



Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας
Μεταπτυχιακή Εξειδίκευση Καθηγητών των Φυσικών Επιστημών

Διπλωματική Εργασία
Εκπαίδευση STEM στο Γυμνάσιο – Εκπαιδευτική Ρομποτική
με τη χρήση ARDUINO: Μία μελέτη περίπτωσης.

Τίτος Σμυρνάκης

Επιβλέπων Α': Γκιόλμας Αριστοτέλης
Επιβλέπων Β': Σκορδούλης Κωνσταντίνος

Χανιά, Μάιος 2025

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του/της φοιτητή/φοιτήτριας («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

Εκπαίδευση STEM στο Γυμνάσιο – Εκπαιδευτική Ρομποτική
με τη χρήση ARDUINO: Μία μελέτη περίπτωσης.

Τίτος Σμυρνάκης

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:

Γκιόλμας Αριστοτέλης

«Επίκουρος Καθηγητής, Παιδαγωγικό
Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, ΑΠΘ»

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

Σκορδούλης Κωνσταντίνος

«Καθηγητής Επιστημολογίας και
Διδακτικής της Μεθοδολογίας της
Φυσικής, ΠΤΔΕ, ΕΚΠΑ»

Χανιά, Μάιος 2025

*Αφιερώνω αυτή τη Διπλωματική Εργασία στη σύζυγό μου,
Ειρήνη, για την αμέριστη στήριξη και κατανόησή της
κατά τη διάρκεια αυτής της απαιτητικής διαδικασίας,
καθώς και στα αγαπημένα μου παιδιά,
Μανώλη και Γιάννη, που αποτελούν
πάντα για μένα πηγή έμπνευσης.*

Περίληψη

Η παρούσα εργασία εστιάζει στην εκπαίδευση STEM και στην ενσωμάτωσή της στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών, με ιδιαίτερη έμφαση στην εκπαιδευτική ρομποτική και τη χρήση του Arduino ως εργαλείου μάθησης. Στόχος της είναι να εξετάσει τον τρόπο με τον οποίο η STEM εκπαίδευση συμβάλλει στην ανάπτυξη δεξιοτήτων του 21ου αιώνα, ενισχύοντας την κριτική σκέψη, την επίλυση προβλημάτων και τη συνεργασία των μαθητών. Μέσα από μία μελέτη περίπτωσης, αξιολογείται η αποτελεσματικότητα ενός εκπαιδευτικού προγράμματος που εφαρμόστηκε σε μαθητές και περιλαμβάνει τόσο θεωρητική ανάλυση όσο και ανάλυση δεδομένων από ερωτηματολόγια πριν και μετά την παρέμβαση.

Η εργασία ξεκινά με την παρουσίαση της STEM εκπαίδευσης, αναλύοντας την εισαγωγή, την εξέλιξη και τις βασικές διδακτικές μεθοδολογίες που τη συνοδεύουν, όπως η Διερευνητική Μάθηση, η Μάθηση βάσει Έργου, οι Προσομοιώσεις, η Βιωματική Μάθηση και η Εκπαιδευτική Ρομποτική. Επιπλέον, γίνεται αναφορά στις δεξιότητες του 21ου αιώνα, όπως έχουν οριστεί από οργανισμούς όπως η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, η UNESCO και ο ΟΟΣΑ, και εξετάζεται η εφαρμογή της STEM εκπαίδευσης στο Ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα.

Στη συνέχεια, η εργασία εστιάζει στη χρήση του Arduino στην εκπαιδευτική ρομποτική, αναλύοντας τα τεχνικά χαρακτηριστικά του μικρο-ελεγκτή Arduino UNO, τα εξαρτήματά του και τη διδακτική του αξία. Παρουσιάζεται επίσης η ενσωμάτωσή του στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα και οι εκπαιδευτικές δυνατότητες που προσφέρει.

Η μελέτη περίπτωσης που ακολουθεί αποτελεί το κύριο πρακτικό μέρος της εργασίας. Περιγράφει το σχεδιασμό και την εφαρμογή ενός εκπαιδευτικού προγράμματος STEM, το οποίο περιλαμβάνει βιωματικές και ομαδοσυνεργατικές δραστηριότητες. Η εκπαιδευτική αξία και η αποτελεσματικότητα του προγράμματος αξιολογήθηκε μέσω ερωτηματολογίων έναρξης και λήξης.

Τα δεδομένα από τα ερωτηματολόγια έναρξης (pretest) και λήξης (posttest) αναλύθηκαν στατιστικά, προκειμένου να διαπιστωθεί ο αντίκτυπος του προγράμματος. Η ανάλυση έδειξε ότι οι μαθητές βελτίωσαν τις γνώσεις και δεξιότητές τους, αύξησαν το ενδιαφέρον τους για τις θετικές επιστήμες και την τεχνολογία και ανέπτυξαν δεξιότητες συνεργασίας και επίλυσης προβλημάτων.

Τέλος, παρουσιάζονται η ανάλυση των αποτελεσμάτων, η σύγκριση των απαντήσεων πριν και μετά την παρέμβαση, καθώς και τα γενικά συμπεράσματα της έρευνας. Επιβεβαιώνεται ότι η STEM εκπαίδευση μέσω της χρήσης του Arduino αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο μάθησης, ενισχύοντας τη δημιουργικότητα, την κριτική σκέψη και την ενασχόληση των μαθητών με την τεχνολογία.

Λέξεις – Κλειδιά

- STEM
- Arduino
- Ρομποτική
- Δεξιότητες 21^{ου} αιώνα
- Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
- Διδακτική Φυσικών Επιστημών

STEM Education in Junior High School

Using ARDUINO in Educational Robotics: A case study

Titos Smyrnakis

Abstract

This study focuses on STEM education and its integration into the teaching of Natural Sciences, with particular emphasis on educational robotics and the use of Arduino as a learning tool. Its objective is to examine how STEM education contributes to the development of 21st-century skills, enhancing students' critical thinking, problem-solving, and collaboration. Through a case study, the effectiveness of an educational program implemented with students is evaluated, incorporating both theoretical analysis and data analysis from questionnaires administered before and after the intervention.

The thesis begins with an introduction to STEM education, analyzing its introduction, evolution, and the main teaching methodologies that accompany it, such as Inquiry-Based Learning, Project-Based Learning, Simulations, Experiential Learning, and Educational Robotics. Additionally, it discusses 21st-century skills as defined by organizations such as the European Commission, UNESCO, and the OECD, and examines the implementation of STEM education in the Greek educational system.

Next, the thesis focuses on the use of Arduino in educational robotics, analyzing the technical characteristics of the Arduino UNO microcontroller board, its components, and its educational value. It also presents its integration into the Greek educational system and the learning opportunities it offers.

The case study that follows constitutes the main practical part of the thesis. It describes the design and implementation of a STEM educational program, which includes experiential and collaborative learning activities. The educational value and effectiveness of the program were assessed through pre- and post-intervention questionnaires.

The data from the pretest and posttest questionnaires were statistically analyzed to determine the impact of the program. The analysis showed that students improved their knowledge and skills, increased their interest in science and technology, and developed collaboration and problem-solving abilities.

Finally, the results analysis, the comparison of responses before and after the intervention, and the overall research conclusions are presented. It is confirmed that STEM education through the use of Arduino is a powerful learning tool, fostering students' creativity, critical thinking, and engagement with technology.

Keywords

- STEM
- Arduino
- Robotics
- 21st Century Skills
- Secondary Education
- Teaching of Natural Sciences

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	v
Abstract	vii
Περιεχόμενα	ix
Κατάλογος Εικόνων	x
Κατάλογος Σχημάτων	xii
Κατάλογος Πινάκων	xiii
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια.....	xiii
Εισαγωγή.....	1
1. STEM εκπαίδευση και Διδακτική των Φυσικών Επιστημών	2
1.1 Εισαγωγή της STEM εκπαίδευσης.....	2
1.2 Εξέλιξη της STEM εκπαίδευσης	5
1.3 Διδακτικές μεθοδολογίες που συνδέονται με την εκπαίδευση STEM.....	12
1.3.1 Διερευνητική Μάθηση (Inquiry-Based Learning - IBL)	13
1.3.2 Μάθηση βάση Έργου (Project-Based Learning - PBL).....	13
1.3.3 Προσομοιώσεις και Εικονικά Εργαστήρια (Simulations – Virtual Labs)	14
1.3.4 Σχεδιαστική Σκέψη (Design Thinking).....	14
1.3.5 Διαθεματική Προσέγγιση (Interdisciplinary Approach , Cross-Thematic) ..	15
1.3.6 Μάθηση μέσω Επίλυσης Προβλημάτων (Problem-Based Learning)	15
1.3.7 Βιωματική Μάθηση (Experiential Learning).....	16
1.3.8 Ρομποτική και Προγραμματισμός.....	16
1.4 Δεξιότητες του 21ου αιώνα	19
1.4.1 Ευρωπαϊκή Επιτροπή	20
1.4.2 Εκπαιδευτικός τομέας UNESCO	20
1.4.3 Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης ΟΟΣΑ.....	21
1.4.4 Partnership for 21st Century Skills (P21)	21
1.4.5 Assessment and Teaching of 21st Century Skills (ATC21S)	22
1.5 Η εκπαίδευση STEM στο Ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα	23
1.6 Εκπαιδευτική ρομποτική	25
2. Η χρήση του Arduino ως εργαλείο εκπαιδευτικής ρομποτικής	28
2.1 Πλακέτα μικροελεγκτή Arduino UNO	28
2.2 Αισθητήρες και εξαρτήματα του Arduino UNO.....	30
2.3 Ενσωμάτωση του Arduino στο Ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα.....	34
2.4 Εκπαιδευτική αξία της χρήσης του Arduino.....	35
3. Μελέτη Περίπτωσης: Εφαρμογή εκπαιδευτικής ρομποτικής	36
3.1 Ερευνητικά ερωτήματα της μελέτης	37
3.2 Σκοποί και στόχοι του προγράμματος.....	38
3.2.1 Σκοποί της διδακτικής παρέμβασης και της έρευνας.....	38
3.2.2 Διδακτικοί στόχοι της διδακτικής παρέμβασης	39
3.3 Παιδαγωγικά εργαλεία για τη διδασκαλία μέσω STEM.....	40
3.3.1 Βιωματική και Ομαδοσυνεργατική μάθηση	41
3.3.2 Διερευνητική ή Ανακαλυπτική μέθοδος	42
3.3.3 Απομυθοποίηση του λάθους	43
3.4 Ερωτηματολόγιο Έναρξης (Pretest).....	44
3.5 Σχεδιασμός του εκπαιδευτικού προγράμματος.....	44
3.5.1 Μάθημα 1ο: Εισαγωγή στην εκπαίδευση STEM.....	45

3.5.1.1	Δραστηριότητα 1.1 Κατασκευή κάρτας με απλό ηλεκτρικό κύκλωμα	45
3.5.2	Μάθημα 2ο: Βασικές αρχές και γνώσεις ηλεκτρονικής.....	46
3.5.2.1	Δραστηριότητα 2.1 Κατασκευή απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων LED .	46
3.5.2.2	Δραστηριότητα 2.2 Κατασκευή απλού ηλεκτρικού κυκλώματος Buzzer	46
3.5.3	Μάθημα 3ο: Εισαγωγή στο Arduino.....	47
3.5.3.1	Δραστηριότητα 3.1 Έλεγχος ενός LED με Arduino.....	47
3.5.3.2	Δραστηριότητα 3.2 LED που ανάβει με το πάτημα ενός κουμπιού.....	48
3.5.3.3	Δραστηριότητα 3.3 Φανάρια κυκλοφορίας με Arduino	49
3.5.4	Μάθημα 4ο: Βασικά περιφερειακά και συσκευές εξόδου	50
3.5.4.1	Δραστηριότητα 4.1 Μήνυμα “Hello World” στο serial monitor.....	50
3.5.4.2	Δραστηριότητα 4.2 Μήνυμα στο serial monitor και εμφάνιση στην LCD	50
3.5.5	Μάθημα 5ο: Αισθητήρες και μετρήσεις	51
3.5.5.1	Δραστηριότητα 5.1 LED που ανάβει όταν πέφτει το σκοτάδι	51
3.5.5.2	Δραστηριότητα 5.2 Θερμοκρασία από LM35 στην οθόνη LCD	52
3.5.5.3	Δραστηριότητα 5.3 Μέτρηση απόστασης με αισθητήρα HC-SR04	54
3.5.5.4	Δραστηριότητα 5.4 Μέτρηση θερμοκρασίας & υγρασίας περιβάλλοντος	56
3.5.5.5	Δραστηριότητα 5.5 Ανίχνευση κίνησης με PIR motion detector.....	57
3.5.6	Μάθημα 6ο: Κινητήρας Servo και αυτοματισμός.....	58
3.5.6.1	Δραστηριότητα 6.1 Σερβομηχανισμός που περιστρέφεται	58
3.5.6.2	Δραστηριότητα 6.2 Φανάρια κυκλοφορίας με μπάρα και οθόνη.....	58
3.5.7	Μάθημα 7ο: Εισαγωγή στο IoT (Internet of Things).....	60
3.5.7.1	Δραστηριότητα 7.1 Ανάβουμε και σβήνουμε LED από το κινητό	60
3.5.8	Μάθημα 8ο: Τελικό Project	62
3.6	Εργασίες των μαθητών.....	63
3.7	Ερωτηματολόγιο Λήξης (Posttest).....	70
4.	Συλλογή δεδομένων και ανάλυση	71
4.1	Ανάλυση των αποτελεσμάτων	73
4.2	Σύγκριση των αποτελεσμάτων ερωτηματολογίων έναρξης-λήξης.....	86
4.3	Ανάλυση αποτελεσμάτων των ερωτηματολογίων έναρξης-λήξης.....	88
4.4	Συμπεράσματα της έρευνας	92
4.5	Προτάσεις.....	96
4.6	Προβληματισμοί.....	97
5.	Γενικά συμπεράσματα.....	98
	Βιβλιογραφία.....	99
	Παράρτημα Α: «Ερωτηματολόγιο Έναρξης - Pretest»	101
	Παράρτημα Β: «Ερωτηματολόγιο Λήξης - Posttest»	103

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1	Η διασταύρωση των πεδίων STEM.....	2
Εικόνα 2	Ο κύκλος της Διερεύνησης	13
Εικόνα 3	Τα βήματα του Project Based Learning.....	13
Εικόνα 4	Προσομοίωση για τον Νόμο του Ohm	14
Εικόνα 5	Σχεδιαστική σκέψη	14
Εικόνα 6	Διαθεματική προσέγγιση	15
Εικόνα 7	Problem Based Learning.....	15
Εικόνα 8	Experiential Learning	16

