Design and Implementation of an Arduino-based artifact by school students, for the measurement of atmospheric pollutants. Researching the Learning and the Environmental stances' outcomes

Σχεδιασμός και υλοποίηση από μαθητές, συσκευής βασισμένης σε Arduino, για τη μέτρηση ατμοσφαιρικών ρύπων.
Διερεύνηση των αποτελεσμάτων της μάθησης και της περιβαλλοντικής στάσης

Κωνσταντίνος Δημάκος, ΕΑΠ & Β/θμια Εκπ/ση, *kdimakos@sch.gr*

Αριστοτέλης Γκιόλμας, ΕΑΠ & ΠΤΔΕ/ΕΚΠΑ, *agkiolm@primedu.uoa.gr*

Άνθιμος Χαλκίδης, ΠΤΔΕ/ΕΚΠΑ & Β/θμια Εκπ/ση, *achalkid@gmail.com*

Μαργαρίτα Αγγελίδου, ΕΑΠ, *mangel@arch.auth.gr*

Πανελλήνιο Συνέδριο Scientix για την εκπαίδευση STEM, 3-4 Σεπτεμβρίου 2018, Αθήνα

Με μια ματιά…

- Η εργασία αναφέρεται στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη από μαθητές ΕΠΑΛ, μιας «συσκευής» για την μέτρηση περιβαλλοντικών ρύπων, συγκεκριμένα αιωρούμενων μικροσωματιδίων PM10 και PM2,5. Στο project περιλαμβάνεται και η ενημέρωση για το θέμα και η λήψη μετρήσεων
- Η ανάπτυξη εντάσσεται στην εισαγωγή στην εκπαιδευτική διαδικασία του physical computing (με τον μικροελεγκτή Arduino)
- Η σχεδίαση και η ανάπτυξη (κατασκευή) της συσκευής (artifact) εντάσσεται παιδαγωγικά στο πλαίσιο του κατασκευαστικού εποικοδομισμού (constructionism) παράλληλα με τις αρχές της εκπαίδευσης STEM.
- Πρόκειται για τμήμα πτυχιακής διατριβής στο ΠΜΣ Επιστήμες της Αγωγής, του ΕΑΠ, του κ. Κωνσταντίνου Δημάκου, εκπαιδευτικού ηλεκτρονικών, στο ΕΠΑΛ Χρυσούπολης Καβάλας

Αιωρούμενα Μικροσωματίδια

- Τα αιωρούμενα σωματίδια στην ατμόσφαιρα (Particulate Matter, PM) είναι ένας από τους πιο επιβαρυντικούς ρύπους για την ανθρώπινη υγεία (ΕΕΑ, 2017).
- Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO), **το 80% των ανθρώπων εισπνέουν μη ασφαλή αέρια στους τόπους όπου ζουν** (WHO, 2013).
- Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (ΕΕΕ) υποστηρίζει ότι, μόνο στην ευρωπαϊκή ήπειρο, το 2014, τα σωματίδια σχετίζονται με τους θανάτους 428.000 ανθρώπων.
- Η Greenpeace τις χαρακτηρίζει ως «**σιωπηρούς δολοφόνους**» (Greenpeace, 2013).
- Λόγω της μεγάλης διαπερατότητάς τους και των σοβαρών συνεπειών τους για την ανθρώπινη υγεία και τον τρόπο ζωής (WHO, 2016), η μελέτη αυτών των σωματιδίων, ιδιαίτερα των σωματιδίων με διάμετρο μικρότερη από 2,5 μικρομέτρα (PM 2,5), καθώς και εκείνα με διάμετρο μικρότερη των 10 μικρομέτρων (PM 10), θεωρείται εξαιρετικά σημαντική (University of Montana, 2018

Γιατί physical computing (με Arduino);

Ερευνητές υποστηρίζουν ότι με τη χρήση του Arduino σε projects Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) στη Β/θμια εκπαίδευση (Nelson, 2014˙ Peto, 2017˙ Oprea & Miron, 2013˙ Παλιούρας & Ψυχάρης 2017):

- Γίνεται οικονομία από πλευράς χώρου, χρόνου και πόρων
- Αναπτύσσεται η διδακτική διαδικασία με διασκεδαστικό και ενεργητικό τρόπο
- Μπορούν να δημιουργηθούν πολλές ελκυστικές εφαρμογές για τις Φ.Ε.
- Οι μαθητές παρουσιάζουν σημαντική βελτίωση στον προγραμματισμό και στις γνωστικές επιδόσεις
- Υπάρχει απεριόριστη ποικιλία συσκευών που μπορούν να συνεργαστούν με το Arduino

Στόχοι → (Ερευνητικά) ερωτήματα

Στην παρούσα εργασία τίθενται ως **στόχοι**:

- η οργάνωση ενός περιβαλλοντικού project βασισμένο στις αρχές του «κατασκευαστικού επικοδομητισμού» με βασική ενέργεια την κατασκευή του εργαλείου μετρήσεων – τέχνημα (με βάση το Arduino) από τους μαθητές και τη χρήση του για τη λήψη μετρήσεων
- η παρακολούθηση και καταγραφή των γνωστικών/μαθησιακών όσο και των κοινωνικο–συναισθηματικών αλλαγών που υφίσταται η ομάδα – δείγμα των μαθητών κατά την πορεία κατασκευής, αλλά και κατά τη χρήση του τεχνήματος (artifact).

Με βάση τους προαναφερθέντες στόχους τέθηκαν τα ακόλουθα **ερωτήματα**:

- Πώς δομείται ένα περιβαλλοντικό σχέδιο δράσης (project) με αντικείμενο τη μέτρηση ατμοσφαιρικών ρύπων;
- Πώς μπορεί να κατασκευαστεί ένα εργαλείο μέτρησης αιωρούμενων σωματιδίων της ατμόσφαιρας, με σχετικά χαμηλό κόστος, από μαθητές ΕΠΑ.Λ. χωρίς εξειδικευμένες γνώσεις και δεξιότητες;
- Ποια η συμβολή της διαδικασίας της κατασκευής και χρήσης του συγκεκριμένου εργαλείου, στην κατάκτηση των γνωστικών και των κοινωνικο-συναισθηματικών στόχων, όπως τίθενται στο πλαίσιο ενός αντίστοιχου σχολικού περιβαλλοντικού προγράμματος;

