσεις ^[11, 13, 14].

Βασικό στοιχείο του κινήματος είναι η επικοινωνία με το κοινό και άλλους Δημιουργούς σε «Εκδηλώσεις Δημιουργών» (Maker Faires) με σκοπό την παρουσίαση των έργων τους, της πορείας υλοποίησης και των μελλοντικών τους σχεδίων. Διεθνώς διοργανώνονται κατάλληλες εκδηλώσεις όπου οι Δημιουργοί μπορούν να παρουσιάσουν τα έργα τους ^[15]. Στην Ελλάδα αξιοσημείωτες εκδηλώσεις που μπορούν να αποτελέσουν κατάλληλο πεδίο για την παρουσίαση των έργων των Δημιουργών είναι το «Athens Science Festival» και η «Βραδιά του Ερευνητή» ^[16].

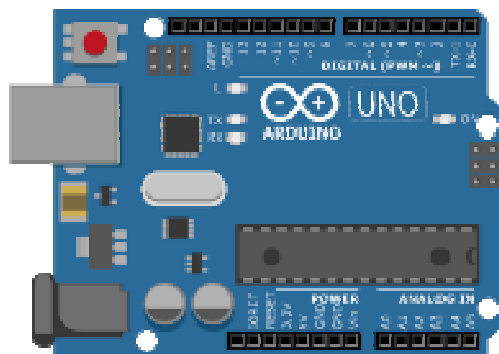
Η δραστηριότητα της Δημιουργίας υλοποιείται σε χώρους που αποκαλούνται «Χώροι Δημιουργών» (Makerspaces), όπου οι συμμετέχοντες πειραματίζονται, εξερευνούν, μαστορεύουν, λύνουν προβλήματα και αναπτύσσουν νέες δεξιότητες και γνώσεις ^[17]. Χώροι Δημιουργών έχουν αναπτυχθεί σε σχολεία, Πανεπιστήμια, βιβλιοθήκες, μουσεία, δημοτικά κέντρα, θερινά κέντρα μαθημάτων και στα πλαίσια προγραμμάτων που λειτουργούν μετά το σχολείο ^[10, 11, 18, 19].

Σε μια προσπάθεια να ενταχθούν οι δραστηριότητες Δημιουργίας στην Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, προτείνεται αυτό να γίνει σταδιακά, μέσω της ανάπτυξης κατασκευών για την υποστήριξη της διδασκαλίας των μαθημάτων ^[20]. Για παράδειγμα, μπορούν να αναπτυχθούν εργαστηριακά όργανα τα οποία θα αξιοποιηθούν για τον υλοποίηση πειραμάτων είτε μέσα στη σχολική τάξη είτε στο πεδίο, συμπληρώνοντας με αυτόν τον τρόπο και πιθανές ελλείψεις της υποδομής των σχολικών εργαστηρίων. Καθώς το Κίνημα

των Δημιουργών είναι πιο συμβατό με την μη τυπική εκπαίδευση ^[14], ένας Χώρος Δημιουργών μπορεί να αναπτυχθεί στα πλαίσια προγραμμάτων που λειτουργούν μετά το σχολείο ^[21], όπως οι Όμιλοι και τα Καινοτόμα Προγράμματα, όπου οι εκπαιδευτικοί και οι μαθητές έχουν την ευελιξία να προσαρμόσουν τους στόχους και την πορεία υλοποίησής τους.

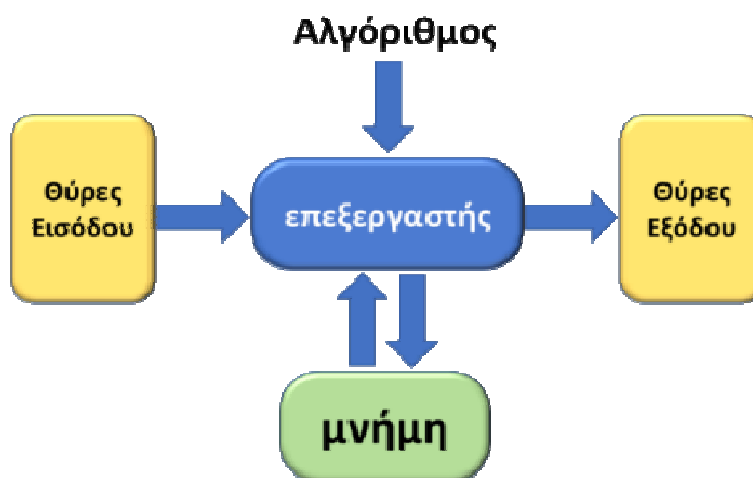
Δημιουργίες που βασίζονται στην Τεχνολογία Arduino

Η διεθνής πρακτική έδειξε ότι οι φορείς με περιορισμένους οικονομικούς πόρους, που λειτουργούν Χώρους Δημιουργών, στράφηκαν στη χρήση ηλεκτρονικών συσκευών και λογισμικών ανοιχτού κώδικα (open source), όπως το Arduino ^[22, 23] (*Εικόνα 1*). Η τεχνολογία Arduino είναι αρκετά φθηνή και συνεπώς είναι κατάλληλη ακόμα και για Χώρους που δεν μπορούν να επενδύσουν μεγάλα οικονομικά κεφάλαια ^[24]. Ενδεικτικά το κόστος ενός μικροελεγκτή Arduino Uno Rev3 κυμαίνεται από 10 έως 25 ευρώ. Αυτή η στροφή στις ανοιχτές τεχνολογίες έδωσε μεγάλη ώθηση στην εξάπλωση των Χώρων Δημιουργών τα τελευταία χρόνια ^[12].