Εικόνα 9 Arduino	17
Εικόνα 10 LEGO Mindstorms	17
Εικόνα 11 LEGO Education SPIKE	17
Εικόνα 12 Νικήτρια ομάδα του 1ου Διαγωνισμού Generation Next 2020	18
Εικόνα 13 Γάντι που μεταφράζει τη νοηματική γλώσσα - 1ο Βραβείο 2020	18
Εικόνα 14 Οργανισμοί και προγράμματα που διερευνούν Δεξιότητες 21ου αιώνα	19
Εικόνα 15 Το ουράνιο τόξο των Trilling & Fedal	22
Εικόνα 16 Διαγωνισμοί Ρομποτικής	24
Εικόνα 17 Ανθρωποειδές ρομπότ	26
Εικόνα 18 Ανθρωποειδές ρομπότ	26
Εικόνα 19 Arduino UNO	29
Εικόνα 20 DHT11 & DHT22	30
Εικόνα 21 PIR motion sensor	30
Εικόνα 22 HC-SR04	31
Εικόνα 23 Soil Moisture Sensor	31
Εικόνα 24 LED	31
Εικόνα 25 LED Matrix	31
Εικόνα 26 Servo Motor	32
Εικόνα 27 Bluetooth Module	32
Εικόνα 28 16x2 LCD	33
Εικόνα 29 7-Segment Display	33
Εικόνα 30 GPS module	33
Εικόνα 31 Διερευνητική ή Ανακαλυπτική μέθοδος	42
Εικόνα 32 Απομυθοποίηση του λάθους	43
Εικόνα 33 Διαδραστική κάρτα και απλό ηλεκτρικό κύκλωμα	45
Εικόνα 34 Απλά ηλεκτρικά κυκλώματα LED	46
Εικόνα 35 Απλό ηλεκτρικό κύκλωμα Διακόπτη - Buzzer	46
Εικόνα 36 Έλεγχος ενός LED με Arduino	47
Εικόνα 37 Κώδικας: Έλεγχος ενός LED - Arduino IDE	47
Εικόνα 38 LED που ανάβει με το πάτημα ενός κουμπιού	48
Εικόνα 39 Κώδικας: LED που ανάβει με κουμπί - Arduino IDE	48
Εικόνα 40 Φανάρια κυκλοφορίας με Arduino	49
Εικόνα 41 Κώδικας: Φανάρια κυκλοφορίας - Arduino IDE	49
Εικόνα 42 Κώδικας: Μήνυμα Hello World στο serial monitor	50
Εικόνα 43 Κώδικας: Μήνυμα από serial monitor σε LCD -- Arduino IDE	50
Εικόνα 44 Φωτοαντίσταση - LED που ανάβει στο σκοτάδι	51
Εικόνα 45 Κώδικας: LED που ανάβει στο σκοτάδι -- Arduino IDE	52
Εικόνα 46 Θερμοκρασία από LM35 σε οθόνη LCD	52
Εικόνα 47 Κώδικας: Θερμοκρασία LM35 σε οθόνη LCD - Arduino IDE	53
Εικόνα 48 Δραστηριότητα μαθητών με αισθητήρα θερμοκρασίας LM35	53
Εικόνα 49 Κώδικας: Μέτρηση απόστασης, οθόνη LCD, LED, buzzer - Aduino IDE	54
Εικόνα 50 Συνδεσμολογία Arduino, HC-SR04, LCD, LED, Buzzer	55
Εικόνα 51 Δραστηριότητα μαθητών με αισθητήρα απόστασης	55
Εικόνα 52 Εμφάνιση θερμοκρασίας και υγρασίας στην οθόνη	56
Εικόνα 53 Κώδικας: Θερμοκρασία και υγρασία στην οθόνη - Arduino IDE	56
Εικόνα 54 Ανίχνευση κίνησης με PIR motion sensor	57

Εικόνα 55 Κώδικας: PIR motion sensor - Arduino IDE	57
Εικόνα 56 Σερβομηχανισμός που περιστρέφεται	58
Εικόνα 57 Κώδικας: Σερβομηχανισμός - Arduino IDE.....	58
Εικόνα 58 Φανάρια κυκλοφορίας με servo και LCD οθόνη.....	58
Εικόνα 59 Κώδικας: Φανάρια με μπάρα και οθόνη - Arduino IDE	59
Εικόνα 60 Bluetooth module και επικοινωνία μέσω κινητού.....	60
Εικόνα 61 Εικόνα του κινητού με την	61
Εικόνα 62 Κώδικας ελέγχου LED με Bluetooth - Arduino IDE.....	61
Εικόνα 63 Smart Greenhouse - Σχηματικό διάγραμμα.....	63
Εικόνα 64 Alcohol Detector - StemTastic Squad	64
Εικόνα 65 Smart Blind Stick - Tech Divas	64
Εικόνα 66 Smart City - Τα φώτα της πόλης	65
Εικόνα 67 Smart City - Έξυπνα φανάρια κυκλοφορίας.....	65
Εικόνα 68 STEM Goats - Η ομάδα	65
Εικόνα 69 Air Quality Monitor - Tech Freaks	66
Εικόνα 70 Braille Reader - Σχηματικό Διάγραμμα.....	66
Εικόνα 71 STEM Lovers - Braille Reader	67
Εικόνα 72 Eyes for Blind - Σχηματικό Διάγραμμα.....	67
Εικόνα 73 Eyes for Blind - Δοκιμές.....	67
Εικόνα 74 Home Automation - Σχηματικό Διάγραμμα	68
Εικόνα 75 Home Automation - Μακέτα	68
Εικόνα 76 Safe Entry - Upcoming Scientists.....	69
Εικόνα 77 Safe Entry - Σχηματικό Διάγραμμα	69
Εικόνα 78 Pet Feeder - Technology Addicts	70

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1 Βελτίωση της στάσης των μαθητών απέναντι στις ΘΕ	73
Σχήμα 2 Αλλαγή της αντίληψης και κατανόησης του περιεχομένου των ΘΕ	73
Σχήμα 3 Βελτίωση της αντιληπτικής ικανότητας των μαθητών στις ΘΕ	74
Σχήμα 4 Κατανόηση του περιεχομένου των ΘΕ και σύνδεση με την καθημερινή ζωή	74
Σχήμα 5 Το ενδιαφέρον των μαθητών για τις ΘΕ και την τεχνολογία	75
Σχήμα 6 Αναγνώριση της χρησιμότητας των ΘΕ στην καθημερινή ζωή	75
Σχήμα 7 Γνώση της STEM εκπαίδευσης	76
Σχήμα 8 Εξοικείωση μαθητών με τη χρήση Η/Υ.....	76
Σχήμα 9 Η αναγνώριση της χρήσης ΤΠΕ στην κατανόηση του μαθήματος	77
Σχήμα 10 Ανάδειξης της σημασίας της ομαδοσυνεργατικής μεθόδου	77
Σχήμα 11 Ενδυνάμωση των κοινωνικών δεξιοτήτων μέσα στη σχολική τάξη.....	78
Σχήμα 12 Αναγνώριση του οφέλους από τα μαθήματα STEM	78
Σχήμα 13 Μεταβολή της εικόνας των μαθητών απέναντι στο πρόγραμμα	79
Σχήμα 14 Ενδιαφέρον των μαθητών για την τεχνολογία και τη ρομποτική.....	79
Σχήμα 15 Γνώση του Arduino	80
Σχήμα 16 Γνώση του λογισμικού Arduino IDE.....	80
Σχήμα 17 Γνώση λειτουργίας αισθητήρων του Arduino	81
Σχήμα 18 Ικανότητα κατασκευής απλού ηλεκτρικού κυκλώματος.....	81
Σχήμα 19 Γνώση του LED	82
Σχήμα 20 Γνώση της συνδεσμολογίας του LED	82

Σχήμα 21 Γνώση του pin.....	83
Σχήμα 22 Γνώση της διαφοράς αρσενικού και θηλυκού pin.....	83
Σχήμα 23 Γνώση γραφής κώδικα.....	84
Σχήμα 24 Γνώση του αλγόριθμου που χρησιμοποιεί το φανάρι κυκλοφορίας.....	84
Σχήμα 25 Η προοπτική δημιουργίας έργων με Arduino.....	85
Σχήμα 26 Ενδιαφέρον για παρακολούθηση και άλλων σχετικών προγραμμάτων.....	85
Σχήμα 27 Απόκτηση εφοδίων για μελλοντικές σπουδές ή εργασία στην τεχνολογία.....	86

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1 Συνοπτικός πίνακας θυρών του Arduino UNO.....	29
Πίνακας 3.1 Κορμός μαθημάτων του προγράμματος.....	44
Πίνακας 3.2 Ονομασία των ομάδων και των Projects.....	62
Πίνακας 4.1 Αποτελέσματα Pretest.....	71
Πίνακας 4.2 Αποτελέσματα Posttest.....	72
Πίνακας 4.3 Στατιστική μελέτη των απαντήσεων.....	87

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

ΔΕ	Διπλωματική Εργασία
ΕΑΠ	Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
ΗΠΑ	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής
TIMSS	Trends in International Mathematics and Science Study
PISA	Program for International Student Assessment
NGSS	Next Generation Science Standards
NAS	National Academy of Sciences
NAE	National Academy of Engineering
NAM	National Academy of Medicine
NRC	National Research Council
NSF	National Science Foundation
NASEM	National Academies of Science, Engineering and Medicine
CRS	Congressional Research Service
IBSE	Inquiry-Based Science Education
IBL	Inquiry-Based Learning
PBL	Project-Based Learning
DTh	Design Thinking
ΦΕ	Φυσικές Επιστήμες
ΘΕ	Θετικές Επιστήμες

Εισαγωγή

Η εκπαίδευση STEM αποτελεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση μάθησης, η οποία συνδυάζει τέσσερεις βασικούς επιστημονικούς τομείς (Science, Technology, Engineering, Mathematics), με σκοπό να αναπτύξει την κριτική σκέψη, την δημιουργικότητα και την δεξιότητα επίλυσης προβλημάτων. Στην εποχή της Τεχνολογίας και της 4ης Βιομηχανικής Επανάστασης, η STEM εκπαίδευση ενσωματώνοντας την ψηφιακή τεχνολογία, την τεχνητή νοημοσύνη, τη ρομποτική, το “Internet of Things” (IoT), και άλλα, αναδεικνύεται καθοριστική για την προετοιμασία των μαθητών ώστε να ανταποκριθούν στις προκλήσεις του σύγχρονου και συνεχώς μεταβαλλόμενου κόσμου (Schwab, 2017).

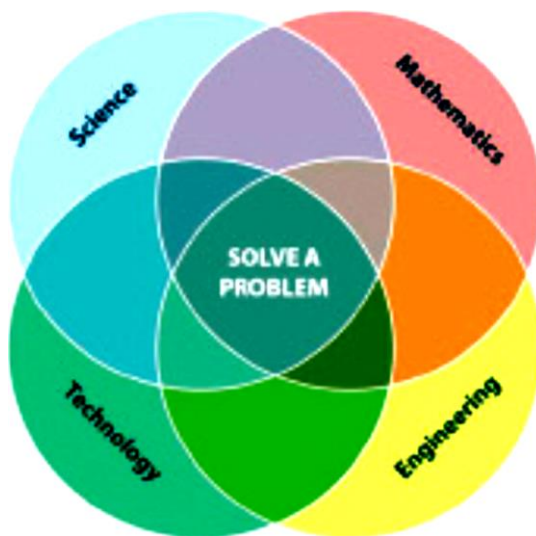
Ένας από τους αποτελεσματικότερους τρόπους εφαρμογής της STEM εκπαίδευσης στο γυμνάσιο είναι η χρήση της εκπαιδευτικής ρομποτικής, ενός πεδίου που ενσωματώνει τις επιστήμες και την τεχνολογία μέσα από τις διαδραστικές δραστηριότητες, τις κατασκευές, τον προγραμματισμό και τις ερευνητικές εργασίες (projects). Το «Project-Based Learning» (PBL), είναι μια παιδαγωγική προσέγγιση όπου οι μαθητές αποκτούν γνώσεις και δεξιότητες μέσω της ενεργούς ενασχόλησης με ένα πραγματικό πρόβλημα, προσεγγίζοντάς το διεπιστημονικά και συνεργαζόμενοι σε ομάδες. Οι μαθητές λαμβάνουν αποφάσεις και αναλαμβάνουν ενεργό ρόλο στη διαδικασία της μάθησης. Εργαλεία όπως η open-source πλατφόρμα Arduino, που συνδυάζει προγραμματισμό και ηλεκτρονικά, software και hardware, προσφέρουν ευκαιρίες στους μαθητές να κατανοήσουν βασικές έννοιες φυσικής, μαθηματικών και μηχανικής μέσω της δημιουργίας καινοτόμων κατασκευών, αναπτύσσοντας παράλληλα δεξιότητες όπως η συνεργασία, η ομαδικότητα και η επικοινωνία, απαραίτητες για τη μελλοντική τους επαγγελματική εξέλιξη.

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει τη δυνατότητα εφαρμογής της εκπαιδευτικής ρομποτικής μέσω του μικρο-ελεγκτή Arduino σε μαθητές γυμνασίου. Στόχος της έρευνας είναι να αποτυπώσει τον τρόπο με τον οποίο η χρήση του Arduino επηρεάζει τη μάθηση των μαθητών, την ικανότητα της συνεργασίας, την ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων και τη στάση τους απέναντι στις Θετικές Επιστήμες. Παράλληλα, επιχειρεί να εντοπίσει τις προκλήσεις που προκύπτουν κατά την εφαρμογή τέτοιων προγραμμάτων στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα. Προτείνεται ένας κύκλος μαθημάτων με εκπαιδευτικές δραστηριότητες ενώ η μελέτη αυτή συμβάλλει στη βιβλιογραφία για την εκπαιδευτική ρομποτική, προτείνοντας πρακτικές που μπορούν να εφαρμοστούν ευρύτερα για τη βελτίωση της εκπαιδευτικής εμπειρίας και την ενίσχυση του ενδιαφέροντος των μαθητών για τις Θετικές Επιστήμες.