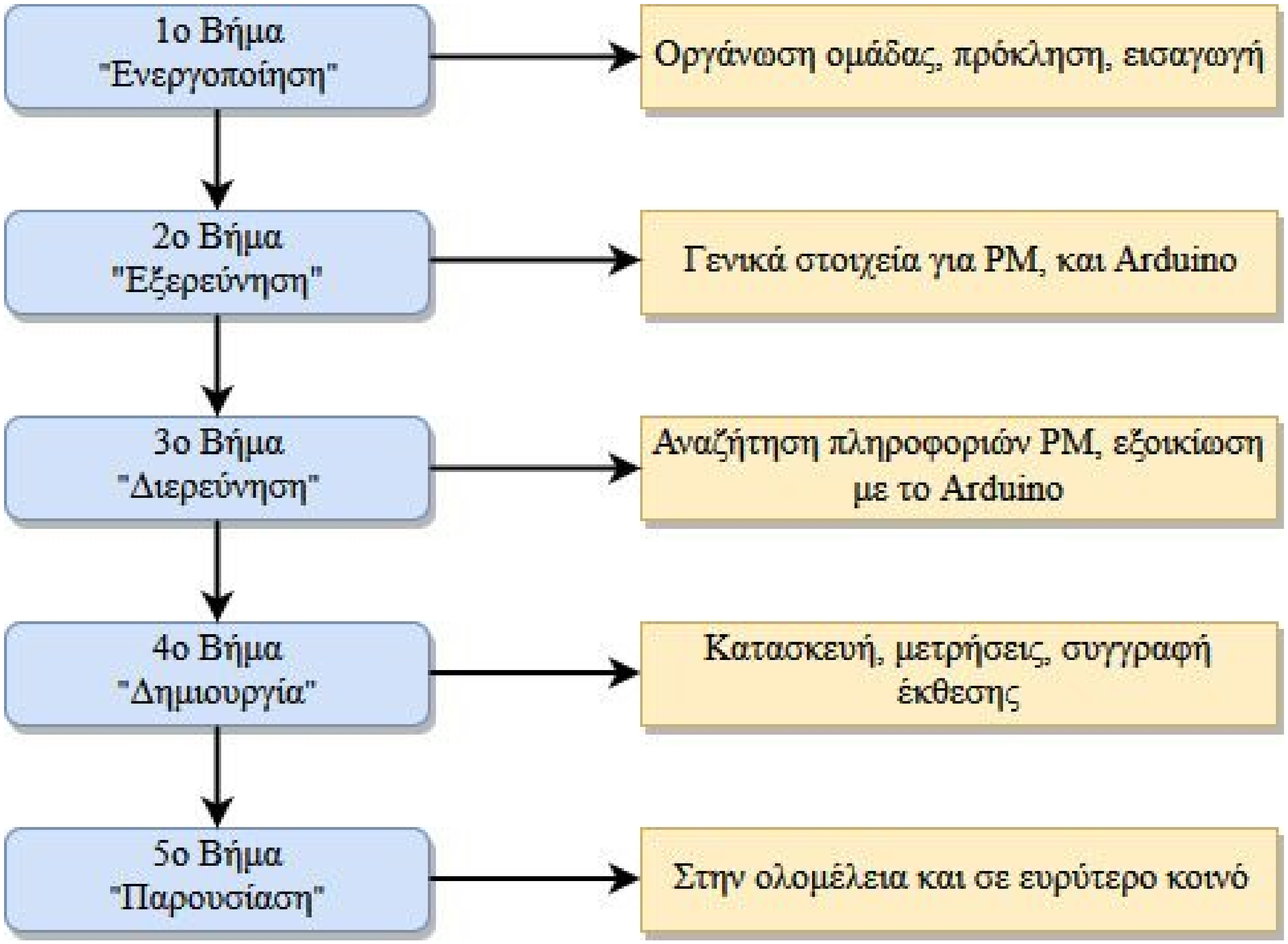
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Το μεθοδολογικό πλαίσιο ανάπτυξης του προτεινόμενου σχεδίου εργασίας έχει «κατασκευαστική» κατεύθυνση και βασίζεται κυρίως στην πρόταση των Carborano, Rex & Chambers (2004) αποτελούμενο από τις **φάσεις**:

Ενεργοποίηση → εξερεύνηση → διερεύνηση → δημιουργία → παρουσίαση.

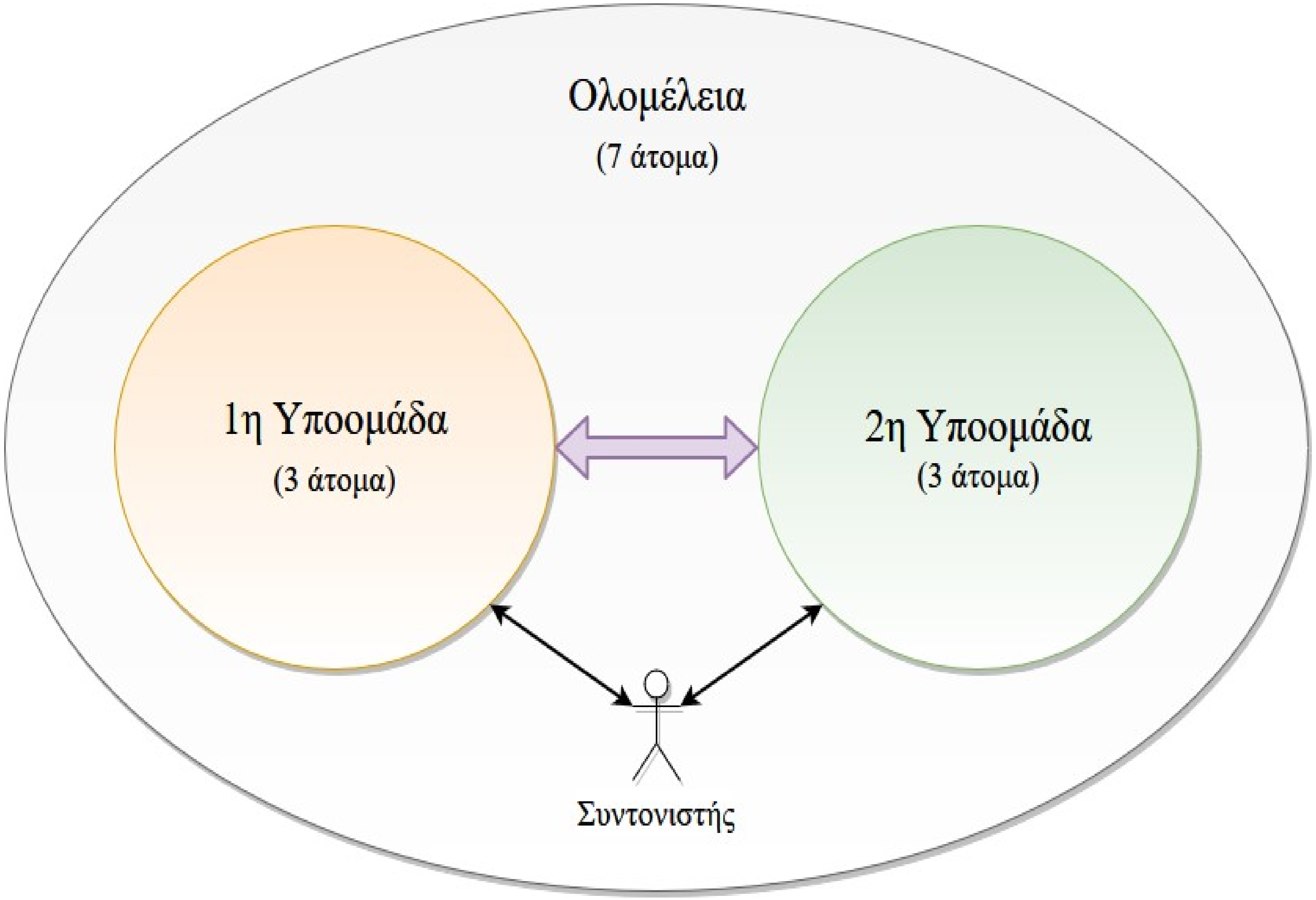
Η συγκεκριμένη πρόταση αποτελεί ένα ημι-δομημένο περιβάλλον μάθησης στηριγμένης σε projects (Project Based Learning - PBL) συνδυάζοντας έννοιες όπως η διερεύνηση και η διεπιστημονικότητα με την έννοια της κατασκευής (Φράγκου, Γρηγοριάδου & Παπανικολάου, 2010).

Λόγω της αναγκαιότητας συλλογής δεδομένων στο «φυσικό περιβάλλον» της σχολικής τάξης, καθώς και της άμεσης εμπλοκής του ερευνητή στη μαθησιακή διαδικασία (ερευνητής και εκπαιδευτικός είναι το ίδιο πρόσωπο), επιλέχθηκε η ποιοτική ερευνητική προσέγγιση με βασικό άξονα την **συμμετοχική παρατήρηση** (Κατερέλος, 2008).