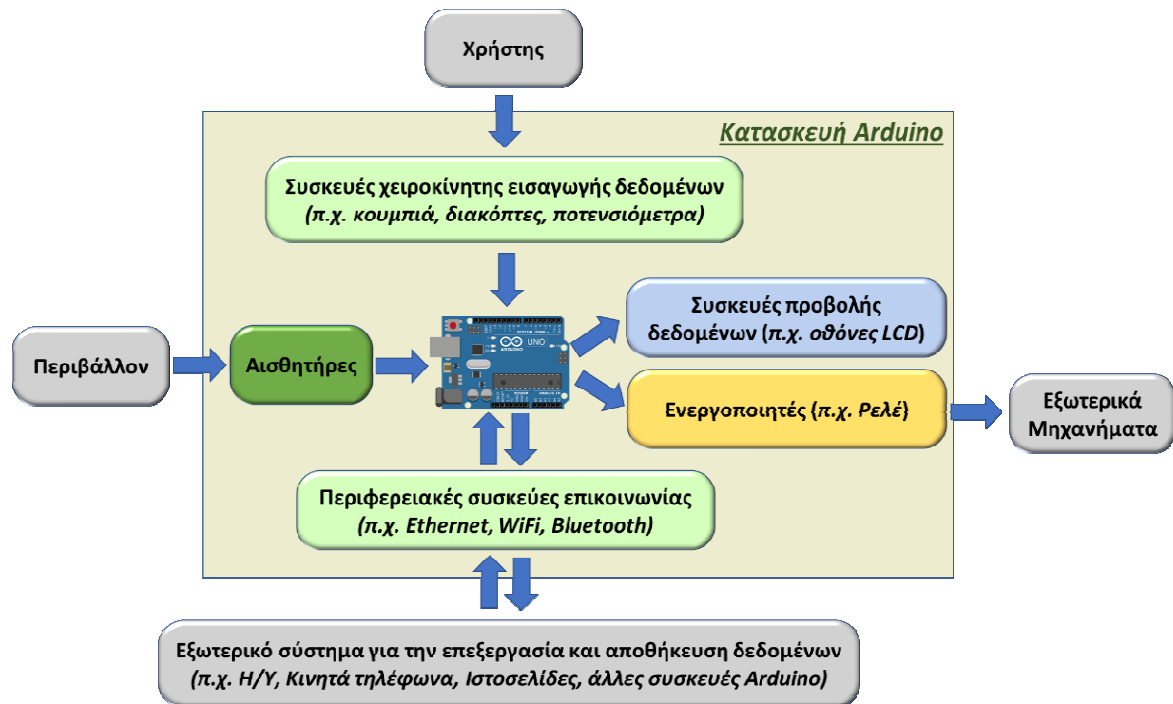
Εικόνα 1. Ο μικροελεγκτής Arduino Uno Rev3.

Το Arduino είναι μια μικρή ηλεκτρονική πλακέτα που περιλαμβάνει τον επεξεργαστή, τη μνήμη και τις θύρες εισόδου / εξόδου. Ένας αλγόριθμος αποθηκεύεται στη μνήμη του μικροελεγκτή και ο επεξεργαστής του τον χρησιμοποιεί ώστε να αντλήσει δεδομένα από τις συσκευές που είναι συνδεδεμένες στις θύρες εισόδου, να τα επεξεργαστεί και κατόπιν να αποστείλει τις κατάλληλες εντολές και δεδομένα σε συσκευές που είναι συνδεδεμένες στις θύρες εξόδου του (*Εικόνα 2*).



Εικόνα 2. Βασικά μέρη και ροή δεδομένων σε έναν μικροελεγκτή.

Ο μικροελεγκτής Arduino λαμβάνει μετρήσεις από το περιβάλλον, μέσω ηλεκτρονικών συσκευών που αποκαλούνται **Αισθητήρες** (*Sensors*) (*Εικόνα 3*). Κατόπιν ο μικροελεγκτής επεξεργάζεται τα δεδομένα δίνοντας κατάλληλες εντολές σε άλλες συσκευές. Ο χρήστης της συσκευής μπορεί να παρακολουθεί τις μετρήσεις, σε πραγματικό χρόνο, μέσω μιας οθόνης LCD, αλλά και να παρεμβαίνει μέσω συσκευών εισόδου όπως κουμπιά, διακόπτες και ποτενσιόμετρα. Επιπρόσθετα, υπάρχει η δυνατότητα επικοινωνίας με Η/Υ ή και κινητά τηλέφωνα μέσω ενσύρματης ή ασύρματης σύνδεσης. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να επιτυγχάνεται, για παράδειγμα, η απομακρυσμένη αποθήκευση και η περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων.



Εικόνα 3. Ροή δεδομένων σε κατασκευές που βασίζονται στην τεχνολογία του

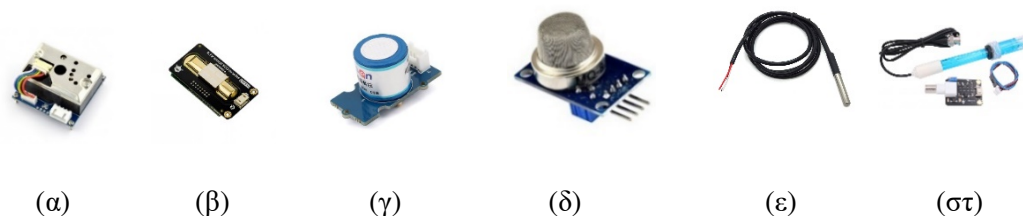
Το Arduino είναι συμβατό με μια μεγάλη ποικιλία από περιφερειακά εξαρτήματα (αισθητήρες, ενεργοποιητές κτλ.) και έτσι έδωσε την δυνατότητα στους Δημιουργούς για την ανάπτυξη μιας μεγάλης ποικιλίας τεχνουργημάτων ^[16]. Υπάρχει μια τεράστια διαθεσιμότητα στο διαδίκτυο από παραδείγματα συσκευών και οδηγιών (tutorials) σε μορφή βίντεο ή κειμένου με τα οποία ο χρήστης μπορεί να αυτό-εκπαιδευτεί και να αντλήσει ιδέες (Για παράδειγμα: ^[25-27]).