1. STEM εκπαίδευση και Διδακτική των Φυσικών Επιστημών

1.1 Εισαγωγή της STEM εκπαίδευσης

Ο όρος «εκπαίδευση STEM» αναφέρεται στη διδασκαλία και τη μάθηση στους τομείς της επιστήμης (Science), της τεχνολογίας (Technology), της μηχανικής (Engineering) και των μαθηματικών (Mathematics) με έναν ενοποιημένο τρόπο σε όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες (Μανδρίκας, Στεφανίδου, Κυριάκου, & Σκορδούλης, 2023). Η εκπαίδευση STEM είναι πρωτίστως μία μαθητοκεντρική προσέγγιση που προωθεί τον επιστημονικό και τεχνολογικό γραμματισμό των μαθητών μέσω της εξοικείωσής τους στην επίλυση προβλημάτων της καθημερινής ζωής. Έχει προταθεί ως εκπαιδευτική μεταρρύθμιση της επιστημονικής εκπαίδευσης τις δύο τελευταίες δεκαετίες παγκοσμίως (National Research Council, 2011). Η Επιστήμη, η Τεχνολογία, η Μηχανική και τα Μαθηματικά είναι πνευματικά και πολιτιστικά επιτεύγματα που αντανακλούν την ανθρώπινη φύση μας και την ανάγκη μας να κατανοήσουμε τον κόσμο, εμπλουτίζοντας τις γνώσεις μας δημιουργώντας προοπτικές για το μέλλον ενώ παράλληλα ενισχύουν την οικονομία, βελτιώνουν την επικοινωνία και αποτελούν θεμελιώδεις πτυχές της ζωής μας ως πολίτες, εργαζόμενοι, καταναλωτές και γονείς. Αν και δεν υπάρχει ομοφωνία για τον ορισμό της εκπαίδευσης STEM (Hsu & Fang, 2019), πολλοί εκπαιδευτικοί και υπεύθυνοι χάραξης εκπαιδευτικής πολιτικής προωθούν τις πρακτικές STEM στις σχολικές αίθουσες επειδή προσφέρουν παιδαγωγική προσέγγιση βασισμένη στη μάθηση μέσω εργασιών (project-based learning) και προετοιμάζει τους μαθητές για τις δεξιότητες του 21ου αιώνα εμπλέκοντάς τους στην επίλυση προβλημάτων στον πραγματικό κόσμο (DeCoito, 2014).



Εικόνα 1 Η διασταύρωση των πεδίων STEM

Ο όρος STEM πρωτοεμφανίσθηκε το 2001 από τη βιολόγο Judith A. Ramaley (1941), η οποία ως Διευθύντρια του Ιδρύματος Φυσικών Επιστημών των ΗΠΑ (NSF) ήταν υπεύθυνη για την ανάπτυξη νέων προγραμμάτων σπουδών. Ήταν μια προσέγγιση στην εκπαίδευση που σχεδιάστηκε, ώστε στη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών, που είναι ζωτικής σημασίας για μια βασική κατανόηση του σύμπαντος, να εισαχθούν οι Τεχνολογίες και η Επιστήμη των Μηχανικών, που αποτελούν για τον άνθρωπο τα μέσα αλληλεπίδρασης με το σύμπαν. Συνδέεται άμεσα με τη βελτίωση της οικονομικής και τεχνολογικής προόδου που αποτελούν στόχο κάθε σύγχρονου έθνους. Το National Science Foundation είναι ένας ανεξάρτητος κυβερνητικός οργανισμός των ΗΠΑ που ιδρύθηκε το 1950 και είχε ως στόχο την προώθηση της επιστημονικής έρευνας, της καινοτομίας, της εκπαίδευσης σε όλους τους τομείς των φυσικών επιστημών της μηχανικής και της τεχνολογίας. Το NSF αποτελεί έναν από τους βασικούς χρηματοδότες της επιστημονικής έρευνας στα πανεπιστήμια και ερευνητικά ιδρύματα των ΗΠΑ. Ο διευθυντής του διορίζεται από τον Πρόεδρο των ΗΠΑ ενώ ο ετήσιος προϋπολογισμός του οργανισμού ξεπερνά τα εννέα δισεκατομμύρια δολάρια (2023).

Η έννοια και η φιλοσοφία πίσω από την STEM εκπαίδευση ξεκινά την δεκαετία του 50, ιδιαίτερα μετά την εκτόξευση από τη Σοβιετική Ένωση του Sputnik (1957). Καθοριστικός ήταν ο ρόλος του NSF στην προώθηση της επιστήμης και της τεχνολογίας ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια αλλά και μετά την εποχή του “Ψυχρού Πολέμου” συμβάλλοντας σε σημαντικές επιστημονικές ανακαλύψεις ενώ παραμένει θεμελιώδης παράγοντας για τη διατήρηση της παγκόσμιας πρωτοπορίας των ΗΠΑ στην επιστήμη και την τεχνολογία. Οι ΗΠΑ επένδυσαν σε μία εκπαίδευση, που αργότερα θα ονομαστεί εκπαίδευση STEM, για να διατηρήσουν το πλεονέκτημα έναντι της Σοβιετικής Ένωσης.

Το 1958 ψηφίζεται ήταν ένας από τους πιο σημαντικούς νόμους στην ιστορία της αμερικανικής εκπαίδευσης, το National Defense Education Act (NDEA), ο οποίος είχε ως στόχο να ενισχύσει την εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες, τα μαθηματικά και τη μηχανική. Ο NDEA υποστήριξε την εισαγωγή τεχνολογιών, όπως οπτικοακουστικά μέσα και πρώιμες υπολογιστικές τεχνικές στη διδασκαλία, αναμόρφωση των σχολικών προγραμμάτων ώστε να δίνουν έμφαση στην επιστημονική σκέψη και την καινοτομία ενώ παρείχε κονδύλια για την κατάρτιση εκπαιδευτικών. Έβαλε τα θεμέλια για τη σύγχρονη εκπαίδευση STEM και έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην επιστημονική πρόοδο της χώρας.

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1960, οι ΗΠΑ πραγματοποίησαν μία ριζική αναμόρφωση των εκπαιδευτικών προγραμμάτων στις φυσικές επιστήμες, με έμφαση στη βιωματική και πειραματική μάθηση. Δημιουργήθηκαν νέα επιστημονικά αναλυτικά

προγράμματα τα οποία χρηματοδοτήθηκαν από το NSF και άλλα κυβερνητικά ιδρύματα (Rudolph, 2002). Τα πιο σημαντικά από αυτά τα προγράμματα ήταν:

- 1960 - PSSC Physics (Physical Science Study Committee), είναι ένα καινοτόμο πρόγραμμα διδασκαλίας της φυσικής που αναπτύχθηκε από το MIT (Massachusetts Institute of Technology). Εστιάζοντας στην πειραματική προσέγγιση, την κριτική σκέψη και την κατανόηση θεμελιωδών αρχών, αντί για την απομνημόνευση τύπων και μηχανικών λύσεων προβλημάτων απαντά στην ανάγκη για βελτίωση της επιστημονικής εκπαίδευσης. Το Ίδρυμα Ευγενίδου έχει μεταφράσει και διαθέσει στα ελληνικά το εγχειρίδιο PSSC Φυσική (6η έκδοση), το οποίο χρησιμοποιήθηκε σε ελληνικά λύκεια για την πειραματική διδασκαλία της φυσικής (Physical Science Study Committee, 1960).
- 1963 - ChemStudy (Chemical Education Material Study), είναι ένα πρωτοποριακό πρόγραμμα αναμόρφωσης της διδασκαλίας της χημείας στις ΗΠΑ, που ξεκίνησε από το University of California, Berkeley. Αντικατέστησε τη θεωρητική προσέγγιση με πειραματική διδασκαλία απομακρύνοντας το μάθημα από την απομνημόνευση τύπων και αντιδράσεων και εστιάζοντας στην ανακάλυψη μέσω πειραμάτων.
- 1965 - BSCS (Biological Sciences Curriculum Study) ήταν ένα από τα πιο καινοτόμα προγράμματα, καθώς μετέφερε τη διδασκαλία της Βιολογίας στη σύγχρονη εποχή. Μία ομάδα επιστημόνων, εκπαιδευτικών και ερευνητών σχεδίασε ένα νέο πρόγραμμα βασισμένο στην έρευνα και την εξελικτική θεωρία. Εκπαιδευτικά βίντεο και διαφάνειες έδειχναν διαδικασίες όπως η κυτταρική διαίρεση και η αναπαραγωγή DNA ενώ το μοντέλο αυτό ενέπνευσε και άλλα εκπαιδευτικά συστήματα της Ευρώπης και του Καναδά.

Παρόλο που ο όρος STEM δεν υπήρχε τότε, αυτά τα προγράμματα έθεσαν τις βάσεις για την εκπαιδευτική φιλοσοφία που αργότερα έγινε γνωστή ως STEM. Θα μπορούσαμε να τα χαρακτηρίσουμε ως «προ-STEM εκπαιδευτικά προγράμματα» καθώς εισήγαγαν τη διεπιστημονική προσέγγιση, ενίσχυσαν τη μαθητοκεντρική και πειραματική μάθηση, προάγοντας την κριτική σκέψη και την επίλυση προβλημάτων, χρησιμοποίησαν σύγχρονα μέσα διδασκαλίας και ενσωμάτωσαν τη μηχανική και τα μαθηματικά στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών (DeBoer, 1991).

Το 1983 δημοσιεύεται το "A Nation at Risk: The Imperative for Educational Reform", μία σημαντική έκθεση από το National Commission on Excellence in Education στις ΗΠΑ. Η έκθεση αυτή πυροδότησε μια σειρά από αλλαγές στο εκπαιδευτικό σύστημα όπως: δημιουργία πολιτικών για την ενίσχυση της προ-STEM εκπαίδευσης, αύξηση των επενδύσεων στις επιστήμες και την τεχνολογία, έμφαση στην προετοιμασία για το

παγκόσμιο ανταγωνιστικό περιβάλλον, ενίσχυση της επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών και εισαγωγή αυστηρότερων προγραμμάτων και περισσότερων εξετάσεων. Αν και το "A Nation at Risk" δεν χρησιμοποιούσε τον όρο STEM, εξέφρασε ανησυχίες για την ποιότητα της εκπαίδευσης στις θετικές επιστήμες και τα μαθηματικά και δημιούργησε το περιβάλλον για τη μετέπειτα ανάπτυξη της STEM εκπαίδευσης (National Commission on Excellence in Education, 1983).

1.2 Εξέλιξη της STEM εκπαίδευσης

Η ίδια η έννοια του STEM άρχισε να παίρνει τη σημερινή της μορφή τη δεκαετία του 1990, όταν εκπαιδευτικοί και επιστήμονες αναζήτησαν τρόπους να ενσωματώσουν πιο αποτελεσματικά τους τέσσερις αυτούς τομείς. Το NSF ξεκινά να χρησιμοποιεί τον όρο SMET για να περιγράψει τα τέσσερα πεδία της επιστήμης, των μαθηματικών, της μηχανικής και της τεχνολογίας ως ενιαία εκπαιδευτική προσέγγιση. Η Judith Ramaley, διευθύντρια του NSF, προτείνει την αναδιάταξη των γραμμάτων από SMET σε STEM, καθώς ο νέος όρος θεωρήθηκε πιο εύηχος και επικοινωνιακά πιο αποτελεσματικός. Ο όρος STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) καθιερώνεται επίσημα από το NSF το 2001, αντικαθιστώντας το παλιότερο SMET. Αφορμή για την περαιτέρω εξέλιξη της εκπαίδευσης STEM ήταν η έκθεση, "Rising Above the Gathering Storm", των Αμερικανικών Εθνικών Ακαδημιών Επιστήμης, Μηχανικής και Ιατρικής (NASEM) στις ΗΠΑ το 2005 (National Academies of Science Engineering Medicine, 2005). Η έκθεση αυτή επεσήμανε τη σύνδεση μεταξύ οικονομικής ανάπτυξης και αύξησης εργατικού δυναμικού που διαθέτει εξειδικευμένες γνώσεις Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας.

Διεθνείς έρευνες και προγράμματα όπως το TIMSS¹ και το PISA (Πρόγραμμα Διεθνούς Αξιολόγησης Μαθητών) έδειξαν ότι στις ΗΠΑ ήταν μεγάλο το ποσοστό των μαθητών με χαμηλή επίδοση σε ό,τι αφορά γνώσεις και δεξιότητες στις Φυσικές Επιστήμες. Ξεκίνησε λοιπόν μία προσπάθεια ανάπτυξης της εκπαίδευσης STEM περιλαμβάνοντας εκπαιδευτικές δραστηριότητες σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης από το νηπιαγωγείο έως και το πανεπιστήμιο. Η διδακτική των Φυσικών Επιστημών συμπεριέλαβε τις πρακτικές STEM σε μία προσπάθεια βελτίωσης της διδασκαλίας των μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών. Το όραμα της εκπαιδευτικής κοινότητας ήταν να συμβάλουν στην ανάπτυξη ενός ευρέος φάσματος δεξιοτήτων και ικανοτήτων των

¹ Η έρευνα TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study), είναι μία διεθνής έρευνα στον χώρο της εκπαίδευσης, η οποία ξεκίνησε το 1995 και από τότε διεξάγεται κάθε τέσσερα χρόνια.

μαθητών τους που όχι μόνο προάγει την ακαδημαϊκή τους επιτυχία αλλά και τους προετοιμάζει για μία ποικιλία μελλοντικών ευκαιριών, ενισχύοντάς τους με εφόδια που θα χρειαστούν για να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις του 21^{ου} αιώνα. Ενσωματώθηκαν στην εκπαιδευτική διαδικασία δραστηριότητες βασισμένες σε σχέδια εργασίας (project-based learning) όπου απαιτούνται γνώσεις και δεξιότητες, ενώ ενθάρρυναν τους μαθητές, συνεργαζόμενοι σε ομάδες, να συμμετέχουν σε διαγωνισμούς για την κατασκευή συσκευών για την επίλυση ενός προβλήματος (Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021).