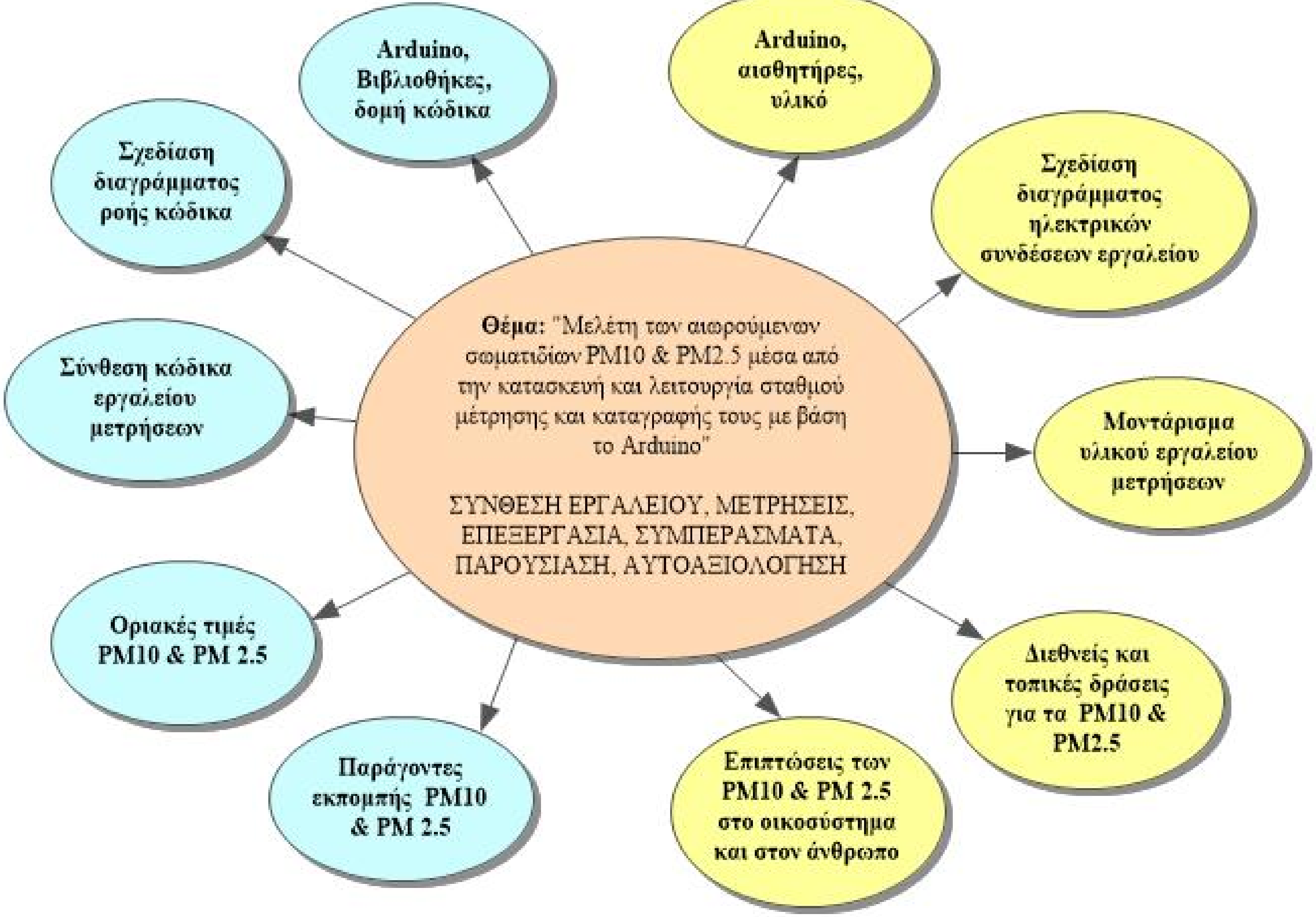
(10 διδακτικά δίωρα)

Ομάδες και Ρόλοι



Συντονιστής
Εκπρόσωπος
Χειριστής Η/Υ
Κατασκευαστής
Εκπρόσωπος
Χειριστής Η/Υ
Προγραμματιστής

Διαστάσεις θέματος



Ο περιορισμένος αριθμός των συμμετεχόντων στην έρευνα δεν επιτρέπει την γενίκευση των αποτελεσμάτων

Η υποκειμενικότητα της μεθόδου της συμμετοχικής παρατήρησης επιτάσσει την συλλογή δεδομένων με ποικίλα εργαλεία.

Επιλέχθηκαν …

- η καταγραφή παρατηρήσεων πεδίου σε ημερολόγιο (πρωτόκολλο παρατήρησης)
- η συμπλήρωση από τους συμμετέχοντες μαθητές ατομικού ημερολογίου μετά από κάθε συνάντηση και
- συμπλήρωση ημι-δομημένου ερωτηματολογίου από τους μαθητές στο τέλος της δράσης

Ερωτηματολόγιο

1. Ποιες πιστεύεις ότι είναι οι κυριότερες συνέπειες της απελευθέρωσης αιωρούμενων σωματιδίων στο φυσικό περιβάλλον;

2. Ποιες πιστεύεις ότι είναι οι κυριότερες συνέπειες της απελευθέρωσης αιωρούμενων σωματιδίων στον άνθρωπο;

3. Τι θεωρείς ότι σου προσέφερε η διαδικασία κατασκευής του εργαλείου μετρήσεων σε ότι αφορά την δεξιότητα χειρισμού εργαλείων;

4. Πιστεύεις ότι μπορείς να κατασκευάσεις ένα δικό σου απλό εργαλείο μετρήσεων με βάση το Arduino (π.χ. σύστημα μέτρησης θερμοκρασίας);

5. Πρότεινε τρόπους για τη μείωση των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα (γενικά).

6. Ποια πιστεύεις ότι πρέπει να είναι η συμπεριφορά των πολιτών – κατοίκων της πόλης σου, ώστε να επιλυθεί το πρόβλημα της ύπαρξης αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα.

7. Περιέγραψε τα συναισθήματά σου μετά το τέλος της διαδικασίας κατασκευής του εργαλείου μετρήσεων.

8. Περιέγραψε τη λειτουργία της ομάδας ως προς τον τρόπο λήψης αποφάσεων.

Για την ανάλυση των δεδομένων που προήλθαν από τη διαδικασία της παρατήρησης, των ατομικών ημερολογίων και του ημι-δομημένου ερωτηματολογίου, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της θεματικής ανάλυσης .

Οι κατηγορίες που αναδείχθηκαν από την επεξεργασία των δεδομένων αφορούσαν έννοιες που σχετίζονται:

- Με τη διαδικασία υλοποίησης όπως «κατασκευή», «αναζήτηση πληροφοριών», «συγγραφή».
- Με το γνωστικό πεδίο όπως «συνέπειες της έκθεσης των PM στον άνθρωπο και στο περιβάλλον», «οριακές τιμές καθορισμένες από διεθνείς οργανισμούς», «τρόπος εφαρμογής του Arduino στην κατασκευή».
- Με το πεδίο των δεξιοτήτων όπως «μοντάρω – κατασκευάζω», «προγραμματίζω», «χειρίζομαι».
- Με το πλαίσιο οργάνωσης και λειτουργίας όπως «δημιουργία ομάδων», «τρόπος λήψης αποφάσεων», «ορισμός υπευθύνων».
- Με το συναισθηματικό πεδίο όπως «χαρά – ικανοποίηση», «απογοήτευση», «υπερηφάνεια».

Από τις αναφερόμενες κατηγορίες (κωδικούς) προέκυψαν οι θεματικοί άξονες που αφορούν:

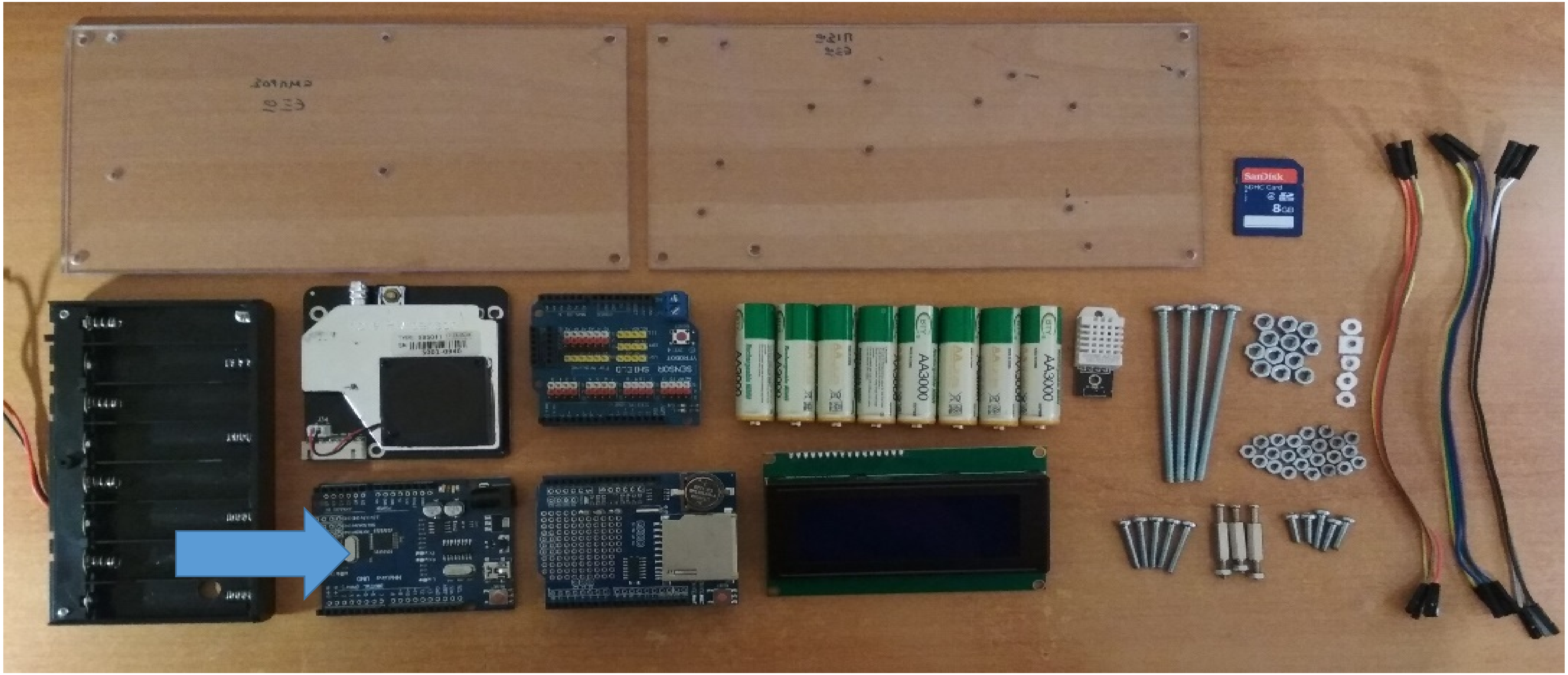
- Τον τρόπο κατασκευής του εργαλείο μετρήσεων.
- Τα γνωστικά οφέλη που αποκόμισαν οι μαθητές.
- Τις κοινωνικές δεξιότητες που καλλιέργησαν.
- Τα συναισθήματα που βίωσαν κατά τη διαδικασία.

Κατασκευή

Χαρακτηριστικά του εργαλείου μέτρησης (κατασκευής)

Μεγέθη καταγραφής	Ημερομηνία, ώρα, PM10, PM2,5, θερμοκρασία, σχετική υγρασία
Μεγέθη απεικόνισης	PM10, PM2,5, θερμοκρασία, σχετική υγρασία, τάση μπαταρίας, μη ύπαρξη κάρτας μνήμης
Τάση λειτουργίας	9 – 12 V DC
Μπαταρίες	8 X 1,2V AA NiMH
Εύρος τιμών μετρήσεων PM	0,0 – 999,9 μg/m^3
Ταχύτητα απόκρισης	<10 sec

Τα υλικά της κατασκευής (στηριγμένη σε Arduino Uno)



Αισθητήρες (είσοδος δεδομένων)

Αισθητήρας αιωρούμενων σωματιδίων PM10 και PM2.5, SDS011 της εταιρίας Nova Fitness

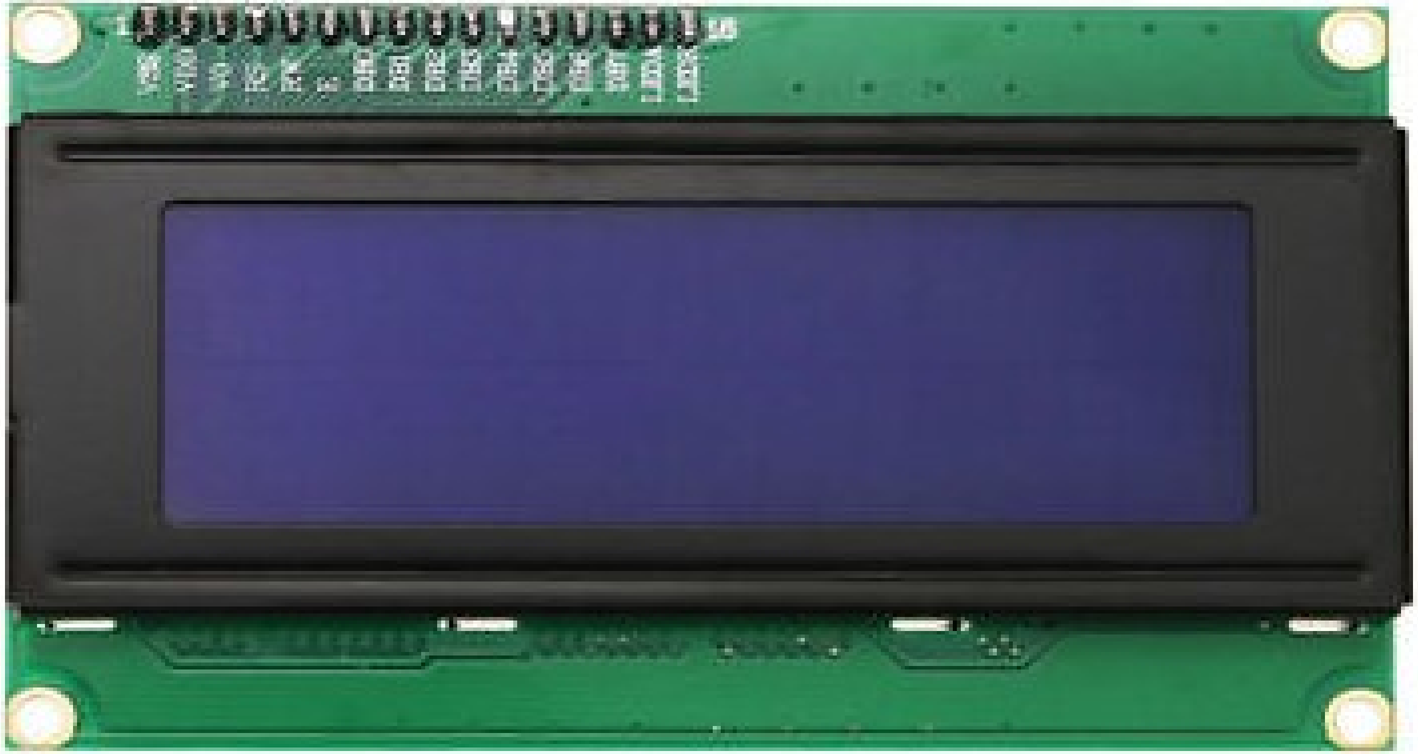
Πρόκειται για έναν αισθητήρα τεχνολογίας Laser με ενσωματωμένο ανεμιστήρα για την εισαγωγή του αέρα, ο οποίος χρησιμοποιεί το φαινόμενο της «σκέδασης» του φωτός. Στο θάλαμο μέτρησης, η φωτεινή πηγή (laser) εκπέμπει μια φωτεινή δέσμη. Όταν μέσω του ανεμιστήρα εισέλθουν αιωρούμενα σωματίδια, το φως σκεδάζεται και γίνεται αντιληπτό από μετατροπείς που παράγουν ηλεκτρικό σήμα ανάλογο με τη διάμετρο των σωματιδίων (PM_{10}, $PM_{2.5}$) και ανάλογο με την ποσότητα.