Ο προγραμματισμός του Arduino γίνεται σε γλώσσα C, C++ στο περιβάλλον Arduino IDE ή με οπτικές γλώσσες προγραμματισμού όπως το Scratch4Arduino ^[28-31]. Η ευκολία του προγραμματισμού έγκειται στο γεγονός ότι μπορεί να βασιστεί στα έτοιμα παραδείγματα αλγόριθμων που διατίθενται στο διαδίκτυο από την ευρεία κοινότητα δημιουργών και κατασκευαστών περιφερειακών συσκευών και με ελάχιστη τροποποίηση να αξιοποιηθούν για την υλοποίηση μιας νέας κατασκευής, χωρίς απαραίτητα την πολύ καλή γνώση της γλώσσας προγραμματισμού ^[32, 33].

Εργαστηριακά Όργανα Arduino

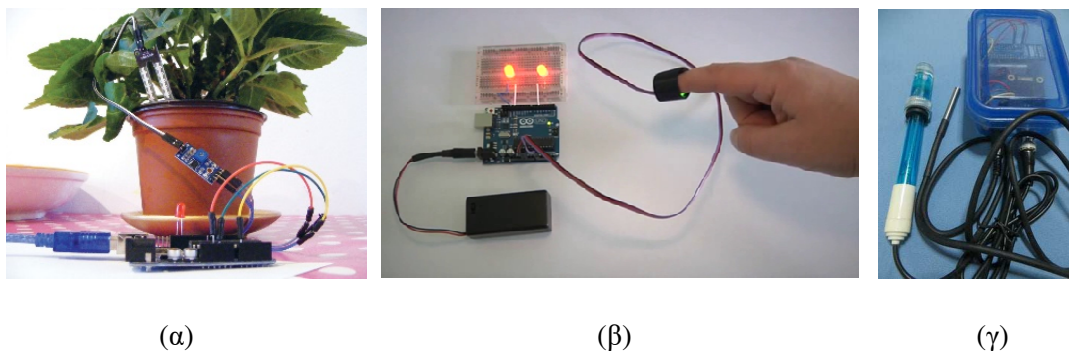
Αξιοποιώντας την τεχνολογία Arduino, μπορούν να αναπτυχθούν εργαστηριακά όργανα για την υλοποίηση μετωπικών πειραμάτων ή πειραμάτων επίδειξης ^[34]. Παράλληλα, μπορούν

να δημιουργηθούν φορητές συσκευές για την υλοποίηση πειραμάτων εκτός σχολείου [35]. Το μεγάλο πλήθος των αισθητήρων που διατίθενται στο εμπόριο δίνει πολλές δυνατότητες για την υλοποίηση εργαστηριακών οργάνων που δεν συμπεριλαμβάνονται στην τρέχουσα υλικοτεχνική υποδομή των σχολικών Εργαστηρίων Φυσικών Επιστημών. Π.χ. είναι διαθέσιμοι αισθητήρες για τη μέτρηση των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα και της περιεκτικότητας σε αέρια όπως CO₂, O₂, H₂, αιθανόλη και βουτανίου (Εικόνα 4).



Εικόνα 4. Αισθητήρες (α) αιωρούμενων σωματιδίων στον αέρα (β) CO₂ (γ) O₂ και (δ) H₂ (ε) θερμοκρασίας υγρών (στ) pH

Η ευκολία του Arduino και το χαμηλό του κόστος δίνει τη δυνατότητα να υλοποιηθούν όργανα Φυσικών Επιστημών ακόμα και από απλούς χρήστες για καθημερινές εφαρμογές (Εικόνα 5).



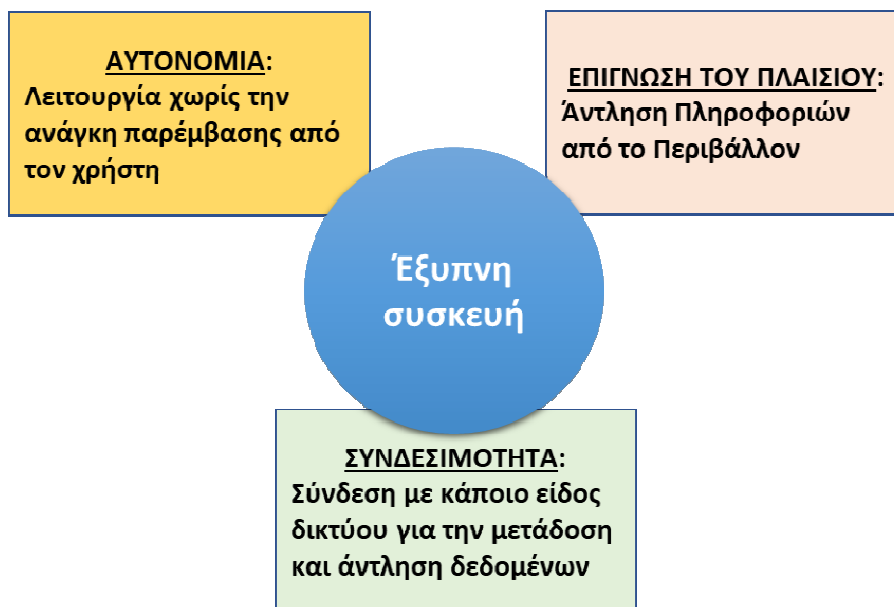
Εικόνα 5. Όργανα Arduino για την υλοποίηση μετρήσεων σε καθημερινές εφαρμογές. α) Μέτρηση υγρασίας χώματος σε γλάστρα β) μέτρηση παλμών γ) Συσκευή για τη μέτρηση pH και θερμοκρασίας νερού σε πισίνα.