Το 2006 η Georgette Yakman καθηγήτρια Μηχανικής και Τεχνολογίας, μία από τις σημαντικές προσωπικότητες που συνέβαλαν στην ανάπτυξη της εκπαίδευσης STEM και ειδικότερα της διευρυμένης εκδοχής της, προτείνει την προσθήκη των τεχνών, "Arts" και αναπτύσσει το εκπαιδευτικό πλαίσιο STEAM με στόχο την ανάπτυξη πολύπλευρων δεξιοτήτων στους μαθητές (Watson & Watson, 2013). Επιμέρους στόχοι ήταν να ενισχύσει την ολιστική μάθηση αναγνωρίζοντας τη σημασία της δημιουργικότητας (Τέχνες) σε συνδυασμό με τις τεχνικές δεξιότητες προϊόντος της προετοιμασίας των μαθητών για τις πραγματικές προκλήσεις της σύγχρονης ζωής. Επικεντρώνεται στη σύνδεση των θεωρητικών γνώσεων με την πρακτική εφαρμογή τους, ενθαρρύνοντας τη διαθεματικότητα. Η παρέμβαση της Yakman έδειξε ότι η σύνδεση της επιστήμης και της τέχνης είναι τόσο επιθυμητή όσο καίρια για να προετοιμάσει τους μαθητές για τον σύνθετο και διαρκώς εξελισσόμενο κόσμο μας (Yakman & Lee, 2012).

Το 2011 δημοσιεύεται από το National Research Council (NRC) η έκθεση "Successful K-12 STEM Education: Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering, and Mathematics" που είχε ως στόχο της να καθορίσει ένα πλαίσιο για την κατανόηση του τι συνιστά επιτυχία στην εκπαίδευση STEM. Σύμφωνα με την έκθεση αυτή οι τρεις γενικοί σκοποί της εκπαίδευσης STEM είναι:

- Η διεύρυνση του αριθμού των μαθητών που επιδιώκουν υψηλές επιδόσεις και πιθανή σταδιοδρομία στα πεδία του STEM, καθώς και η αύξηση των γυναικών και των μειονοτικών ομάδων που συμμετέχουν σε προγράμματα STEM.
- Η διεύρυνση του εργατικού δυναμικού που έχει δεξιότητες STEM καθώς και η αύξηση της συμμετοχής των γυναικών και μειονοτήτων σε αυτό το εργατικό δυναμικό.
- Η αύξηση του επιπέδου του γραμματισμού STEM για όλους τους μαθητές, ανεξάρτητα από τις σπουδές και το επάγγελμα που ακολουθούν καθώς η λήψη αποφάσεων τον 21^ο αιώνα απαιτεί επιστημονική και τεχνολογική κατάρτιση (Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021).

Το 2012, δημοσιεύονται δύο εκθέσεις. Η μία με τίτλο "Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer" δημοσιεύθηκε από την Υπηρεσία Ερευνών του Κογκρέσου των ΗΠΑ (Congressional Research Service). Σκοπός της ήταν να προσφέρει μια εισαγωγική επισκόπηση των πολιτικών και προγραμμάτων που σχετίζονται με την εκπαίδευση STEM στις Ηνωμένες Πολιτείες. Η έκθεση αναλύει την κατάσταση της εκπαίδευσης STEM στις ΗΠΑ, επισημαίνοντας τόσο θετικές τάσεις όσο και ανησυχίες. Μεταξύ των θετικών σημείων περιλαμβάνονται η αύξηση των απονεμόμενων πτυχίων στις επιστήμες και τη μηχανική, καθώς και η βελτίωση των επιδόσεων των μαθητών στα μαθηματικά. Ωστόσο, εντοπίζονται ανησυχίες σχετικά με τα κενά επίδοσης μεταξύ διαφορετικών δημογραφικών ομάδων, την ποιότητα των εκπαιδευτικών και τις διεθνείς κατατάξεις των μαθητών των ΗΠΑ σε αξιολογήσεις STEM (Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021).

Η άλλη έκθεση "A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas" δημοσιεύεται από το NRC (National Research Council, 2012). Η έκθεση αυτή ήταν ένα ορόσημο στην εκπαιδευτική πολιτική των ΗΠΑ, καθώς έθεσε τις βάσεις για τα νέα εκπαιδευτικά πρότυπα στις επιστήμες, γνωστά ως Next Generation Science Standards (NGSS). Στόχος της έκθεσης ήταν η βελτίωση της επιστημονικής παιδείας των μαθητών, ενσωματώνοντας πρακτικές διερεύνησης, οριζόντιες έννοιες και θεμελιώδεις ιδέες της επιστήμης, προκειμένου οι μαθητές να αναπτύξουν δεξιότητες κριτικής σκέψης και επίλυσης προβλημάτων. Επίσημα πλέον, εδραιώνεται η προσέγγιση της μάθησης μέσω της πράξης και της σύνδεσης της επιστήμης με την καθημερινότητα του ανθρώπου. Το εκπαιδευτικό σύστημα επιδιώκει πλέον όχι μόνο την απομνημόνευση πληροφοριών και την απλή κατανόηση επιστημονικών όρων, αλλά την ουσιαστική κατανόηση του πώς συνδέονται αυτές οι έννοιες μεταξύ τους και στη συνέχεια πώς συνδέονται με τον πραγματικό κόσμο. Προωθείται μία πιο βαθιά και ολιστική κατανόηση των επιστημονικών εννοιών, η οποία αναπτύσσει την κριτική σκέψη των μαθητών και τους επιτρέπει να εφαρμόζουν την επιστημονική γνώση σε ρεαλιστικά προβλήματα, καθιστώντας τη μάθηση πιο ουσιαστική και χρήσιμη στη ζωή τους. Για παράδειγμα, σε ένα ολιστικό μάθημα φυσικής, οι μαθητές δεν θα μελετήσουν μόνο τη δύναμη και την κίνηση, αλλά θα δουν πώς αυτές οι έννοιες εφαρμόζονται στην κατασκευή μιας γέφυρας, ενσωματώνοντας και τη μηχανική.

Αφού λοιπόν ο/η μαθητής/τρια πρόκειται να ενσωματωθεί στην κοινωνία και να συμβάλει ουσιαστικά στην εξέλιξή της θα πρέπει να μαθαίνει να κρίνει και να δημιουργεί λύσεις σε πραγματικά κοινωνικά προβλήματα αρχής γενομένης από το σχολικό

περιβάλλον. Εργαζόμενοι πάνω σε επίκαιρα προβλήματα (οικονομικά, περιβαλλοντικά, κοινωνικά) συνδυάζουν γνώσεις από όλους τους επιστημονικούς κλάδους σε μια ολότητα και χρησιμοποιούν τεχνολογικά μέσα και εργαλεία για την επίλυσή τους (Πολίτη, Καρατράντου, & Παναγιωτακόπουλος, 2021)

Την δεκαετία 2000, το ακρωνύμιο STEM αποκτά μεγάλη σημασία στους κύκλους της εκπαίδευσης και της πολιτικής στις ΗΠΑ. Ηγέτες στον επιχειρηματικό τομέα, την κυβέρνηση αλλά και την ακαδημαϊκή κοινότητα υποστηρίζουν ότι η εκπαίδευση STEM είναι ζωτικής σημασίας όχι μόνο για τη διατήρηση της ικανότητας καινοτομίας των ΗΠΑ αλλά και ως βάση για επιτυχή επαγγελματική αποκατάσταση, περιλαμβάνοντας αλλά και εξελίσσοντας τα επαγγέλματα που σχετίζονται αυτή. Η Επιτροπή για την Ολοκληρωμένη Εκπαίδευση STEM (Committee on Integrated STEM Education), η Εθνική Ακαδημία Μηχανικών (NAE) και το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των ΗΠΑ (NRC)² έπειτα από διετή έρευνα δημοσιεύει μία έκθεση για τον καθορισμό των προσεγγίσεων και των συνθηκών που θα ήταν πιθανό να οδηγήσουν σε θετικά αποτελέσματα από την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM στις βαθμίδες K–12 στις ΗΠΑ (Honey, Pearson, & Schweingruber, 2014). Ο όρος "K–12" χρησιμοποιείται ευρέως στις ΗΠΑ για να αναφερθεί συνολικά στην υποχρεωτική εκπαίδευση που προηγείται του κολεγίου ή του πανεπιστημίου. Οι βαθμίδες K–12 αφορούν τα επίπεδα εκπαίδευσης από το νηπιαγωγείο (Kindergarten) έως τη 12η τάξη (12th Grade) δηλαδή την αντίστοιχη 3^η τάξη του Λυκείου στην Ελλάδα, δηλαδή από ηλικία των 5 έως 17 ετών, και περιλαμβάνουν τις τρεις βασικές βαθμίδες: α) Πρωτοβάθμια εκπαίδευση (Elementary School) από το Νηπιαγωγείο έως την 5η τάξη (5th Grade), β) το Γυμνάσιο (Junior High School) από τη 6η έως την 8η τάξη (6th – 8th Grade) και γ) το Λύκειο (High School) από την 9η έως την 12η τάξη (9th -12th Grade).

Παραδοσιακά, η εκπαίδευση στις βαθμίδες K–12 των ΗΠΑ επικεντρωνόταν στα μεμονωμένα μαθήματα, κυρίως στις φυσικές επιστήμες και τα μαθηματικά. Η εισαγωγή της μηχανικής σε ορισμένες αίθουσες των K–12 και σε εξωσχολικές δραστηριότητες, καθώς και η δημοσίευση των νέων εκπαιδευτικών προτύπων στις επιστήμες (Next Generation Science Standards) το 2013, που συνδέουν ρητά έννοιες και πρακτικές των επιστημών με αυτές της μηχανικής, έχουν αναδείξει την ιδέα της ενσωμάτωσης ως σημαντικό στοιχείο της εκπαίδευσης STEM. Αναγνωρίζοντας ότι η εκπαίδευση εντός των μεμονωμένων επιστημονικών κλάδων έχει μεγάλη αξία και ότι οι προσπάθειες βελτίωσης

² Το National Research Council είναι ένας οργανισμός που ιδρύθηκε το 1916 από την Εθνική Ακαδημία Επιστημών των Ηνωμένων Πολιτειών. Στόχος του είναι η προώθηση της επιστημονικής έρευνας και της τεκμηριωμένης λήψης αποφάσεων. Συμβάλλει στη διαμόρφωση της εκπαιδευτικής πολιτικής STEM.

της διδασκαλίας και της μάθησης που επικεντρώνονται σε αυτούς θα πρέπει να συνεχιστούν, αυτό το έργο εξετάζει τα πιθανά οφέλη και τις προκλήσεις της σαφούς εστίασης στην ενσωμάτωση (Honey, M., 2014). Εξετάζονται επίσης τα στοιχεία σχετικά με τον αντίκτυπο των ολοκληρωμένων προσεγγίσεων σε διάφορες παραμέτρους ενδιαφέροντος, όπως η μεγαλύτερη ευαισθητοποίηση, η κινητοποίηση και η επίδοση των μαθητών στα μαθήματα STEM, η βελτίωση των δεξιοτήτων προετοιμασίας για το πανεπιστήμιο, και οι αυξήσεις στον αριθμό και την ποιότητα των μαθητών που ενδέχεται να εξετάσουν μια καριέρα σε τομέα σχετικό με STEM.

Το 2014 το National Research Council (NRC), που αποτελεί μέρος των NASEM, δημοσιεύει την έκθεση με τίτλο “STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research” (National Research Council, 2014). Τα κύρια ευρήματα της Έκθεσης ήταν:

1. Η ενσωμάτωση επιστημονικών και τεχνολογικών πεδίων μέσω διεπιστημονικών δραστηριοτήτων κινητοποιεί τους μαθητές.
2. Η διαθεματική διδασκαλία ενισχύει την κριτική σκέψη και την ικανότητα λήψης αποφάσεων.
3. Οι μαθητές δείχνουν αυξημένο ενδιαφέρον και τείνουν να συμμετέχουν ενεργά στη μάθηση όταν βλέπουν τη σύνδεση μεταξύ θεωρίας και πράξης.
4. Η ολοκληρωμένη γνώση των διαφόρων πεδίων προετοιμάζει καλύτερα τους μαθητές για την επίλυση πραγματικών προβλημάτων.
5. Προτείνεται η ανάπτυξη ενοποιημένων προγραμμάτων σπουδών που ενσωματώνουν εργαστηριακές δραστηριότητες, ομαδική εργασία και δημιουργικές προσεγγίσεις.
6. Η διδασκαλία της μηχανικής βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν την πρακτική χρήση της επιστήμης και της τεχνολογίας.
7. Η προσέγγιση STEM μπορεί να βοηθήσει μαθητές από διαφορετικά κοινωνικοοικονομικά και πολιτισμικά στρώματα να αποκτήσουν πρόσβαση σε ποιοτική εκπαίδευση.

Η έκθεση αυτή αποτέλεσε σημαντικό στοιχείο για εκπαιδευτικούς, ερευνητές και φορείς χάραξης εκπαιδευτικής πολιτικής ενισχύοντας την προώθηση της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM. Με βάση την έκθεση αυτή διαμορφώθηκαν προγράμματα τα οποία: Υποστηρίζουν τη συνεργασία μεταξύ σχολείων, πανεπιστημίων και επιχειρήσεων. Δίνουν έμφαση σε διαγωνισμούς καινοτομίας και προγράμματα εμπλουτισμού όπως η ρομποτική και ο προγραμματισμός. Προωθούν την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών για την αποτελεσματικότερη εφαρμογή διεπιστημονικών στρατηγικών στη διδασκαλία. Η έκθεση αυτή πυροδότησε μια αλυσιδωτή αντίδραση στον σχεδιασμό της εκπαιδευτικής πολιτικής στις ΗΠΑ με κύριους άξονες (National Research Council, 2014):

1. **Ενίσχυση της ολιστικής προσέγγισης STEM.** Τονίζεται η ανάγκη για τη διδασκαλία των επιστημών, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών με έναν συνδυαστικό τρόπο, προωθώντας την ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων και κριτικής σκέψης στους μαθητές.
2. **Διαμόρφωση νέας εκπαιδευτικής πολιτικής.** Νέες πολιτικές που υποστηρίζουν την ενσωμάτωση της εκπαίδευσης STEM στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση, τη δημιουργία προγραμμάτων επιμόρφωσης εκπαιδευτικών και την παροχή πόρων για την υποστήριξη της διαθεματικής διδασκαλίας.
3. **Ανάπτυξη ερευνητικής ατζέντας.** Δίνεται προτεραιότητα στην έρευνα σχετικά με την αποτελεσματικότητα της εκπαίδευσης STEM, ενθαρρύνοντας μελέτες που εξετάζουν τον αντίκτυπο στις μαθησιακές επιδόσεις και την ανάπτυξη δεξιοτήτων των μαθητών.
4. **Εστίαση στην ισότητα και την προσβασιμότητα.** Υπογραμμίζεται η σημασία της παροχής ίσων ευκαιριών σε όλους τους μαθητές, ανεξαρτήτως κοινωνικοοικονομικού υπόβαθρου, για συμμετοχή σε προγράμματα STEM, προωθώντας την ένταξη χαμηλά εκπροσωπούμενων ομάδων.
5. **Προετοιμασία για το μέλλον.** Η εκπαίδευση STEM θεωρείται κρίσιμη για την προετοιμασία των μαθητών στις απαιτήσεις της σύγχρονης αγοράς εργασίας, και ενισχύει την συνεργασία μεταξύ εκπαιδευτικών ιδρυμάτων και βιομηχανίας.
6. **Διεθνής επιρροή.** Η εκπαίδευση STEM αποτελεί πρότυπο για άλλα εκπαιδευτικά συστήματα παγκοσμίως, τα οποία υιοθετούν παρόμοιες προσεγγίσεις. Παγιώνεται μία ολοκληρωμένη και ερευνητικά τεκμηριωμένη προσέγγιση στην διαμόρφωση της εκπαίδευσης STEM.
7. **Αύξηση επενδύσεων σε προγράμματα STEM.** Αυξάνεται η χρηματοδότηση για την ανάπτυξη προγραμμάτων και δραστηριοτήτων που προωθούν την εκπαίδευση STEM, όπως διαγωνισμοί ρομποτικής και καλοκαιρινά σχολεία.