Αισθητήρας DHT22 ή AM2302 από την εταιρία Aosong

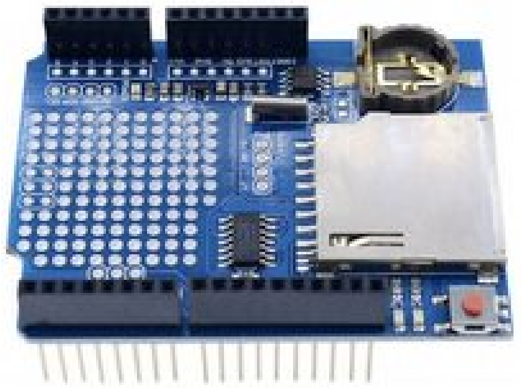
είναι ένας ψηφιακός αισθητήρας μέτρησης της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του αέρα. Εμπεριέχει δύο διαφορετικούς μετατροπείς, έναν για τη μέτρηση της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας και ένα για τη μέτρηση της σχετικής υγρασίας.

Έξοδος πληροφοριών

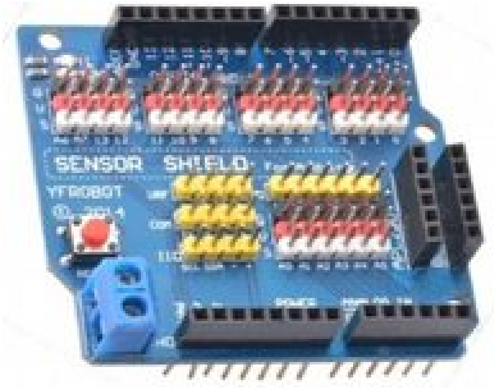
- Οθόνη LCD



Ασπίδες (*shields*), για τη διευκόλυνση της κατασκευής

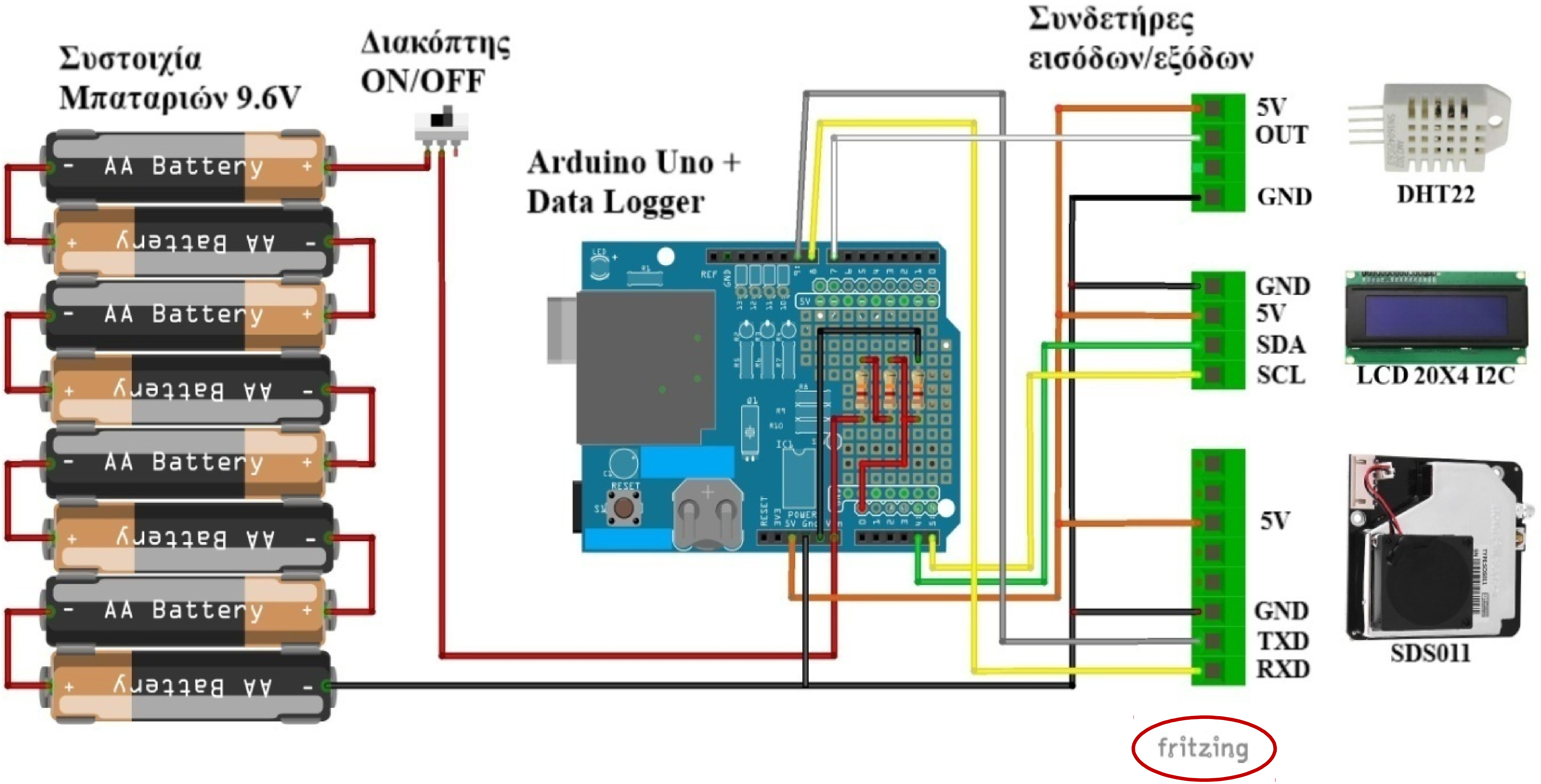


- Data Logger shield της εταιρίας TinkBox

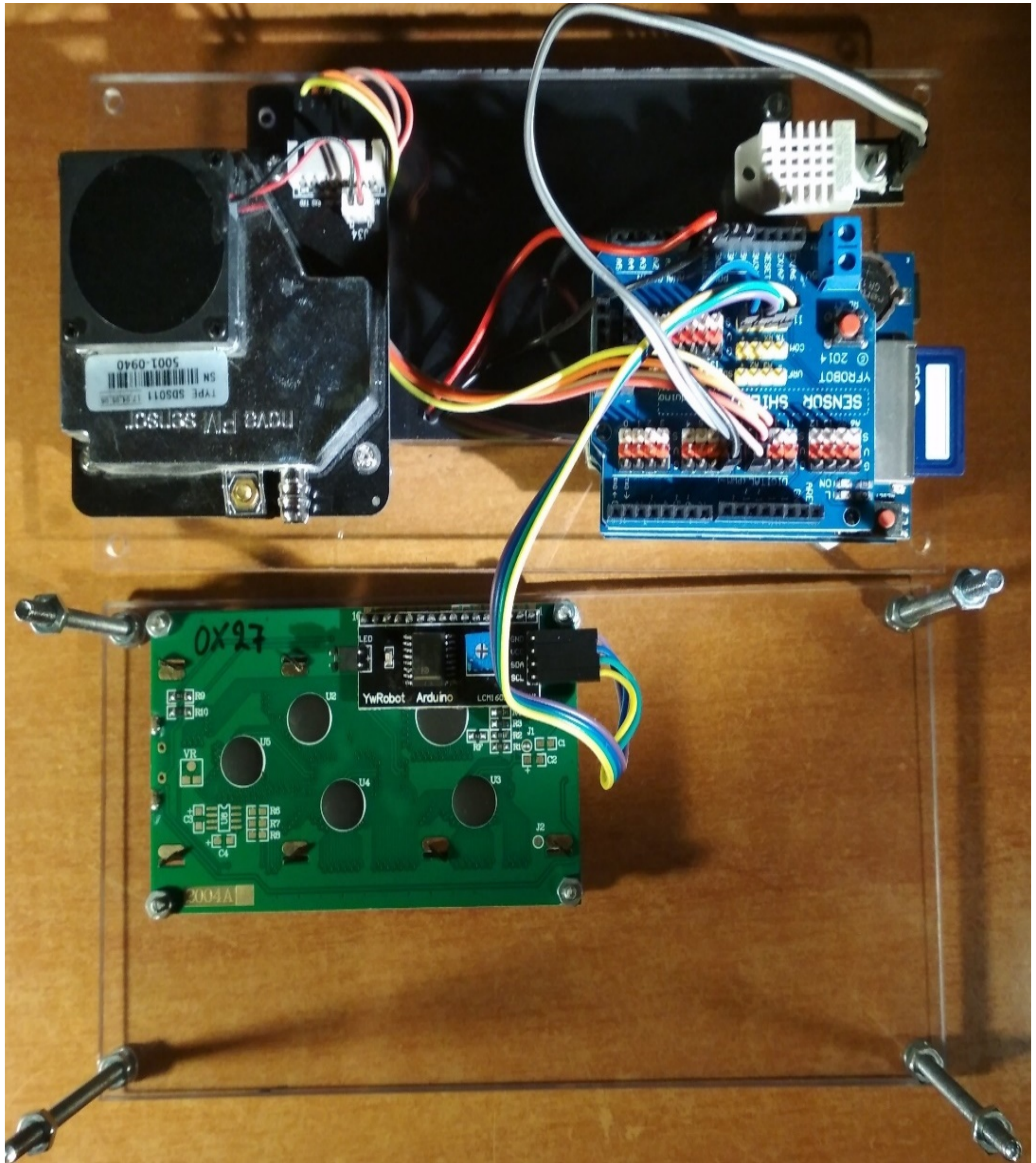


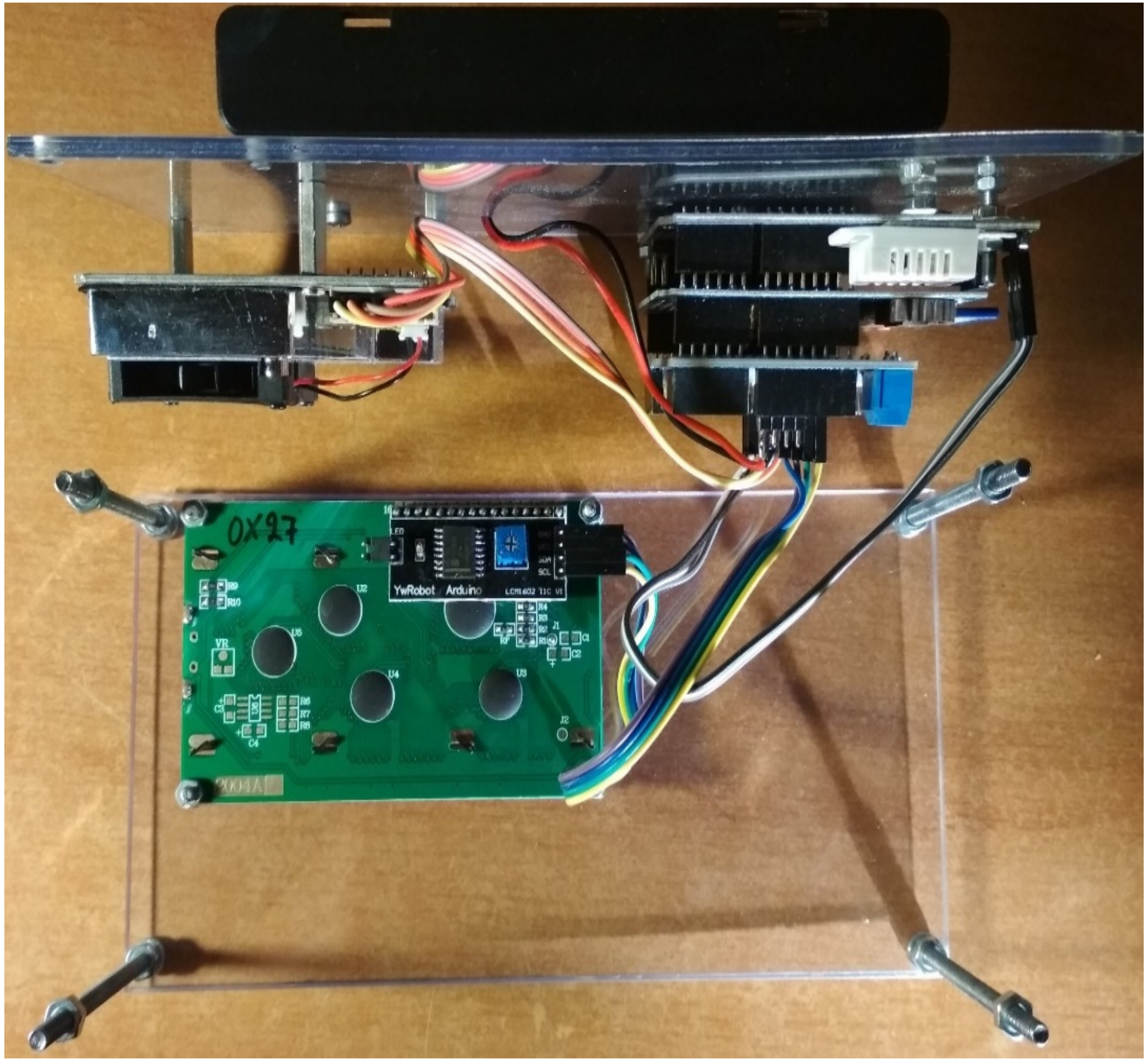