Έξυπνες Συσκευές

Τα τελευταία χρόνια αξιοποιούνται στην καθημερινή ζωή, αλλά και στην εκπαιδευτική διαδικασία, συσκευές που αποκαλούνται “Έξυπνες”. Η τεχνολογία Arduino μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί για την υλοποίηση «Έξυπνων συσκευών» που έχουν ως στόχο τη διευκόλυνση της καθημερινής ζωής και τη βελτίωση της λειτουργίας του σχολείου . Οι συσκευές αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο μηχανημάτων (όπως για παράδειγμα το καλοριφέρ ενός σχολείου) είτε αυτόματα, με τη χρήση αισθητήρων που μετρούν παραμέτρους του περιβάλλοντος, είτε από απόσταση κατά τη βούληση του χρήστη αξιοποιώντας το Διαδίκτυο των Πραγμάτων.

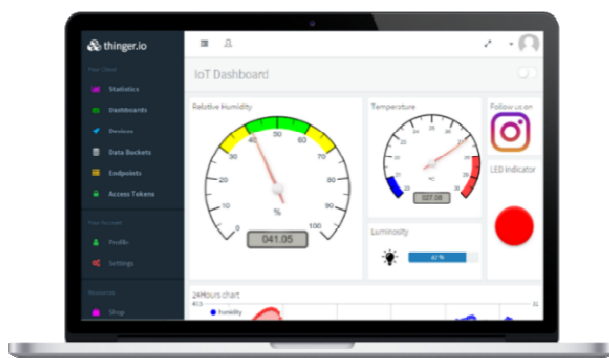
Υπάρχει όμως μια μεγάλη ποικιλία συσκευών που χαρακτηρίζονται “Έξυπνες” από τους δημιουργούς τους [36]. Το γεγονός αυτό προσδίδει μια ασάφεια ως προς τον ορισμό της Έξυπνης συσκευής [37]. Με βάση τις συσκευές που διατίθενται στο εμπόριο και αξιοποιούνται στην καθημερινή ζωή, οι Έξυπνες συσκευές χαρακτηρίζονται από τρεις βασικές ιδιότητες [38]:

την Αυτονομία (*Autonomy*), την Επίγνωση του Πλαισίου (*Context-Awareness*) και τη Συνδεσιμότητα (*Connectivity*), με τη τελευταία να είναι η πιο σημαντική με βάση το πλήθος των αναφορών της στη βιβλιογραφία (*Εικόνα 6*). Η δικτύωση και ανταλλαγή πληροφορίας μεταξύ Έξυπνων συσκευών αποκαλείται Διαδίκτυο των Πραγμάτων IoT (*Internet of Things*) [39-42].



Εικόνα 6. Ιδιότητες Έξυπνων συσκευών

Συνεπώς, με βάση τα παραπάνω κριτήρια, προκειμένου να χαρακτηριστεί μια συσκευή Έξυπνη θα πρέπει να επικοινωνεί με άλλες αντίστοιχες συσκευές. Συνήθως σε αυτό βοηθούν ιστόχωροι όπως η *thinger.io* [43] καθώς προσφέρουν δωρεάν Ψηφιακά Εργαλεία που μπορούν να βοηθήσουν τους χρήστες κατά την υλοποίηση και τον έλεγχο των συσκευών. Μετρήσεις θερμοκρασίας και pH μπορούν να γίνουν πλέον απομακρυσμένα από Έξυπνες συσκευές και τα δεδομένα να παρακολουθούνται από ψηφιακούς μετρητές (*Εικόνα 7*).



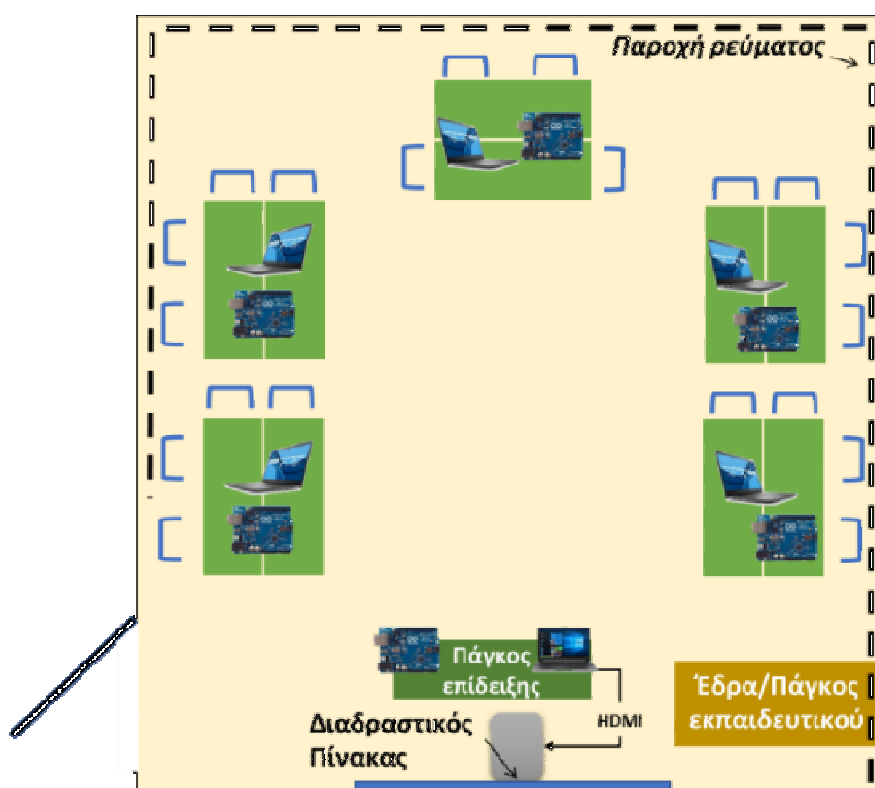
Εικόνα 7. Thinger.io Μια διαδικτυακή πλατφόρμα ανάπτυξης Έξυπνων Συσκευών

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) δίνει δυνατότητες στους χρήστες του να αναβαθμίσει την ποιότητα της ζωής του ανθρώπων και την παραγωγικότητα των οργανισμών [44]. Πιο συγκεκριμένα, μέσω ενός δικτύου Έξυπνων συσκευών, το IoT δίνει τη δυνατότητα για επεκτάσεις, βελτιώσεις και αυτοματισμούς σε καθημερινές λειτουργίες. Κατά αυτόν τον τρόπο η εφαρμογή των Έξυπνων Τεχνολογιών μπορεί να βοηθήσει στην ανάπτυξη συσκευών, οι οποίες θα μπορούν να διευκολύνουν τη λειτουργία μιας σχολικής μονάδας όπως για παράδειγμα με την παρακολούθηση της ενεργειακής κατανάλωσης του κτηρίου.