Ως συνέπεια της παραπάνω έκθεσης, πολλές χώρες έχουν αναγνωρίσει τη σημασία της εκπαίδευσης STEM και έχουν προχωρήσει στην ενσωμάτωσή της στα εκπαιδευτικά τους προγράμματα. Στην Ευρώπη, η εισαγωγή προγραμμάτων STEM (ή STEAM) και προγραμμάτων εκπαιδευτικής ρομποτικής έχει προωθηθεί σε διάφορες βαθμίδες της εκπαίδευσης, με στόχο την ανάπτυξη δεξιοτήτων του 21ου αιώνα, ανάμεσά τους η κριτική σκέψη και η δημιουργικότητα.

Ήδη το 2007 μία έκθεση με τίτλο “Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe”, δημοσιεύεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή υπό την καθοδήγηση μίας ομάδας εμπειρογνομόνων με επικεφαλής τον Michel Rocard (πρώην

πρωθυπουργός της Γαλλίας). Η έκθεση αυτή υπογραμμίζει την ανάγκη ανανέωσης της παιδαγωγικής προσέγγισης στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, προτείνοντας τη μετάβαση σε μεθόδους διδασκαλίας που βασίζονται στην διερευνητική-ανακαλυπτική μάθηση (Inquiry-Based Science Education). Στόχος είναι η αύξηση του ενδιαφέροντος των νέων για τις επιστήμες και η ενίσχυση της επιστημονικής παιδείας στην Ευρώπη (European Commission, 2007). Η IBSE αναδείχθηκε σε μία θεμελιώδη παιδαγωγική μέθοδο για την βελτιστοποίηση της μάθησης ενώ ενδείκνυται ως ο καταλληλότερος τρόπος υλοποίησης της επιστημονικής μεθόδου στα σχολεία. Τα «μοντέλα» θεωρούνται ως θεμελιώδεις διδακτικές μονάδες της διδασκαλίας που βασίζεται στην IBSE και την εκπαίδευση STEM. Το μοντέλο αντικαθιστά την "κλασική" πειραματική διάταξη και η προσομοίωση αντικαθιστά το πείραμα. Η επιχειρηματολογία σχετίζεται με την εμπλοκή των μαθητών σε μια διαδικασία όπου διατυπώνουν ισχυρισμούς και χρησιμοποιούν μοντέλα και δεδομένα για να υποστηρίξουν τις εικασίες τους, να δικαιολογήσουν ή να αντικρούσουν τις ιδέες τους (Ψυχάρης, 2016).

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) αναγνώρισε την έλλειψη επιστημονικών και τεχνολογικών δεξιοτήτων και ξεκίνησε πρωτοβουλίες όπως Horizon 2020 & Horizon Europe (χρηματοδότηση έρευνας και εκπαίδευσης), European Schoolnet (δίκτυο 34 υπουργείων Παιδείας για STEM εκπαίδευση), Scientix (πλατφόρμα ανταλλαγής καλών πρακτικών στη STEM εκπαίδευση). Πολλές ευρωπαϊκές χώρες ενσωμάτωσαν διαθεματικά STEM προγράμματα στη διδασκαλία ενώ η Φινλανδία, η Γερμανία, και η Ολλανδία ήταν από τις πρώτες που ανέπτυξαν προγράμματα STEM ήδη από τη δεκαετία του 2000.

Το 2015 ο Πρόεδρος των ΗΠΑ, Μπαράκ Ομπάμα, ανακοινώνει στην Επιστημονική Έκθεση του Λευκού Οίκου, νέες δεσμεύσεις ύψους άνω των 240 εκατομμυρίων δολαρίων για τα προγράμματα STEM. Σε μία εκδήλωση που οργανώθηκε για να τιμήσει τους μαθητές νικητές διαγωνισμών στους τομείς STEM από όλη τη χώρα ανακοινώνει νέες δεσμεύσεις για πολλαπλές πρωτοβουλίες, συνεργασίες και χρηματοδοτήσεις που έχουν στόχο να ενισχύσουν την πρόσβαση και τη συμμετοχή στην εκπαίδευση STEM. Η εκστρατεία του Προέδρου «Εκπαίδευση για Καινοτομία» (Educate to Innovate) που ξεκίνησε τον Νοέμβριο του 2009, συγκεντρώνει πάνω από ένα δισεκατομμύριο δολάρια σε οικονομική και υλική υποστήριξη για τα προγράμματα STEM, σε μία προσπάθεια να αξιοποιήσουν στο έπακρο τα talέντα του έθνους. Απευθύνθηκαν λοιπόν σε αγόρια και κορίτσια, άνδρες και γυναίκες, όλων των φυλών και όλων των κοινωνικών ομάδων ενθαρρύνοντάς τους να δουν τους εαυτούς τους ως πιθανούς μελλοντικούς επιστήμονες (President Barack Obama, March 23, 2015).

1.3 Διδακτικές μεθοδολογίες που συνδέονται με την εκπαίδευση STEM

Η εκπαίδευση STEM προϋποθέτει τη χρήση διδακτικών μεθοδολογιών που προάγουν τη διαθεματικότητα, τη συνεργασία, την επίλυση προβλημάτων και τη δημιουργικότητα. Είναι κοινώς αποδεκτό ότι η γνώση δεν είναι μόνο αποτέλεσμα ατομικής προσπάθειας αλλά εμπλέκει τόσο τις νοητικές λειτουργίες του ατόμου (γνωστική ψυχολογία) όσο και τις επιρροές από την κοινωνία (κοινωνική ψυχολογία). Μάθηση είναι η διαδικασία αυτή που υποβοηθά τους οργανισμούς να τροποποιούν τη συμπεριφορά τους σε σύντομο χρονικό διάστημα και με μόνιμο τρόπο, ώστε η ίδια τροποποίηση να μην χρειαστεί να επαναληφθεί σε κάθε νέα ανάλογη περίπτωση (Gagne', 1975). Μολαταύτα η μάθηση προϋποθέτει την διδασκαλία, η οποία είναι το σύνολο των δραστηριοτήτων με τις οποίες ο δάσκαλος προσπαθεί να μεταβάλει τη συμπεριφορά του μαθητή (μάθηση) με τρόπο συνειδητό, σχεδιασμένο και προγραμματισμένο. Σύμφωνα με τον J. S. Brunner (1915-2016) η μάθηση δεν είναι ένα απλό προϊόν, αλλά μια δυναμική και συνεχής διαδικασία, απηχώντας το συναίσθημα ότι “η εκπαίδευση δεν πρέπει μόνο να μεταδίδει πολιτισμό, αλλά επίσης να παρέχει εναλλακτικές απόψεις για τον κόσμο και να ενισχύει τη θέληση για τη διερεύνησή τους” (Brunner, 1996). Συνεπώς, ένας εκπαιδευτικός θα πρέπει πρωτίστως να κατανοήσει επαρκώς τις θεωρίες μάθησης ώστε οι στόχοι που θέτει αναφορικά με τα μαθήματα που θα διδάξει, να μπορέσουν να επιτευχθούν μέσω της μεθόδου διδασκαλίας που θα επιλέξει (Δημητριάδης, 2015).

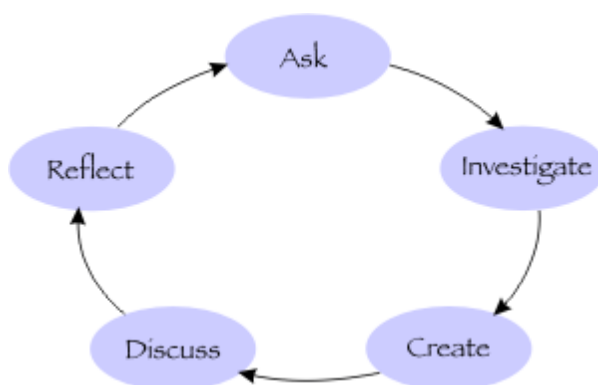
Βασικές κατηγορίες παιδαγωγικών θεωριών μάθησης είναι:

- Συμπεριφορισμός (Behaviorism), I. Pavlov, B. Skinner, J. Watson
- Εποικοδομισμός (Constructivism), J. Piaget, J. Bruner
- Κοινωνικός Εποικοδομισμός (Social Constructivism), L. Vygotsky
- Γνωστική Θεωρία (Cognitivism), R. Gagné, A. Bandura, J. Piaget
- Συνδεδετισμός (Connectivism), G. Siemens, S. Downes.
- Ανθρωπιστική Θεωρία (Humanism), C. Rogers, A. Maslow

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, και επιχειρώντας να σχεδιάσει κανείς μία ολοκληρωμένη «διδασκαλία» STEM, θα πρέπει να λάβει υπόψη του τις θεωρίες μάθησης και τις αντίστοιχες διδακτικές μεθοδολογίες που εμπίπτουν στη λογική της STEM εκπαίδευσης και ενθαρρύνουν τη διαθεματικότητα, τη βιωματική μάθηση και την ανάπτυξη δεξιοτήτων ανάλυσης, κριτικής σκέψης, δημιουργικότητας και επίλυσης προβλημάτων. Η εκπαίδευση STEM προετοιμάζοντας τους μαθητές για τις ανάγκες του 21ου αιώνα συνδυάζει τις παρακάτω προσεγγίσεις μάθησης.

1.3.1 Διερευνητική Μάθηση (Inquiry-Based Learning - IBL)

Η διερευνητική μάθηση επικεντρώνεται στην ενεργή συμμετοχή των μαθητών, ενθαρρύνοντάς τους να θέτουν ερωτήματα, να διατυπώνουν υποθέσεις, να σχεδιάζουν και να διεξάγουν πειράματα, να αναλύουν τα αποτελέσματα και να εξάγουν συμπεράσματα. Περιγράφεται ως βασική πρακτική της επιστημονικής διδασκαλίας (NRC, 2012) με βασικούς θεμελιωτές τους J. Bruner (1915-2016) και J. Dewey (1859-1952). Ανάλογα με το επίπεδο καθοδήγησης από τον εκπαιδευτικό εφαρμόζεται είτε Δομημένη (Structured), είτε Καθοδηγούμενη (Guided) είτε Ανοικτή Μάθηση (Open Inquiry).



Εικόνα 2 Ο κύκλος της Διερεύνησης

1.3.2 Μάθηση βάση Έργου (Project-Based Learning - PBL)

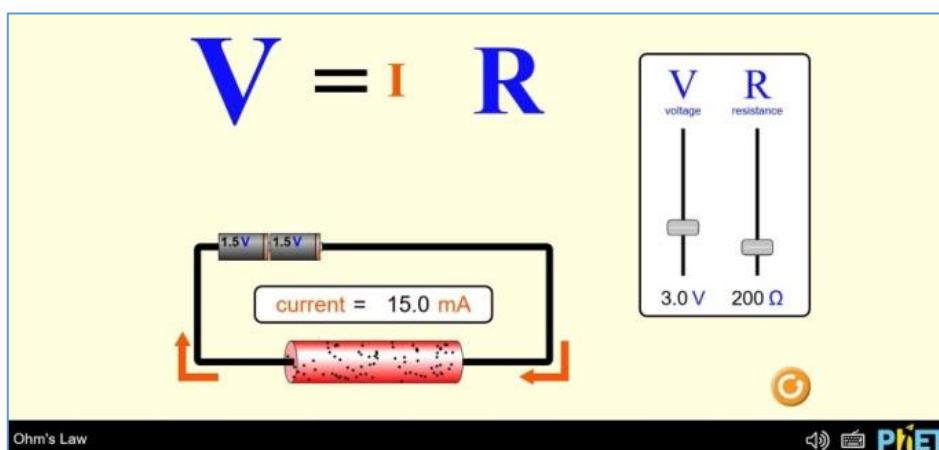
Η μάθηση βάση έργου περιλαμβάνει τη συνεργασία των μαθητών, την εφαρμογή γνώσεων και δεξιοτήτων και την ενεργή διερεύνηση και επίλυση πραγματικού προβλήματος ή την υλοποίηση ερευνητικής εργασίας (project) με σαφή στόχο. Δίνει έμφαση στη διαθεματικότητα, ενσωματώνοντας έννοιες από τις φυσικές επιστήμες, την τεχνολογία, τη μηχανική και τα μαθηματικά αναπτύσσοντας δεξιότητες σχεδιασμού και επίλυσης προβλημάτων σε πραγματικές συνθήκες. Οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά και δεν είναι παθητικοί δέκτες της γνώσης (Thomas, 2000). Η θεωρία PBL έχει τις ρίζες της στις παιδαγωγικές αρχές των W. Kilpatrick (1871-1965) και J. Dewey (1859-1952).