- Sensor Shield

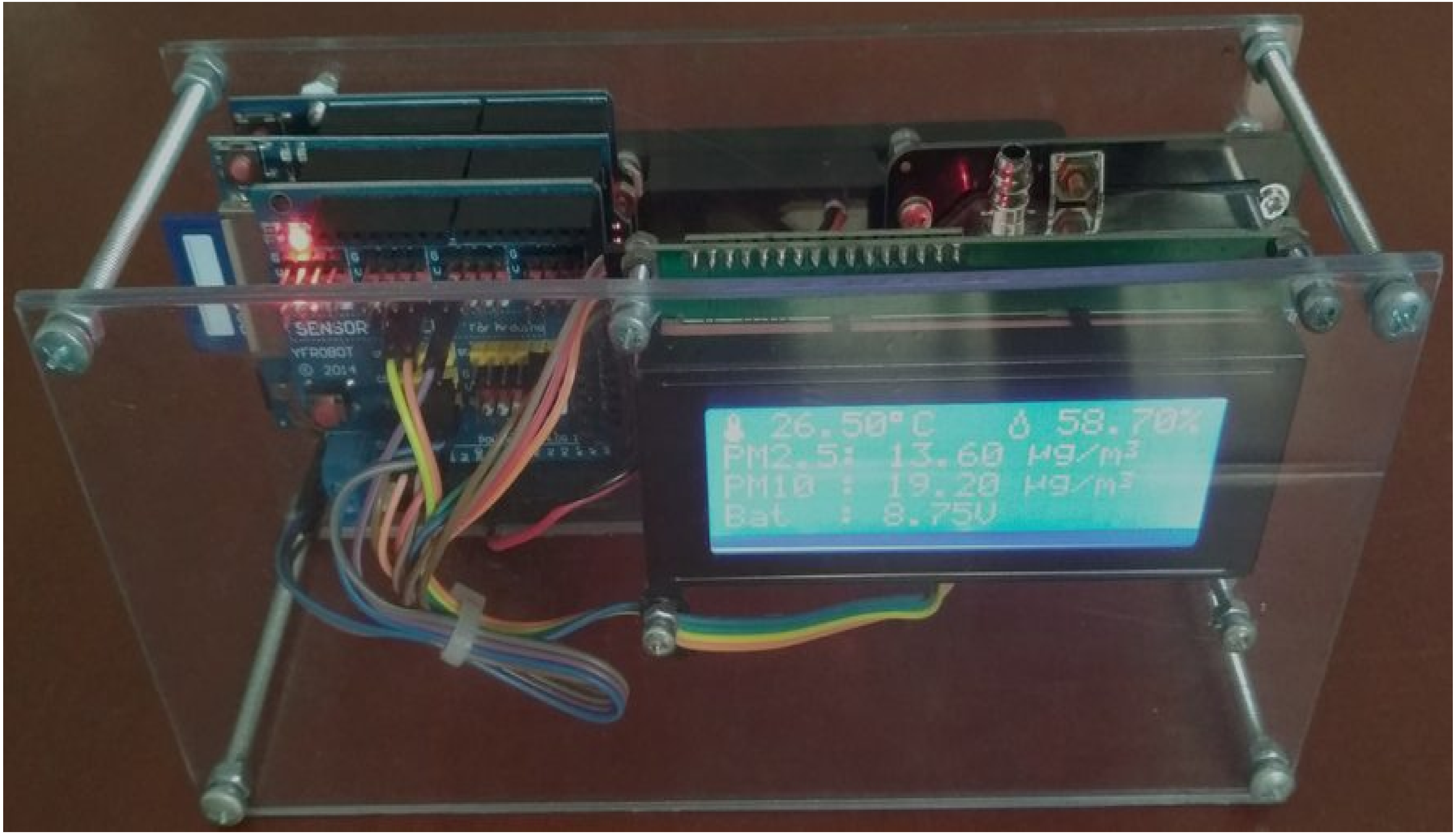
Σχέδιο συνδέσεων εξαρτημάτων



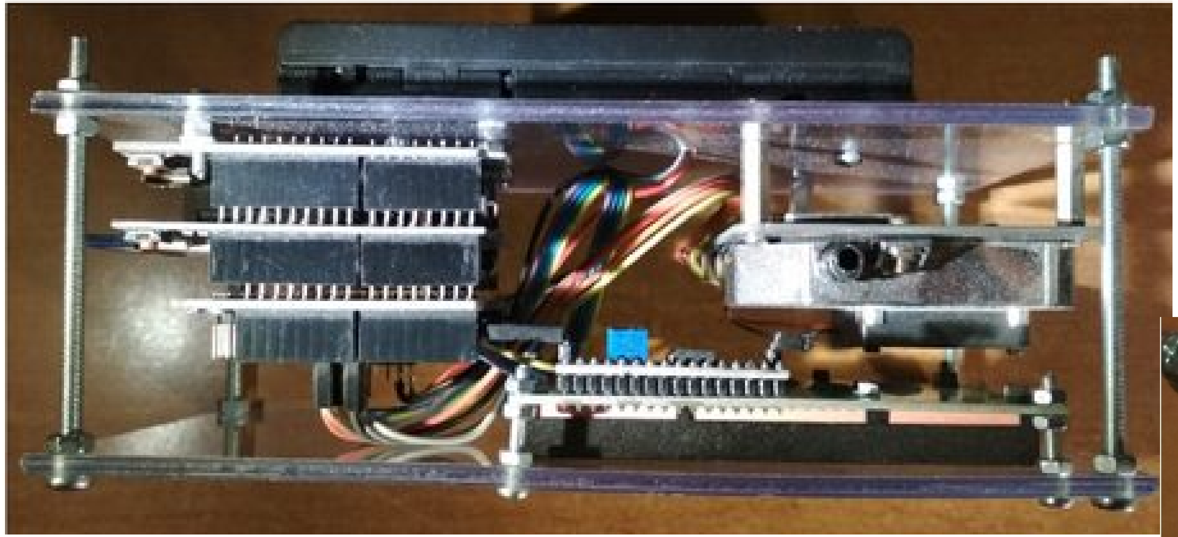
Συναρμογή του υλικού, μέσα σε επιφάνειες πλεξιγκλάς

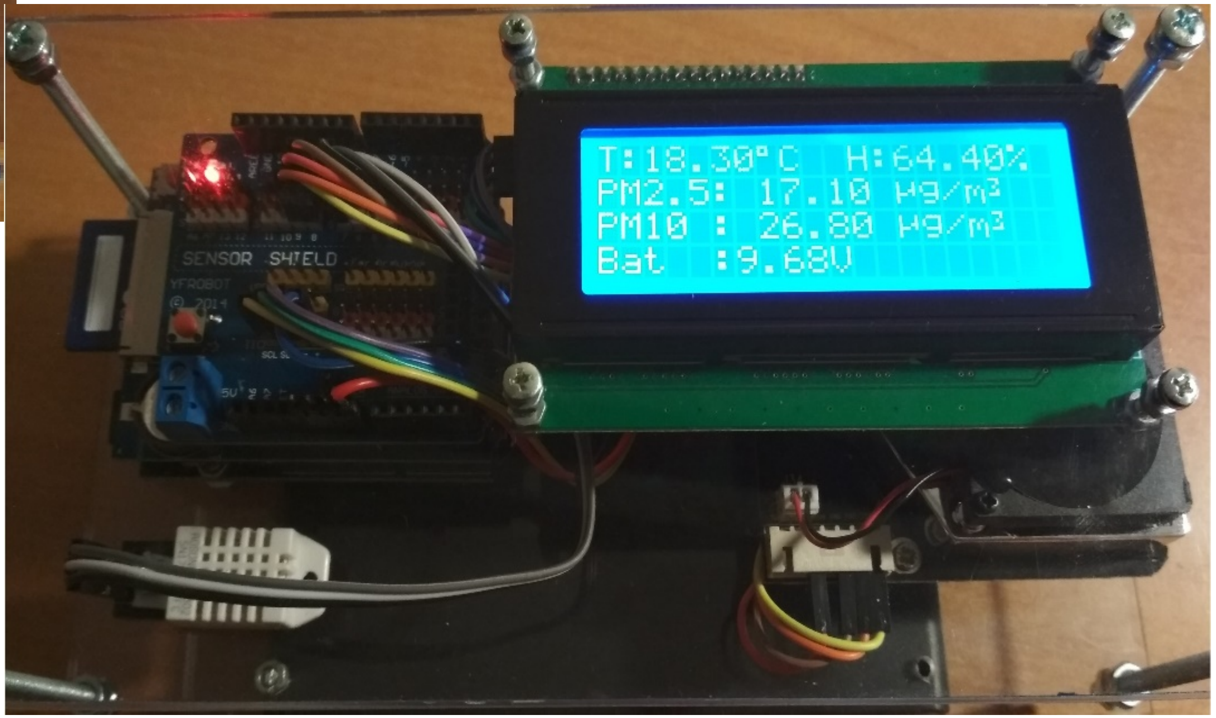





SENSOR
YFROBOT
© 2014
26.50°C 58.70%
PM2.5: 13.60 µg/m³
PM10 : 19.20 µg/m³
Bat : 8.75V