Β. Εφαρμογή στον Όμιλο Φυσικών Επιστημών και Ρομποτικής του σχολείου μας.

Παραδείγματα υλοποίησης Συσκευών Arduino από το σχολείο μας

Ο Χώρος Δημιουργών άρχισε τη λειτουργία του την σχολική χρονιά 2017-18 στο σχολείο μας. Επιλέχθηκε για να φιλοξενήσει τον Χώρο μια συμβατική σχολική αίθουσα, όπου οι μαθητές παρακολουθούσαν την τυπική διδασκαλία των μαθημάτων σε μετωπική διάταξη. Πριν την έναρξη κάθε συνεδρίας τα θρανία τοποθετούνταν σε ζεύγη για να δημιουργήσουν έναν “πάγκο εργασίας” (*Εικόνα 8*) και τοποθετούνταν σύμφωνα με την αρχική τους διάταξη στο τέλος της συνεδρίας. Ένα σύνολο από φορητές παροχές ρεύματος (μπαλαντέζες) απλώνονταν περιμετρικά στην αίθουσα. Ένας Διαδραστικός Πίνακας χρησιμοποιούνταν από τον εκπαιδευτικό για να παρουσιάσει την υλικοτεχνική υποδομή, τους αλγόριθμους και για να δώσει οδηγίες στους μαθητές.



Εικόνα 8. Διαμόρφωση θρανίων κατά τη λειτουργία του Χώρου Δημιουργών. Η διαμόρφωση των θρανίων επέστρεφε στην αρχική, μετωπική διάταξη στο τέλος κάθε συνεδρίας.

Αξιοποιώντας την Τεχνολογία Arduino στο Χώρο του σχολείου μας αναπτύχθηκαν φορητά Εργαστηριακά Όργανα με στόχο να αξιοποιηθούν για μετρήσεις και εκτός σχολείου, αλλά και στο σχολικό εργαστήριο. Επιλέχθηκε οι μετρήσεις να αφορούν στο pH, τη θερμοκρασία και την περιεκτικότητα νερού σε αλάτι καθώς περιλαμβάνονται στο ισχύον ΑΠΣ της Χημείας Γυμνασίου.

Οι μαθητές αξιοποίησαν τα όργανα για τη μέτρηση της αλατότητας θαλασσινού νερού από την περιοχή της Σαλαμίνας^[45, 46] (*Εικόνα 9*) και στα πλαίσια εκπαιδευτικής επίσκεψης στην Πάρνηθα το 2019 για τη μέτρηση του pH και των ολικών διαλυμένων στερεών σε νερό από πηγές (*Εικόνα 10*).



Εικόνα 9. Μέτρηση της αλατότητας θαλασσινού νερού.



Εικόνα 10. Αξιοποίηση του εργαστηριακού οργάνου σε νερό από πηγές στην Πάρνηθα το 2019.

Μέσα από αυτές τις δραστηριότητες, οι μαθητές γνώρισαν τις έννοιες του pH, της περιεκτικότητας διαλυμάτων και ανέπτυξαν εργαστηριακές δεξιότητες όπως η βαθμονόμηση των οργάνων, η παρατήρηση, η λήψη δείγματος, η πραγματοποίηση μετρήσεων, η διαχείριση των δεδομένων και η σχεδίαση γραφικής παράστασης για την άντληση συμπερασμάτων.

Η παρουσίαση των Οργάνων έγινε στην Βραδιά Ερευνητή στο ΕΜΠ (*Εικόνα 11*) και στο Athens Science Festival και παράλληλα έγιναν δημοσιεύσεις σε συνέδρια και επιστημονικά περιοδικά [45, 47-51].



Εικόνα 11. Πειράματα με αισθητήρα pH και αισθητήρα στην ‘Βραδιά Ερευνητή 2018’ και στη ‘Βραδιά Ερευνητή 2019’.

Οι μαθητές μας ανέπτυξαν έξυπνες συσκευές στον Χώρο Δημιουργών. Για παράδειγμα, ανέπτυξαν μια Έξυπνη Λάμπα η λειτουργία της οποίας ελέγχονταν από έναν αισθητήρα φωτεινότητας και από το κινητό τηλέφωνο των μαθητών. Οι μαθητές έλαβαν μέρος, με την συγκεκριμένη κατασκευή, στον διαγωνισμό του Πανευρωπαϊκού Προγράμματος GAIA για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια των εκπαιδευτικών μονάδων ^[52], καταλαμβάνοντας τη 2η θέση (Εικόνα 12).



Εικόνα 12. Οι μαθητές με την υλοποίηση της Έξυπνης λάμπας έλαβαν το 2^ο βραβείο στον διαγωνισμό του Πανευρωπαϊκού προγράμματος GAIA.