Εικόνα 3 Τα βήματα του Project Based Learning

1.3.3 Προσομοιώσεις και Εικονικά Εργαστήρια (Simulations – Virtual Labs)

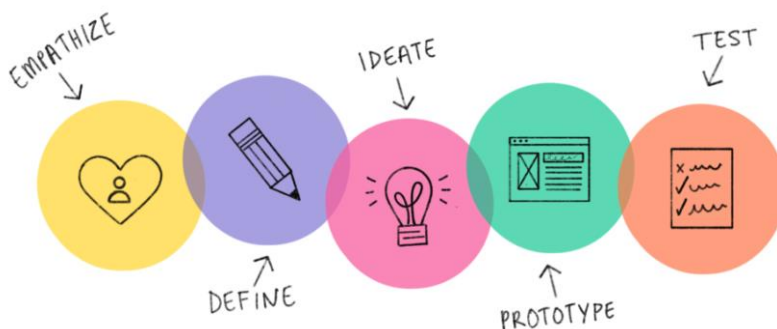
Η χρήση λογισμικού και εργαλείων προσομοίωσης επιτρέπει στους μαθητές να πειραματιστούν με καταστάσεις που δεν είναι εύκολα προσβάσιμες στο παραδοσιακό εργαστήριο. Ενθαρρύνει την τεχνολογική εξοικείωση και τη μελέτη περίπλοκων φαινομένων. Παραδείγματα τέτοιων εργαλείων προσομοίωσης υπάρχουν στην ιστοσελίδα του University of Colorado Boulder (<https://phet.colorado.edu/>) όπου ο/η μαθητής/τρια έχει τη δυνατότητα να «πειραματιστεί» μέσα από μία μεγάλη ποικιλία διασκεδαστικών εκπαιδευτικών προσομοιώσεων (Honey, Pearson, & Schweingruber, 2014).



Εικόνα 4 Προσομοίωση για τον Νόμο του Ohm

1.3.4 Σχεδιαστική Σκέψη (Design Thinking)

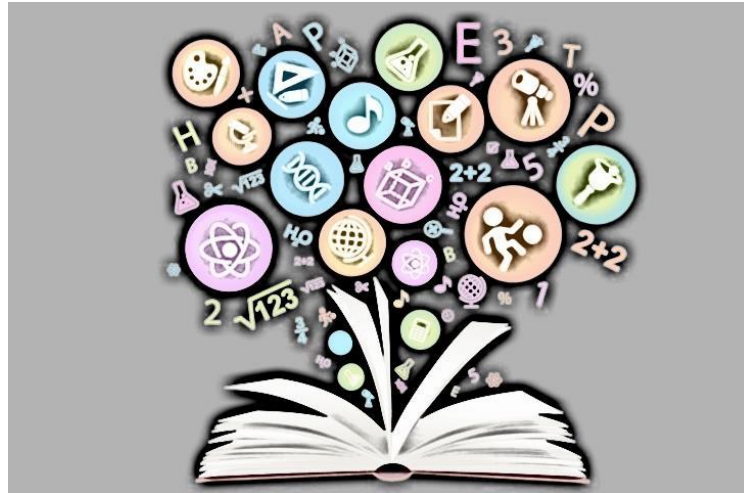
Πρόκειται για μία ανθρωποκεντρική και διεπιστημονική προσέγγιση με έμφαση στη δημιουργική επίλυση προβλημάτων. Τα βήματα του κύκλου είναι: Ενσυναίσθηση, Ορισμός προβλήματος, Καταιγισμός ιδεών (brainstorming), Δημιουργία πρωτοτύπου, Δοκιμή και Ανατροφοδότηση. Χρησιμοποιώντας επιστημονικές έννοιες αναδεικνύει τη μηχανική και την τεχνολογία ως βασικά εργαλεία για την επίλυση προβλημάτων ενώ περιλαμβάνεται ως μέρος της προσέγγισης PBL (Plattner, Meinel, & Leifer, 2011). Πρωτοπόρος της DTh θεωρείται ο Herbert A Simon ο οποίος ανέφερε το DTh ως τρόπο σκέψης στο βιβλίο του: “The sciences of the artificial”, το 1969.



Εικόνα 5 Σχεδιαστική σκέψη

1.3.5 Διαθεματική Προσέγγιση (Interdisciplinary Approach , Cross-Thematic)

Η ενσωμάτωση διαφορετικών επιστημονικών αντικειμένων (π.χ. φυσική, χημεία, βιολογία) σε ένα ενιαίο μάθημα που συνδέεται με την τεχνολογία, τα μαθηματικά και τη μηχανική. Προωθείται η ολιστική κατανόηση της γνώσης βοηθώντας τους μαθητές να κατανοήσουν πώς οι επιστήμες συνεργάζονται στην επίλυση σύνθετων προβλημάτων. Ενδυναμώνει την κατανόηση της εφαρμογής των φυσικών επιστημών στον πραγματικό κόσμο (Honey, Pearson, & Schweingruber, 2014).



Εικόνα 6 Διαθεματική προσέγγιση

1.3.6 Μάθηση μέσω Επίλυσης Προβλημάτων (Problem-Based Learning)

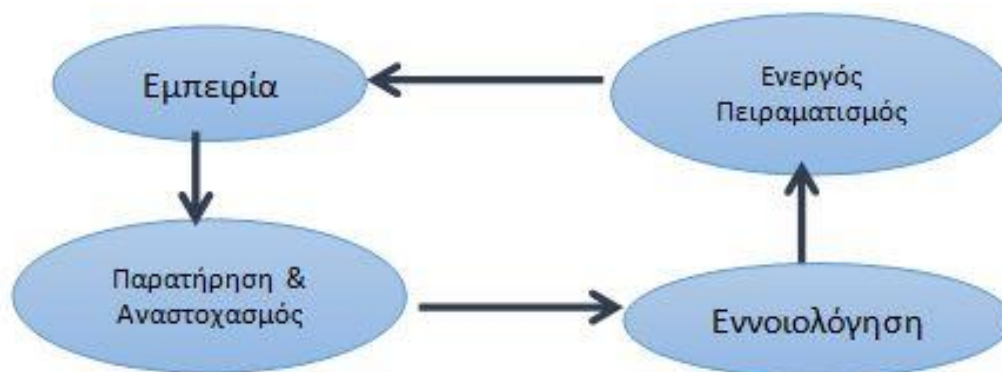
Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες για την επίλυση ενός υπαρκτού προβλήματος που συνδέεται με πραγματικά δεδομένα, συνήθως σε σχέση με τις φυσικές επιστήμες. Ενισχύει την κριτική σκέψη και τη χρήση υπολογιστικών εργαλείων για την εξαγωγή λύσεων. Συνδυάζει τη φυσική και τη χημεία με τα μαθηματικά και την τεχνολογία. Η γνώση αναδύεται μέσα από την αναζήτηση λύσεων. Οι μαθητές συνεργάζονται σε ομάδες ενώ ο εκπαιδευτικός έχει ρόλο διευκολυντή (facilitator) και καθοδηγητή (Barrows, 1986). Θεμελιωτής της Problem-Based Learning θεωρείται ο καθηγητής ιατρικής, Howard Barrows (1928-2011).



Εικόνα 7 Problem Based Learning

1.3.7 Βιωματική Μάθηση (Experiential Learning)

Η διαδικασία της μάθησης συντελείται μέσω της πράξης. Ενθαρρύνεται η εμπλοκή των μαθητών σε πραγματικές καταστάσεις, σε πρακτικές εμπειρίες και προβληματισμό, ώστε να είναι σε θέση να συνδέσουν θεωρίες και γνώσεις που έχουν μάθει στην τάξη με πραγματικές καταστάσεις. Ενθαρρύνονται επισκέψεις σε ερευνητικά κέντρα και η χρήση νέων τεχνολογιών. Συνδυάζεται η θεωρία με την πράξη ενώ οι μαθητές εξοικειώνονται με τα εργαλεία και τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην επιστήμη και την τεχνολογία (Dewey, 1997).



Εικόνα 8 Experiential Learning

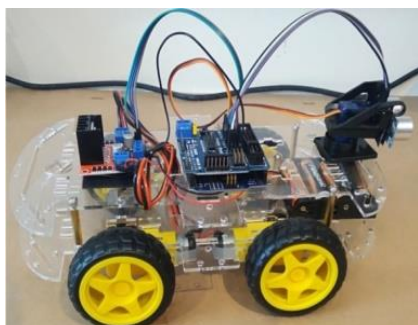
1.3.8 Ρομποτική και Προγραμματισμός

Εισάγεται η ρομποτική και η προγραμματιστική σκέψη στα μαθήματα των φυσικών επιστημών. Ενσωματώνουν γνώσεις από την τεχνολογία τη μηχανική, την πληροφορική και τα ηλεκτρονικά. Ενισχύουν την κριτική σκέψη και την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων ενθαρρύνοντας τους μαθητές να σχεδιάζουν, να κατασκευάζουν και να προγραμματίζουν τις δικές τους συσκευές. Παράλληλα οι μαθητές λειτουργούν ομαδοσυνεργατικά για τον κοινό τους στόχο, εξοικειώνονται με εργαλεία της σύγχρονης τεχνολογίας και προετοιμάζονται για τα επαγγέλματα του μέλλοντος. Συνδυάζουν τη μάθηση και το παιχνίδι, αποτελούν μια ευχάριστη και ευέλικτη διδασκαλία μάθησης, που τονώνει το κίνητρο των παιδιών και συμβάλλει στη μετατροπή των σχολείων σε δημιουργικές κυσέλες γνώσης και καινοτομίας. Εκπαιδευτικά εργαλεία ρομποτικής είναι:

- το Arduino, μία πλατφόρμα ανοικτού λογισμικού (software) και υλικού (hardware) σχεδιασμένη για να διευκολύνει την εκμάθηση και τη δημιουργία ηλεκτρονικών έργων. Περιλαμβάνει την πλακέτα Arduino με μικροεπεξεργαστή η οποία μπορεί να προγραμματιστεί και αποτελεί τον «εγκέφαλο» των κατασκευών, αισθητήρες, εξαρτήματα καθώς και ένα φιλικό λογισμικό που επιτρέπει τον προγραμματισμό του.

ii) τα LEGO Mindstorms, τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως σε σχολεία για τη δημιουργία και τον προγραμματισμό κατασκευών ρομπότ. Είναι μια σειρά εκπαιδευτικών κιτ ρομποτικής της LEGO, σχεδιασμένη για να συνδυάζει τα τουβλάκια LEGO με ηλεκτρονικά εξαρτήματα και προγραμματισμό, καθιστώντας το ιδανικό για το STEM.

iii) το LEGO Education SPIKE, ένα εκπαιδευτικό εργαλείο της LEGO σχεδιασμένο για να εμπνεύσει μαθητές να μάθουν προγραμματισμό, ρομποτική και έννοιες STEM μέσω δημιουργικών δραστηριοτήτων ενώ εστιάζει στη συνεργασία, την καινοτομία και την επίλυση προβλημάτων.



Εικόνα 9 Arduino



Εικόνα 10 LEGO Mindstorms

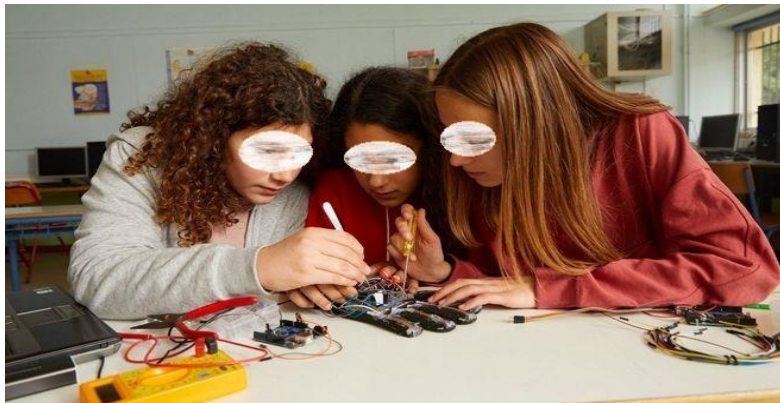


Εικόνα 11 LEGO Education SPIKE

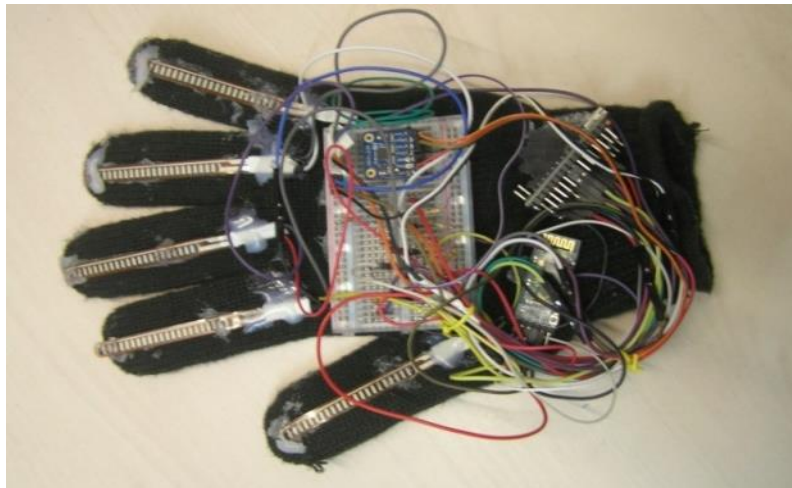
Η ρομποτική αποτελεί ένα δυναμικό εργαλείο στην εκπαίδευση STEM, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη δεξιοτήτων ζωής, στην απόκτηση αυτοπεποίθησης και στην προετοιμασία των μαθητών για έναν τεχνολογικά προηγμένο κόσμο. Επιγραμματικά, αναφέρονται οι τρόποι στους οποίους συμβάλλει η ρομποτική.

1. Πρακτική μάθηση: για να φτιάξουν οι μαθητές ένα ρομπότ, μαθαίνουν πρώτα οτιδήποτε σχετικό με αισθητήρες, κυκλώματα και προγραμματισμό.
2. Ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων: όταν η κατασκευή τους δεν λειτουργεί, οι μαθητές εντοπίζουν την αιτία και αναζητούν τη λύση.
3. Ενίσχυση συνεργασίας και επικοινωνίας: οι μαθητές κατανέμουν ρόλους σχεδιαστή, τεχνικού, προγραμματιστή και παρουσιαστή ώστε να ολοκληρωθεί το έργο
4. Καλλιέργεια κριτικής και υπολογιστικής σκέψης: οι μαθητές σκέφτονται λογικά, συστηματικά και με κατάλληλα βήματα (αλγόριθμος) για να επιτύχουν τον στόχο τους.
5. Ενσωμάτωση πολλαπλών επιστημών: χρησιμοποιούν πολλούς τομείς Επιστήμης, Τεχνολογίας, Μηχανικής και Μαθηματικών κατά τη διάρκεια της σχεδίασης, της κατασκευής και του προγραμματισμού.
6. Ενίσχυση του ενδιαφέροντος για επαγγέλματα STEM: οι μαθητές που συμμετέχουν σε διαγωνισμούς ενθουσιάζονται και συχνά εμπνέονται να ασχοληθούν με τις θετικές επιστήμες, την πληροφορική και τη μηχανική.