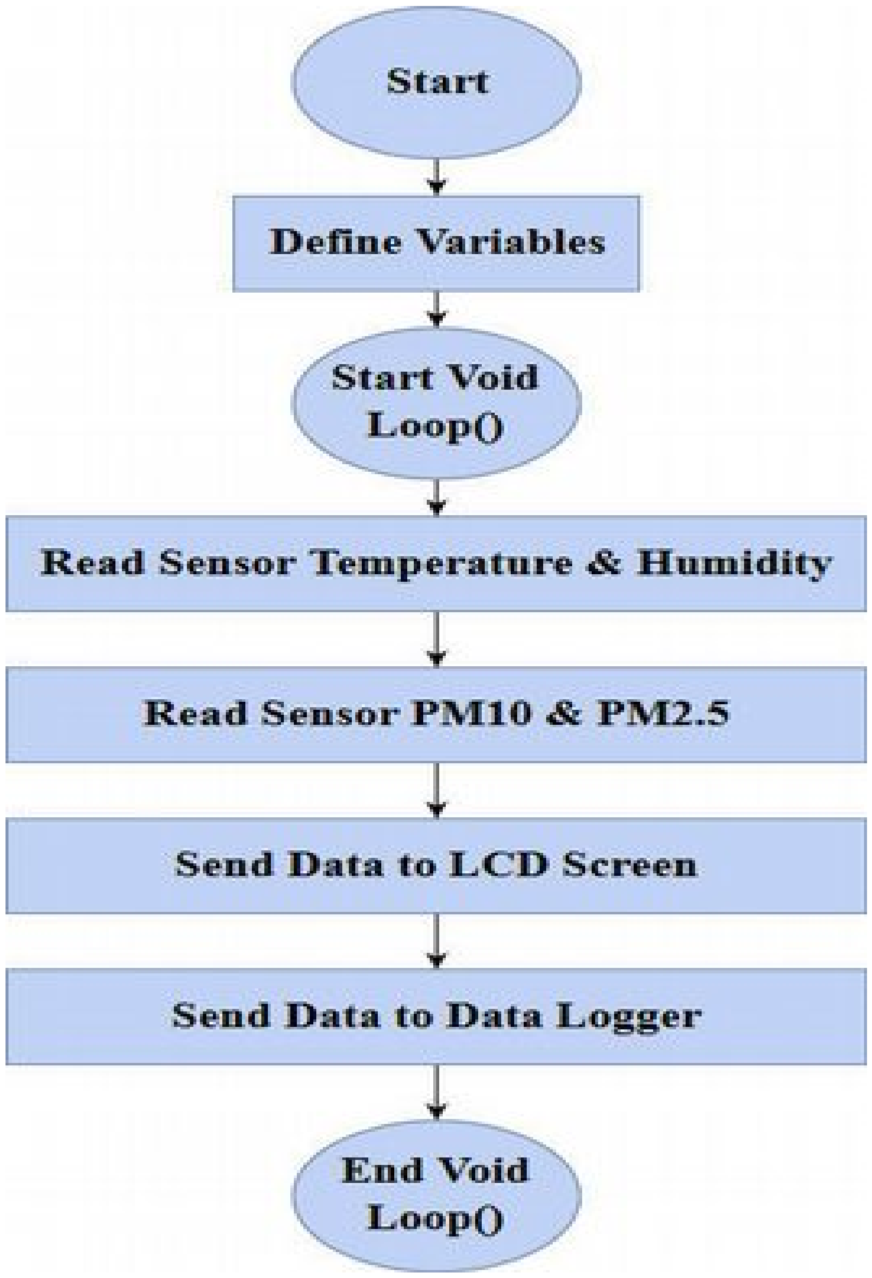
Πλάγια και πρόσθια όψη





Διάγραμμα ροής προγράμματος

- Για τον προγραμματισμό του χρησιμοποιήθηκε το περιβάλλον Arduino IDE
- Χρησιμοποιήθηκαν έτοιμες βιβλιοθήκες στην επικοινωνία του Arduino με τις συσκευές
- Το υπόλοιπο μέρος του κώδικα συνετέθη σε διακριτά τμήματα που αναφέρονται σε κάθε περιφερειακή συσκευή



Ευρήματα από ολόκληρη τη διαδικασία

Αναλυτικότερη παράθεση των ευρημάτων βρίσκεται στο γραπτό κείμενο της εισήγησης

Συνοψίζονται στα ακόλουθα συμπεράσματα

Συμπεράσματα

Μπορούμε να συνοψίσουμε τα συμπεράσματά μας σε τρεις βασικούς άξονες που σχετίζονται με τα τρία ερευνητικά ερωτήματα:

- τη δυνατότητα κατασκευής του εργαλείου μετρήσεων PM10 και PM2.5 από τους ίδιους τους μαθητές
- τη δυνατότητα ή μη, ολοκλήρωσης ενός τέτοιου τύπου περιβαλλοντικού project με αντικείμενο τη μελέτη των αιωρούμενων σωματιδίων PM10 και PM2.5
- τη συμβολή της διαδικασίας της κατασκευής στην κατάκτηση γνωστικών και κοινωνικοσυναισθηματικών στόχων

Συμπεράσματα: δυνατότητα κατασκευής του εργαλείου μετρήσεων

- Η κατασκευή του εργαλείου μετρήσεων από τους μαθητές, φάνηκε ότι είναι εφικτή ακόμα και στην περίπτωση που δεν είναι εξοικειωμένοι με την πλατφόρμα Arduino.
- Χρειάστηκε οργάνωση της διαδικασίας (διδακτική πορεία) σε πρότυπο φθίνουσας καθοδήγησης, ενώ ο υπεύθυνος εκπαιδευτικός που ασχολήθηκε με το project ήταν απαραίτητο να κατέχει κάποιες βασικές κατασκευαστικές αρχές ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και προγραμματισμού του Arduino.
- Το δυσκολότερο στάδιο της πορείας προς την κατασκευή αποδείχθηκε ο σχεδιασμός. Οι μαθητές που δεν είναι εξοικειωμένοι με το Arduino είναι εξαιρετικά δύσκολο να σχεδιάσουν μόνοι τους σχεδιάγραμμα συνδέσεων του υλικού ακόμα και με εξωτερική βοήθεια.
- Αντίστοιχη δυσκολία συνάντησαν και στην προσπάθειά τους για συγγραφή κώδικα.

Για να ξεπερασθεί η εν λόγω δυσκολία, κρίθηκε σκόπιμο να δοθεί στην ομάδα το σχεδιάγραμμα συνδέσεων καθώς και ο κώδικας τμηματικά για κάθε συσκευή εισόδου και εξόδου. Οι μαθητές έτσι κατάφεραν αφενός να «μοντάρουν» το υλικό, αφετέρου να ενώσουν τα τμήματα κατανοώντας την χρήση του καθενός από αυτά

Συμπεράσματα: δυνατότητα ή μη ολοκλήρωσης ενός τέτοιου τύπου περιβαλλοντικού project

- Το περιβαλλοντικό project στο οποίο εντάχθηκε η κατασκευή, αναπτύχθηκε σε 5 φάσεις. Ξεκινώντας από μια γενική εισαγωγή στο θέμα (ατμοσφαιρικοί ρύποι, Arduino γενικά), στην πορεία εξειδικεύτηκε στη μελέτη των αιωρούμενων σωματιδίων και στις κατασκευαστικές λεπτομέρειες του εργαλείου μετρήσεων με βάση το «Arduino», φτάνοντας έως τις μετρήσεις και την εξαγωγή γνωστικών συμπερασμάτων.
- Οι μαθητές ανταποκρίθηκαν σε αυτή την πορεία συμμετέχοντας σε όλες τις φάσεις ολοένα και πιο ενεργά, κατακτώντας στα τελευταία βήματα μια σχετική αυτονομία κάνοντας ενέργειες που δεν ήταν σχεδιασμένες εξαρχής (μέτρηση σωματιδίων σε χώρους καπνιζόντων).

Συμπεράσματα: Γνωστικό και κοινωνικοσυναισθηματικό επίπεδο

- Η συνολική εμπλοκή των μαθητών, δημιούργησε τις προϋποθέσεις για την ανακάλυψη, σε σημαντικό βαθμό, των γνώσεων που αφορούν τους τρόπους εκπομπής των PM, τα προβλήματα που ενδέχεται να παρουσιάσουν οι ζώντες οργανισμοί που εντίθενται σε περιβάλλοντα επιβαρυμένα με PM10 και PM2.5, τους τρόπους αντιμετώπισης αλλά και οριστικής επίλυσης του φαινομένου.
- Οι περισσότεροι από τους μαθητές επίσης φάνηκε ότι κατέκτησαν βασικές γνώσεις και δεξιότητες κατασκευής με την πλατφόρμα Arduino καθώς και προγραμματισμού
- Στο κοινωνικοσυναισθηματικό επίπεδο θεωρούμε πρώτα από όλα ότι η διαδικασία ήταν τουλάχιστον ευχάριστη για τους μαθητές. Συναισθήματα όπως «χαρά», «ικανοποίηση» και «υπερηφάνεια» εκφράστηκαν πολλές φορές από τους συμμετέχοντες μαθητές
- Σε ότι αφορά την ομάδα θεωρούμε ότι λειτούργησε ικανοποιητικά και ιδιαίτερα μετά την τρίτη συνάντηση με αρκετά μεγάλη συνοχή και αυτονομία στις αποφάσεις.

Καταλήγοντας …

Οι μαθητές ανέλαβαν ρόλους, πήραν πρωτοβουλίες, δούλεψαν για την περάτωση ενός κοινού στόχου και κυρίως κατανόησαν την ανάγκη για ομαδική δράση

«… *όσο και να θέλω να τα αλλάξω δεν θα καταφέρω τίποτα μόνος* …»