Επίσης, δημιουργήθηκε το 2018 ένα Έξυπνο Θερμοκήπιο. Ο πυρήνας της συνολικής κατασκευής ήταν ένας μικροελεγκτής Arduino. Όλες οι συσκευές (Arduino, αισθητήρες και ενεργοποιητές) τροφοδοτούνταν από ένα φορητό φωτοβολταϊκό. Πιο συγκεκριμένα, ένας αισθητήρας φωτεινότητας έλεγχε τη λειτουργία του φωτισμού του θερμοκηπίου μέσω ενός Relay και ένας αισθητήρας υγρασίας εδάφους έλεγχε τη λειτουργία ενός μοτέρ ποτίσματος. Επίσης, το θερμοκήπιο έστελνε πληροφορίες για τη θερμοκρασία και την υγρασία που επικρατούσε στο εσωτερικό του και δέχονταν εντολές από τον χρήστη της συσκευής μέσω ενός smartphone (Εικόνα 13).

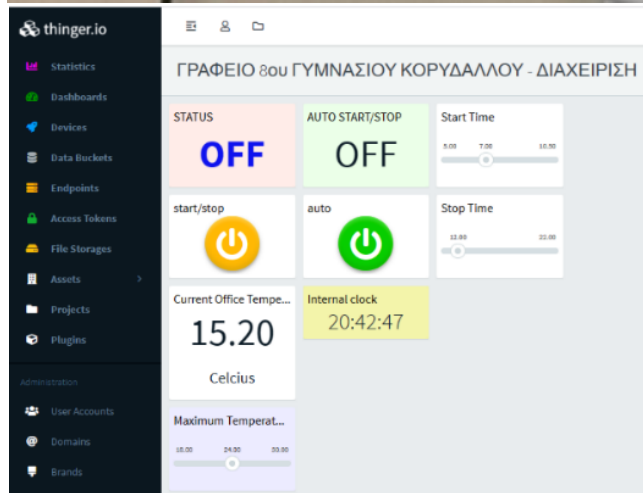
Η κατασκευή, εκτός από τον συνδυασμό των γνώσεων για το Arduino, είχε ως στόχο και την ενασχόληση με έννοιες των Φυσικών Επιστημών (όπως τη φωτοσύνθεση, τη θερμοκρασία και υγρασία του εδάφους και αέρα, το φως) και την ανάδειξη της σημασίας τους στην καθημερινή ζωή.



Εικόνα 13. Το Έξυπνο θερμοκήπιο - Greenduino. Η παρουσίασή του έγινε με την ομάδα των Χημικών Μηχανικών του ΕΜΠ το 2018 στο Athens Science Festival Η ομάδα των Χημικών Μηχανικών έλαβε το 1^ο βραβείο.

Μια ακόμα Έξυπνη συσκευή υλοποιήθηκε το 2020 και ήταν το Έξυπνο Σχολικό Καλοριφέρ. Πυρήνας της συσκευής ήταν ένα Arduino Wi-Fi Rev2 όπου σε αυτό ήταν συνδεδεμένο μέσω ενός Relay η κεντρική θέρμανση όλου του σχολείου.

Η κατασκευή συνδέθηκε μέσω Wi-Fi με την ιστοσελίδα Thingier.io, η οποία προσφέρει δωρεάν τη δυνατότητα ανάπτυξης εφαρμογών IoT. Οι συσκευές που συνδέονται στην Thingier.io μπορούν να αποστέλλουν δεδομένα και να δέχονται εντολές από Η/Υ, smartphone, άλλες συσκευές Arduino κ.τ.λ.. Πιο συγκεκριμένα, το Radiatorino κατέγραφε μέσω ενός αισθητήρα τη θερμοκρασία του αέρα και την ώρα με κατάλληλο χρονόμετρο. Η συσκευή έστελνε κάθε δευτερόλεπτο τη θερμοκρασία και τον χρόνο στην ιστοσελίδα της Thingier.io. Ο χρήστης μπορούσε να ορίσει το άνω όριο της θερμοκρασίας για το οποίο θα λειτουργούσε το καλοριφέρ. επίσης, ο χρήστης μπορούσε να ορίσει ένα χρονικό διάστημα λειτουργίας του καλοριφέρ (Εικόνα 14).



(α)

(β)

Εικόνα 14. (α) Το Έξυπνο καλοριφέρ (β) η ιστοσελίδα Thingier.io όπου το Έξυπνο καλοριφέρ στέλνει τις μετρήσεις και λαμβάνει εντολές.

Η παρουσίαση της κατασκευής έγινε διαδικτυακά στη «Βραδιά Ερευνητή ΕΜΠ» το 2021, λόγω των μέτρων περιορισμού της Πανδημίας Covid-19 και λειτουργεί το καλοριφέρ του σχολείου μας.