7. Συμπερίληψη: προσφέρονται ίσες ευκαιρίες για όλους, ανεξάρτητα από το φύλο, τις δεξιότητες και το κοινωνικό τους υπόβαθρο. Μαθητές με διαφορετικά ενδιαφέροντα ή ικανότητες μπορούν να συνεργαστούν με διαφορετικούς ρόλους ο καθένας.
8. Ενίσχυση της αυτοπεποίθησης: οι μαθητές λαμβάνουν ικανοποίηση από την ικανότητά τους να δημιουργήσουν δικές τους κατασκευές ενώ ταυτόχρονα ενισχύεται η ψυχολογία τους και βελτιώνεται η μαθητική τους επίδοση.
9. Εκμάθηση μέσα από την αποτυχία: οι αποτυχημένες προσπάθειες των μαθητών αποτελούν εξαιρετικές ευκαιρίες για μάθηση. Οι μαθητές μαθαίνουν να διαχειρίζονται την απογοήτευση και να επιμένουν έως ότου να πετύχουν τον στόχο τους.



Εικόνα 12 Νικήτρια ομάδα του 1ου Διαγωνισμού Generation Next 2020



Εικόνα 13 Γάντι που μεταφράζει τη νοηματική γλώσσα - 1ο Βραβείο 2020

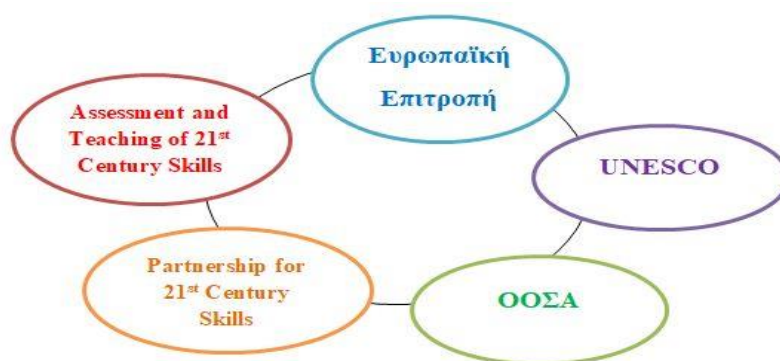
Οι μαθητές που ασχολούνται με τον σχεδιασμό, την κατασκευή και τον προγραμματισμό ρομποτικών συστημάτων συμμετέχουν ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία, καλλιεργώντας δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων. Ταυτόχρονα, αξιοποιούν προηγμένες νοητικές ικανότητες, ενώ συνεργάζονται και ανταλλάσσουν σκέψεις και προτάσεις με τους συμμαθητές τους, ενισχύοντας την ομαδικότητα, την επικοινωνία και τη δημιουργική σκέψη (Chambers & Carbonaro, 2003).

1.4 Δεξιότητες του 21ου αιώνα

Τα τελευταία χρόνια, η συζήτηση γύρω από τις δεξιότητες που πρέπει να αναπτύξουν οι μαθητές και οι μαθήτριες προκειμένου να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις της σύγχρονης εποχής έχει μετατοπιστεί στο επίκεντρο των συνομιλιών περί εκπαίδευσης. Οι δεξιότητες αυτές περιγράφονται ως ένα σύνολο γνώσεων, ικανοτήτων, εμπειριών και τρόπων σκέψης, καθώς και άλλων χαρακτηριστικών που, είτε μεμονωμένα είτε σε συνδυασμό, συμβάλλουν στην επίτευξη του επιθυμητού στόχου (Αθανασίου, 2020).

Οι μαθητές και οι μαθήτριες καλούνται να αξιοποιήσουν και να εφαρμόσουν τις αποκτηθείσες γνώσεις μέσα σε συγκεκριμένο χρονικό πλαίσιο, προκειμένου να αντιμετωπίσουν προβλήματα και να ολοκληρώσουν εργασίες που τους ανατίθενται. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι οι δεξιότητες αυτές δεν είναι έμφυτες, αλλά αποκτώνται και καλλιεργούνται μέσα από τη διαδικασία της εκπαίδευσης και της πρακτικής εξάσκησης. Ως εκ τούτου, αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχή άσκηση οποιουδήποτε επαγγέλματος. Ο Bruce Wellman, Πανεπιστημιακός και βραβευμένος συγγραφέας είπε χαρακτηριστικά: «Εφαρμόζουμε αναλυτικά προγράμματα του 19^{ου} αιώνα σε κτήρια και οργανισμούς του 20^{ου} αιώνα ενώ οι μαθητές μας, του 21^{ου} αιώνα, είναι αντιμέτωποι με ένα απροσδιόριστο μέλλον» (Καλοδήμος & Κατσίγιαννη, 2015).

Στο σημερινό εργασιακό περιβάλλον, η επιτυχία απαιτεί από τους εργαζόμενους την ανάπτυξη ενός συνόλου κρίσιμων δεξιοτήτων. Η ταχύτητα αλλαγών στην τεχνολογία απαιτεί συνεχή εκπαίδευση ενώ οι αυξανόμενες απαιτήσεις για συνεργατικότητα σε πολυπολιτισμικά περιβάλλοντα κάνουν τις διαπροσωπικές δεξιότητες απαραίτητες. Συνεπώς, πέρα από τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων απαιτούνται και τεχνικές και διαπροσωπικές δεξιότητες. Έρευνες που πραγματοποιήθηκαν από ευρωπαϊκούς οργανισμούς και εκπαιδευτικά-ερευνητικά ιδρύματα κατέληξαν στην ταξινόμηση των βασικών δεξιοτήτων σε διάφορες κατηγορίες. Οι βασικές κατευθυντήριες γραμμές χαράσσονται από τους παρακάτω οργανισμούς και προγράμματα.



Εικόνα 14 Οργανισμοί και προγράμματα που διερευνούν Δεξιότητες 21ου αιώνα

1.4.1 Ευρωπαϊκή Επιτροπή

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή είναι θεσμικό όργανο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με απώτερο σκοπό την προστασία των κοινοτικών συμφερόντων των κρατών μελών της Ένωσης. Ιδρύθηκε το 1951 και ενώ δεν έχει άμεση αρμοδιότητα στη χάραξη εκπαιδευτικής πολιτικής, ωστόσο συντονίζει πολιτικές και στρατηγικές της εκπαίδευσης και χρηματοδοτεί εκπαιδευικά προγράμματα όπως Erasmus+, Horizon Europe και άλλα. Η ΕΕ αναγνωρίζει τη σημασία της ανάπτυξης των δεξιοτήτων του 21ου αιώνα για την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας, της κοινωνικής συνοχής και της ανθεκτικότητας των κοινωνιών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στο πλαίσιο αυτό, έχει υλοποιήσει διάφορες πρωτοβουλίες για την προώθηση αυτών των δεξιοτήτων.

Οκτώ βασικές ικανότητες σε μία κοινωνία της γνώσης

1. Επικοινωνία στη μητρική γλώσσα
2. Επικοινωνία σε ξένες γλώσσες
3. Μαθηματική και στοιχειώδης επιστημονική και τεχνολογική ικανότητα
4. Ψηφιακή ικανότητα
5. Μεταγνωστική ικανότητα
6. Διαπροσωπική και κοινωνική ικανότητα
7. Πνεύμα πρωτοβουλίας και επιχειρηματικότητα
8. Πολιτιστική έκφραση

1.4.2 Εκπαιδευτικός τομέας UNESCO

Η UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) ιδρύθηκε το 1945 και έχει ως βασική αποστολή την προώθηση της εκπαίδευσης ως θεμελιώδους ανθρώπινου δικαιώματος και εργαλείου για βιώσιμη ανάπτυξη, κοινωνική δικαιοσύνη και ειρήνη. Κύριοι στόχοι του Εκπαιδευτικού Τομέα της UNESCO είναι: Εκπαίδευση για Όλους (Education for All), "Ποιοτική εκπαίδευση για όλους" (SDG 4), προώθηση των Δεξιοτήτων του 21ου Αιώνα.

Τέσσερις πυλώνες μάθησης για τον μετασχηματισμό της εκπαίδευσης.

1. Να μάθει το άτομο να μαθαίνει
2. Να μάθει το άτομο πώς να ενεργεί
3. Να μάθει το άτομο πώς να ζει μαζί με τους άλλους
4. Να μάθει το άτομο πώς να υπάρχει

1.4.3 Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης ΟΟΣΑ

Ο ΟΟΣΑ (Organisation for Economic Co-operation and Development – OECD) είναι διεθνής οργανισμός των αναπτυγμένων χωρών που υποστηρίζουν τις αρχές της αντιπροσωπευτικής δημοκρατίας και της οικονομίας της ελεύθερης αγοράς. Ιδρύθηκε το 1961 με κύριους τομείς δραστηριότητας: Εκπαίδευση (Μέσω προγραμμάτων όπως το PISA, το Education at a Glance, και το Centre for Educational Research and Innovation), Οικονομία και φορολογία, Κοινωνική πολιτική και απασχόληση, Ψηφιακή μετάβαση και καινοτομία, Βιώσιμη ανάπτυξη και περιβάλλον, Καταπολέμηση της διαφθοράς και διακυβέρνηση.

Τρεις ικανότητες κλειδιά για μία επιτυχημένη ζωή στις σύγχρονες κοινωνίες

1. Αλληλεπίδραση σε ετερογενείς ομάδες: να συνεργάζεται, να διαχειρίζεται, να επιλύει
2. Αυτόνομη δράση: σχεδιασμός πλάνων ζωής και προσωπικών στόχων, υπεράσπιση δικαιωμάτων, ενδιαφερόντων, ορίων και αναγκών.
3. Χρήση εργαλείων με αλληλεπίδραση: έλεγχος γλώσσας, πληροφορίας, συνδεσιμότητα με τον κόσμο.

1.4.4 Partnership for 21st Century Skills (P21)

Το P21 είναι ένας οργανισμός που ιδρύθηκε το 2002 στις Ηνωμένες Πολιτείες για να προωθήσει την ενσωμάτωση των δεξιοτήτων του 21ου αιώνα στα εκπαιδευτικά συστήματα. Αποτελεί μια σύμπραξη μεταξύ του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα, περιλαμβάνοντας κυβερνητικούς φορείς, εκπαιδευτικούς οργανισμούς και εταιρείες τεχνολογίας (όπως Apple, Microsoft, Intel). Κύρια αποστολή του είναι η ανάπτυξη ενός εκπαιδευτικού πλαισίου που προετοιμάζει τους μαθητές για τις απαιτήσεις της σύγχρονης κοινωνίας και οικονομίας. Εστιάζοντας τόσο σε ακαδημαϊκές όσο και σε διαθεματικές δεξιότητες ενισχύει τη συνεργασία, την κριτική σκέψη, τη δημιουργικότητα, την επικοινωνία και την ψηφιακή παιδεία.

1. Δεξιότητες ζωής και σταδιοδρομίας - καριέρας: ευελιξία, προσαρμοστικότητα, αυτοκαθοδήγηση, παραγωγικότητα, ευθύνη, ηγεσία, υπευθυνότητα.
2. Δεξιότητες μάθησης και καινοτομίας: κριτική σκέψη, επίλυση προβλήματος, επικοινωνία, συνεργασία, δημιουργικότητα και καινοτομία.
3. Δεξιότητες ψηφιακές και τεχνολογικές: μέσα επικοινωνίας και πολυμέσα, πληροφοριακός και ψηφιακός γραμματισμός.
4. Βασικές ακαδημαϊκές γνώσεις: παραδοσιακά μαθήματα, σύγχρονα θέματα, περιβαλλοντική εκπαίδευση, χρηματοοικονομικά (Trilling & Fadel, 2009)



Εικόνα 15 Το ουράνιο τόξο των Trilling & Fedal

1.4.5 Assessment and Teaching of 21st Century Skills (ATC21S)

Το ATCS είναι ένα διεθνές ερευνητικό και εκπαιδευτικό πρόγραμμα που αποσκοπεί στη διαμόρφωση και την προώθηση των δεξιοτήτων που απαιτούνται για την επιτυχία στον 21ο αιώνα. Το πρόγραμμα επικεντρώνεται τόσο στη διδασκαλία όσο και στην αξιολόγηση αυτών των δεξιοτήτων, ενσωματώνοντας καινοτόμες πρακτικές που αντικατοπτρίζουν τις απαιτήσεις της σύγχρονης κοινωνίας. Αποτελεί μία από τις πιο ολοκληρωμένες προσεγγίσεις για τη σύνδεση των εκπαιδευτικών συστημάτων με τις ανάγκες του 21ου αιώνα.

Το ATCS περιλαμβάνει δεξιότητες ταξινομημένες σε τέσσερις βασικές κατηγορίες:

1. Γνωστικές Δεξιότητες (Ways of Thinking): δημιουργικότητα, καινοτομία, κριτική σκέψη, επίλυση προβλημάτων και λήψη αποφάσεων.
2. Δεξιότητες Επικοινωνίας και Συνεργασίας (Ways of Working): επικοινωνία, συνεργατική επίλυση προβλημάτων
3. Ψηφιακός Γραμματισμός (Tools for Working): πληροφοριακός και τεχνολογικός γραμματισμός, ψηφιακές δεξιότητες, διαχείριση πληροφοριών και μέσων
4. Δεξιότητες Ζωής (Living in the World): πολιτική και κοινωνική υπευθυνότητα, διαπολιτισμική κατανόηση, διαχείριση της ζωής και καριέρας, δια βίου μάθηση

Εν κατακλείδι, σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα σχετικά με τις απαραίτητες δεξιότητες του 21ου αιώνα, επίκαιρη θεωρείται η φράση «Προετοιμάζουμε τους μαθητές για δουλειές που δεν υπάρχουν ακόμα, χρησιμοποιώντας τεχνολογίες που δεν έχουν εφευρεθεί, για να λύσουμε προβλήματα που δεν γνωρίζουμε καν ότι είναι προβλήματα ακόμα» του Richard Riley, πρώην υπουργού παιδείας των Η.Π.Α. σε ομιλία του το 1998.