Βιβλιογραφία – Σύνδεσμοι για περισσότερες πληροφορίες

1. Schools, B. *Blue Schools Concept*. 2022; Available from: <http://www.blue-schools.eu/en/the-project/>.
2. Costa, R.L., B. Mata, F. Silva, P. Conceição, and L. Guimarães, *Fostering Ocean-Literate Generations: The Portuguese Blue School*, in *Ocean Literacy: Understanding the Ocean*, K.C. Koutsopoulos and J.H. Stel, Editors. 2021, Springer International Publishing: Cham. p. 241-273. https://doi.org/10.1007/978-3-030-70155-0_10.
3. Mokos, M., M.T. Cheimonopoulou, P. Koulouri, M. Previati, G. Realdon, F. Santoro, A. Mogias, T. Boubonari, M. Gazo, and A. Satta, *Mediterranean Sea literacy: when ocean literacy becomes region-specific*. *Mediterranean Marine Science*, 2020. **21**(3): p. 592-598. <https://doi.org/10.12681/mms.23400>
4. Jones, W.M., M. Caratachea, M. Schad, and J.D. Cohen, *Examining K–12 teacher learning in a makerspace through the activity–identity–community framework*. *Journal of Research on Technology in Education*, 2020: p. 1-16. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1774824>
5. Jones, W.M., *Teachers’ perceptions of a maker-centered professional development experience: a multiple case study*. *International Journal of Technology and Design Education*, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09581-2>
6. Jones, W.M., J.D. Cohen, M. Schad, M. Caratachea, and S. Smith, *Maker-Centered Teacher Professional Development: Examining K-12 Teachers’ Learning Experiences in a Commercial Makerspace*. *TechTrends*, 2020. **64**(1): p. 37-49. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00425-y>
7. Sang, W. and A. Simpson, *The Maker Movement: a Global Movement for Educational Change*. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2019. **17**(1): p. 65-83. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-09960-9>
8. Schön, S., M. Ebner, and S. Kumar, *The Maker Movement. Implications of new digital gadgets, fabrication tools and spaces for creative learning and teaching (republished resource)*. *eLearning Papers Special edition 2014 “Transforming Education through Innovation and Technology”*, 2014: p. 86-100.
9. Halverson, E. and K. Peppler, *The maker movement and learning*. 2018: p. 258-294.
10. Schad, M. and W.M. Jones, *The Maker Movement and Education: A Systematic Review of the Literature*. *Journal of Research on Technology in Education*, 2020. **52**(1): p. 65-78. <https://doi.org/10.1080/15391523.2019.1688739>
11. Rosenfeld, S., M. Yayan, R. Halevi, and R. Blonder, *Teachers as Makers in Chemistry Education: an Exploratory Study*. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2019. **17**(1): p. 125-148. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-09989-w>
12. Seo, J., *Is the Maker Movement Inclusive of ANYONE?: Three Accessibility Considerations to Invite Blind Makers to the Making World*. *TechTrends*, 2019. **63**(5): p. 514-520. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00377-3>
13. Halverson, E.R. and K. Sheridan, *The Maker Movement in Education*. *Harvard Educational Review*, 2014. **84**(4): p. 495-504. <https://doi.org/10.17763/haer.84.4.34j1g68140382063>

14. Martin, L., *The promise of the maker movement for education*. Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER), 2015. 5(1): p. 4.
<https://doi.org/10.7771/2157-9288.1099>
15. *Maker Faire*. 2020 [cited 2020 29/5/2020]; Available from: <https://makerfaire.com/>.
16. Alimisis, D., R. Alimisi, D. Loukatos, and E. Zoulias, *Introducing Maker Movement in Educational Robotics: Beyond Prefabricated Robots and “Black Boxes”*, in *Smart Learning with Educational Robotics: Using Robots to Scaffold Learning Outcomes*, L. Daniela, Editor. 2019, Springer International Publishing: Cham. p. 93-115.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-19913-5_4.
17. Moorefield-Lang, H., M.J.Q. Coker, and Q.M.i. Libraries, *Makerspaces in the High School Setting*. Qualitative and Quantitative Methods in Libraries, 2019: p. 47-59.
18. Irie, N.R., Y.-C. Hsu, and Y.-H. Ching, *Makerspaces in Diverse Places: A Comparative Analysis of Distinctive National Discourses Surrounding the Maker Movement and Education in Four Countries*. TechTrends, 2019. 63(4): p. 397-407.
<https://doi.org/10.1007/s11528-018-0355-9>
19. Martin, W.B., J. Yu, X. Wei, R. Vidiksis, K.K. Patten, and A. Riccio, *Promoting Science, Technology, and Engineering Self-Efficacy and Knowledge for All With an Autism Inclusion Maker Program*. 2020. 5(75).
<https://doi.org/10.3389/feduc.2020.00075>
20. Cohen, J., W.M. Jones, S. Smith, and B. Calandra, *Makification: Towards a Framework for Leveraging the Maker Movement in Formal Education*. Journal of Educational Multimedia and Hypermedia, 2017. 26(3): p. 217-229.
21. Hsu, P.-S., E.M. Lee, T.J. Smith, and C. Kraft, *Exploring youths’ attitudes toward science in a Makerspace-infused after-school program*. Interactive Learning Environments, 2020: p. 1-15. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1786408>
22. Kang, S.-J., H.-W. Yeo, and J. Yoon, *Applying Chemistry Knowledge to Code, Construct, and Demonstrate an Arduino–Carbon Dioxide Fountain*. Journal of Chemical Education, 2019. 96(2): p. 313-316.
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00663>
23. Kang, I. and H.J. Yoon, *Exploring the evaluation framework of maker education*. The Journal of the Korea Contents Association, 2017. 17(11): p. 541-553.
<https://doi.org/10.5392/JKCA.2017.17.11.541>
24. Alò, D., A. Castillo, P. Marín Vial, and H. Samaniego, *Low-cost emerging technologies as a tool to support informal environmental education in children from vulnerable public schools of southern Chile*. International Journal of Science Education, 2020. 42(4): p. 635-655.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1723036>
25. Tutorials, A. *Arduino Tutorials*. 2022; Available from: <https://arduino-tutorials.net/>.
26. αρχάριους, Π.σ.Α.γ. *Προγραμματισμός στο Arduino για αρχάριους*. 2022; Available from: <http://www.greeceandroid.gr/dev/1216-programming-arduino-basics-part-1>.
27. Παπαδόπουλος, Ν. *ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ (μαθήματα 1ου ΓΕΛ)*. 2022; Available from: <https://eclass02.sch.gr/courses/EL1311112/>.

28. Dunbar, N., *Alternatives to the Arduino IDE*, in *Arduino Software Internals: A Complete Guide to How Your Arduino Language and Hardware Work Together*, N. Dunbar, Editor. 2020, Apress: Berkeley, CA. p. 273-340. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-5790-6_6.
29. Arduino IDE. *Arduino IDE*. 2020 3/12/2020]; Available from: <https://www.arduino.cc/en/software>.
30. Συλιγάρδου, Φ., *Η χρήση και αξιοποίηση της ηλεκτρονικής πλατφόρμας ανοιχτού λογισμικού Arduino και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων στη διδασκαλία της ενότητας του Ηλεκτρισμού στην Ε΄ Δημοτικού*. 2018.
31. Πουλάκης, Ε., *Προγραμματίζοντας με τον μικροελεγκτή Arduino*. 2015, Ιουν.
32. Grinias, J.P., J.T. Whitfield, E.D. Guetschow, and R.T. Kennedy, *An Inexpensive, Open-Source USB Arduino Data Acquisition Device for Chemical Instrumentation*. *Journal of Chemical Education*, 2016. **93**(7): p. 1316-1319. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00262>
33. Urban, P.L., *Open-Source Electronics As a Technological Aid in Chemical Education*. *Journal of Chemical Education*, 2014. **91**(5): p. 751-752. <https://doi.org/10.1021/ed4009073>
34. Kubínová, Š. and J. Šlégr, *ChemDuino: Adapting Arduino for Low-Cost Chemical Measurements in Lecture and Laboratory*. *Journal of Chemical Education*, 2015. **92**(10): p. 1751-1753. <https://doi.org/10.1021/ed5008102>
35. Tziortzioti, C., I. Mavrommati, C. Kalkavouras, E. Dimitriou, and I. Chatzigiannakis. *Observation and Analysis of Environmental Factors of Surface Waters: An Internet of Things Educational Approach*. in *2019 First International Conference on Societal Automation (SA)*. 2019. <https://doi.org/10.1109/SA47457.2019.8938059>.
36. Bulut, S. and R. Anderl, *Framework approach for smart service development*. *Procedia CIRP*, 2021. **100**: p. 864-869. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.05.030>
37. Alter, S., *Making Sense of Smartness in the Context of Smart Devices and Smart Systems*. *Information Systems Frontiers*, 2020. **22**(2): p. 381-393. <https://doi.org/10.1007/s10796-019-09919-9>
38. Silverio-Fernández, M., S. Renukappa, and S. Suresh, *What is a smart device? - a conceptualisation within the paradigm of the internet of things*. *Visualization in Engineering*, 2018. **6**(1): p. 3. <https://doi.org/10.1186/s40327-018-0063-8>
39. Adriansyah, A., S. Budiyanto, J. Andika, A. Romadlan, and N. Nurdin, *Public street lighting control and monitoring system using the internet of things*. *AIP Conference Proceedings*, 2020. **2217**(1): p. 030103. <https://doi.org/10.1063/5.0000594>
40. Choo, K.-K.R., K. Gai, L. Chiaraviglio, and Q. Yang, *A Multidisciplinary Approach to Internet of Things (IoT) Cybersecurity and Risk Management*. *Computers & Security*, 2020: p. 102136. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2020.102136>
41. Fu, H., G. Manogaran, K. Wu, M. Cao, S. Jiang, and A. Yang, *Intelligent decision-making of online shopping behavior based on internet of things*. *International Journal of Information Management*, 2020. **50**: p. 515-525. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.03.010>
42. Püschel, L.C., M. Röglinger, and R. Brandt, *Unblackboxing Smart Things—A Multilayer Taxonomy and Clusters of Nontechnical Smart Thing Characteristics*. *IEEE*

Transactions on Engineering Management, 2020: p. 1-15.

<https://doi.org/10.1109/TEM.2020.2988981>

43. Luis Bustamante, A., M.A. Patricio, and J.M. Molina, *Thinger.io: An Open Source Platform for Deploying Data Fusion Applications in IoT Environments*. Sensors, 2019. **19**(5). <https://doi.org/10.3390/s19051044>

44. Abdel-Basset, M., G. Manogaran, M. Mohamed, and E. Rushdy, *Internet of things in smart education environment: Supportive framework in the decision-making process*. Concurrency and Computation: Practice and Experience, 2019. **31**(10): p. e4515. <https://doi.org/10.1002/cpe.4515>

45. Παπαδημητρόπουλος Νικόλαος, Γαβριήλ Δήμητρα, Κοσίκης Παναγιώτης, Μετόνοιας Αναστάσιος, and Παυλάτου Ευαγγελία. *Χρήση του μικροελεγκτή Arduino για τη διδασκαλία της περιεκτικότητας στη Χημεία Γυμνασίου*. in *Νέος Παιδαγωγός*. 2019. Αθήνα.

46. Παπαδημητρόπουλος Νικόλαος and Παυλάτου Ευαγγελία. *Χρήση του μικροελεγκτή Arduino για τη διδασκαλία της Χημείας στο Γυμνάσιο*. in *12ο Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο Χημικής Μηχανικής*. 2019. Αθήνα, Ίδρυμα Ευγενίδου.

47. Papadimitropoulos, N., K. Dalacosta, and E. Pavlatou, *Teaching Chemistry with Arduino experiments in a mixed virtual-physical learning environment*. Journal of Science Education and Technology, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09899-5>

48. Papadimitropoulos, N. *Arduino Laboratory Instruments and Smart Devices*. 2021 19/9/21]; Available from: <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/58Y3P>

49. Papadimitropoulos, N. and E.A. Pavlatou, *Exploring learning outcomes of science experiments using physical instrument and substances assisted by digital entities*. Interactive Learning Environments, 2021: p. 1-17. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1975302>

50. Papadimitropoulos, N. and E. Pavlatou. *Developing Arduino Laboratory Instruments and Smart Devices in a School Makerspace*. in *ICERI2021*. 2021.

51. Papadimitropoulos, N., K. Dalakosta, and E. Pavlatou. *Introducing "Makers" Movement in a Formal Chemistry Class*. in *12th International Conference of Education, Research and Innovation*. 2019. Seville, SPAIN. <https://doi.org/10.21125/iceri.2019.1865>.

52. Mylonas, G., D. Amaxilatis, S. Tsampas, L. Pocero, and J. Gunneriusson. *A Methodology for Saving Energy in Educational Buildings Using an IoT Infrastructure*. in *2019 10th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA)*. 2019. <https://doi.org/10.1109/IISA.2019.8900707>.