1.5 Η εκπαίδευση STEM στο Ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα

Ενώ το εκπαιδευτικό σύστημα των Η.Π.Α. πρωτοπόρησε στην ανάπτυξη και εφαρμογή της εκπαίδευσης STEM, στην Ελλάδα βρίσκεται ακόμα σε φάση ανάπτυξης, με αυξανόμενο ενδιαφέρον και σημαντικές πρωτοβουλίες. Η ενσωμάτωση της εκπαίδευσης STEM στα ελληνικά σχολεία έχει μελετηθεί εκτενώς από την επιστημονική κοινότητα και παρά τα εμπόδια, όλοι συμφωνούν ότι η συστηματική ενσωμάτωση της STEM εκπαίδευσης στα σχολεία είναι ζωτικής σημασίας για την προετοιμασία των μαθητών για τις προκλήσεις του μέλλοντος.

Στις αρχές της δεκαετίας του 2000, το ενδιαφέρον για τη STEM εκπαίδευση άρχισε να αυξάνεται, κυρίως μέσω αποσπασματικών πρωτοβουλιών από πανεπιστήμια, ερευνητικά κέντρα και ιδιωτικούς φορείς. Οι δράσεις αυτές περιελάμβαναν εκπαιδευτικά προγράμματα, διαγωνισμούς ρομποτικής και επιστημονικά φεστιβάλ, παρόλα αυτά η ενσωμάτωση στα σχολεία ήταν περιορισμένη. Ορισμένα σχολεία άρχισαν να εισάγουν δραστηριότητες όπως η ρομποτική και τα πειράματα φυσικής, με υποστήριξη από ιδρύματα όπως το Ίδρυμα Ευγενίδου. Μαθητικοί διαγωνισμοί, όπως ο First Lego League και το Robotex Greece, βοήθησαν στη διάδοση της STEM εκπαίδευσης. Στη δεκαετία του 2010, η STEM εκπαίδευση έγινε μέρος του εκπαιδευτικού λόγου σε εθνικό επίπεδο. Το Υπουργείο Παιδείας ξεκίνησε να στηρίζει σχετικά προγράμματα, αν και η επίσημη ενσωμάτωση στα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών (ΑΠΣ) παρέμεινε περιορισμένη. Η ενσωμάτωση της STEM εκπαίδευσης στα ελληνικά σχολεία έγινε πιο συστηματική με την εισαγωγή των Εργαστηρίων Δεξιοτήτων το 2021 περιλαμβάνοντας ενότητες STEM, όπως: Εκπαιδευτική ρομποτική, Κώδικας και Αλγοριθμική σκέψη, Πράσινες τεχνολογίες και βιωσιμότητα. Στόχος αυτών των εργαστηρίων είναι η καλλιέργεια δεξιοτήτων του 21ου αιώνα, χωρίς να εστιάζουν σε συγκεκριμένα γνωστικά αντικείμενα. Αρχικά, οι δάσκαλοι της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, βάσει του νέου προγράμματος σπουδών, καλούνται να ενσωματώσουν την ρομποτική στη διδασκαλία, δημιουργώντας και εφαρμόζοντας σενάρια εκπαιδευτικής ρομποτικής με βάση τη δική τους κρίση, χωρίς την καθοδήγηση ενός αυστηρά οργανωμένου πλαισίου.

Ένα σημαντικό βήμα για την εδραίωση της εκπαίδευσης STEM είναι η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών. Αν και η επιμόρφωση σε θέματα STEM έχει ενισχυθεί, εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικές ανάγκες για εκτενέστερη κατάρτιση και υποστήριξη. Τα ελληνικά πανεπιστήμια, όπως το ΕΚΠΑ και το ΑΠΘ, συμμετέχουν σε ερευνητικά προγράμματα όπου ενισχύουν την εκπαίδευση STEM ενώ ο ιδιωτικός τομέας, επί

παραδείγματι το Ίδρυμα Vodafone παρέχει εκπαιδευτικό υλικό, εργαλεία και χρηματοδότηση για STEM δράσεις και διαγωνισμούς. Συγκεκριμένα, το Ίδρυμα Vodafone χρηματοδοτεί το πρόγραμμα Generation Next STEM Labs, όπου μαθητές σε σχολεία απ' όλη την Ελλάδα παρακολουθούν έναν κύκλο μαθημάτων στο τέλος του οποίου κατασκευάζουν, προγραμματίζουν και παρουσιάζουν μία συσκευή, με την οποία συμμετέχουν στον Πανελλήνιο Διαγωνισμό Generation Next.

Ο δρόμος προς την ιδανική STEM διδασκαλία είναι μακρύς και δύσκολος. Δυστυχώς, υπάρχει περιορισμένη χρηματοδότηση για STEM εξοπλισμό, έλλειψη επαρκούς επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών και ανισότητες μεταξύ σχολείων σε αστικές και αγροτικές περιοχές. Υπάρχουν όμως προοπτικές όπως η διεύρυνση των Εργαστηρίων Δεξιοτήτων σε όλες τις βαθμίδες, η εισαγωγή της Τεχνητής Νοημοσύνης και της επιστήμης δεδομένων στο πλαίσιο STEM καθώς και περαιτέρω συνεργασίες με ερευνητικά κέντρα και ιδρύματα τα οποία επιδεικνύουν κοινωνική ευαισθησία προσφέροντας υλικά και οργανωμένα εξωδιδασκτικά προγράμματα για τους μαθητές ενώ παράλληλα τους δίνουν κίνητρα και στόχους μέσω των Πανελλήνιων μαθητικών διαγωνισμών.



Εικόνα 16 Διαγωνισμοί Ρομποτικής

Ο γνωστός παιδαγωγός John Dewey πριν από έναν αιώνα είπε: «Δεν έχουμε μία σειρά από κόσμους, ένας από τους οποίους είναι μαθηματικός, άλλος φυσικός, άλλος ιστορικός κλπ. Ζούμε σε έναν κόσμο όπου όλες οι πλευρές συνδέονται». Σήμερα, περίπου 25 χρόνια μετά την εμφάνιση του όρου «STEM», είμαστε πλέον σε θέση να χρησιμοποιούμε την ενοποιημένη εκπαίδευση STEM ως προσέγγιση πολύπλοκων φαινομένων και καταστάσεων που απαιτούν από τους μαθητές να συνδυάζουν γνώσεις και δεξιότητες από πολλούς κλάδους (Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021).

1.6 Εκπαιδευτική ρομποτική

Η εκπαιδευτική ρομποτική εντάσσεται στο γενικότερο πλαίσιο της εκπαίδευσης STEM και είναι ένας σύγχρονος τομέας που συνδυάζει την τεχνολογία, τη μηχανική και τον προγραμματισμό για να προάγει τη δημιουργική μάθηση και την επίλυση προβλημάτων. Οι ρίζες της βρίσκονται στη δεκαετία του 1960, όταν ο Seymour Papert, μαθητής του Jean Piaget, ανέπτυξε τη γλώσσα προγραμματισμού Logo και το εκπαιδευτικό ρομπότ Turtle. Επηρεασμένος από τη θεωρία γνωστικής ανάπτυξης, μελέτησε τον σχεδιασμό εκπαιδευτικών εργαλείων και μεθόδων. Το έργο του Papert εστίασε στη θεωρία της κατασκευαστικής μάθησης, όπου τα παιδιά μαθαίνουν καλύτερα μέσω της δημιουργίας και του πειραματισμού (Papert, 1980). Ο Papert έθεσε τα θεμέλια για την ενσωμάτωση υπολογιστών και ρομποτικής στην εκπαίδευση και θεωρείται πρωτοπόρος της σύγχρονης εκπαίδευσης STEM, εμπνέοντας την ανάπτυξη καινοτόμων εργαλείων μάθησης, όπως το LEGO Mindstorms, που δημιουργήθηκε με βάση τις δικές του ιδέες. Ο Seymour Papert (1928-2016) άλλαξε τον τρόπο που αντιλαμβανόμαστε τη μάθηση, προσφέροντας στα παιδιά τα μέσα να εξερευνούν, να δημιουργούν και να κατανοούν τον κόσμο γύρω τους μέσω της τεχνολογίας και της προσωπικής εμπλοκής. Η γλώσσα προγραμματισμού Logo, που ανέπτυξε ο ίδιος και η ομάδα του στο MIT, θεωρείται πρόδρομος σύγχρονων εργαλείων, όπως το Scratch (Ellison, 2024).

Στη δεκαετία του 1990, εταιρείες όπως η LEGO και το MIT Media Lab προχώρησαν στη συνεργασία τους για τη δημιουργία του LEGO Mindstorms, που έγινε ένα από τα πρώτα εκπαιδευτικά ρομποτικά συστήματα για μαθητές. Την ίδια εποχή ξεκινούν οι πρώτοι μαθητικοί διαγωνισμοί όπως το FIRST LEGO League (FLL) που έφεραν τα παιδιά πιο κοντά στον σχεδιασμό και τον προγραμματισμό ρομπότ μέσω παιχνιδιού και επίλυσης προβλημάτων, αναπτύσσοντας δεξιότητες του 21^{ου} αιώνα.

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας, εμφανίστηκαν πιο προσιτές και ισχυρές πλατφόρμες όπως το Arduino και το Raspberry Pi, διευρύνοντας τις δυνατότητες της εκπαιδευτικής ρομποτικής. Στη συνέχεια κυκλοφορούν το LEGO Education SPIKE, το VEX Robotics και το BeeBot, ενώ το Scratch, ως μια φιλική γλώσσα προγραμματισμού, ενσωματώθηκε σε ρομποτικά κιτ, όπως το mBot της Makeblock και το Dash and Dot της Wonder. Πιο πρόσφατα ο συνδυασμός ρομποτικής και τεχνητής νοημοσύνης δημιουργεί τα ανθρωποειδή ρομπότ NAO και Pepper τα οποία είναι κοινωνικά και διαδραστικά ρομπότ που έχουν σχεδιαστεί για να επικοινωνούν με ανθρώπους, να παρέχουν υποστήριξη σε εκπαιδευτικά, ψυχαγωγικά ή επαγγελματικά περιβάλλοντα, και να

διευκολύνουν την εκμάθηση και την κατανόηση τεχνολογικών εννοιών. Και τα δύο έχουν αναπτυχθεί από την εταιρεία SoftBank Robotics και χρησιμοποιούνται ευρέως στην εκπαίδευση και την έρευνα.

Το πιο διάσημο ρομπότ που χρησιμοποιείται σε προγράμματα ρομποτικής παρέμβασης για παιδιά με Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ) είναι το NAO (Ismail, Verhoeven, Dambre, & Wyffels, 2019). Αναπτύχθηκε στη Γαλλία το 2008 από την εταιρεία Aldebaran Robotics η οποία στη συνέχεια το 2015 εξαγοράστηκε από την Ιαπωνική εταιρεία SoftBank Robotics. Είναι αυτόνομο και προγραμματιζόμενο, ενώ αρμόζει και χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές έρευνας και ανάπτυξης για παιδιά, ενήλικες και ηλικιωμένους. Το NAO το χρησιμοποιούν και Πανεπιστημιακά ιδρύματα όπως το Πολυτεχνείο Κρήτης με τη ρομποτική ομάδα Κουρήτες η οποία συμμετέχει σε διαγωνισμούς όπως το World Robotic Olympiad και άλλα. Το 2024 περισσότερα από 13.000 ρομπότ NAO χρησιμοποιούνται σε πάνω από 70 χώρες σε όλο τον κόσμο.



Εικόνα 17 Ανθρωποειδές ρομπότ
NAO

Το ανθρωποειδές ρομπότ Pepper κινείται με ρόδες, αναγνωρίζει συναισθήματα μέσω της φωνής, των εκφράσεων του προσώπου και της γλώσσας του σώματος του συνομιλητή, μιλάει πολλές γλώσσες και μπορεί να προσαρμοστεί για συγκεκριμένες ανάγκες επικοινωνίας. Χρησιμοποιείται και αυτό σε δραστηριότητες για με παιδιά με ΔΑΦ ενώ προσφέρει κοινωνική αλληλεπίδραση και υπενθυμίσεις σε ηλικιωμένους και σε άτομα με αναπηρίες. Έχει ύψος 120 cm, διαθέτει κάμερες, αισθητήρες, μικρόφωνα και οθόνη αφής. Βασίζεται στην τεχνητή νοημοσύνη (AI) ενώ συνδυάζει την τεχνολογία και τη φιλικότητα, καθιστώντας το ιδανικό για κοινωνική αλληλεπίδραση, εκπαίδευση και παροχή υπηρεσιών.



Εικόνα 18 Ανθρωποειδές ρομπότ
Pepper

Η προσαρμοστικότητά του το έχει καταστήσει δημοφιλές σε ποικίλους τομείς, από την εκπαίδευση έως την εξυπηρέτηση πελατών. Μια αξιοσημείωτη εφαρμογή του Pepper στην Ελλάδα είναι η χρήση του στο Νοσοκομείο Παπαγεωργίου της Θεσσαλονίκης, όπου συνεργάζεται με παιδιά ηλικίας 7 έως 12 ετών που βρίσκονται στο φάσμα του αυτισμού. Στόχος αυτής της πρωτοβουλίας είναι η εξοικείωση των παιδιών με χρηματικές συναλλαγές, βοηθώντας τα να αναγνωρίζουν κέρματα και χαρτονομίσματα και να κατανοούν έννοιες όπως τα ρέστα και η αποταμίευση. Επιπλέον, το Pepper έχει χρησιμοποιηθεί ως βοηθός στην ειδική εκπαίδευση, συμβάλλοντας στη βελτίωση των κοινωνικών δεξιοτήτων των μαθητών.

Στο πλαίσιο του ερευνητικού έργου "Κοινωνικά Ρομπότ ως Εργαλεία στην Ειδική Εκπαίδευση (ΚοιΡο3Ε)", που υλοποιήθηκε από το Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης (ΔΠΘ) και συγκεκριμένα από το Εργαστήριο Ανθρώπινων - Υπολογιστικών Αλληλεπιδράσεων (HumainLab), με συντονιστή και Επιστημονικό Υπεύθυνο τον Καθηγητή Β. Καμπουρλάζο, το Pepper και το NAO χρησιμοποιήθηκαν για την υποστήριξη μαθητών με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες (ΕΕΑ). Η παρουσίαση του έργου στο Πανελλήνιο Παιδονευρολογικό Συνέδριο στις 7-8 Μαρτίου 2020, στη Λίμνη Πλαστήρα, αποτέλεσε μία από τις πρώτες δημόσιες αναφορές στο έργο και τις δυνατότητές του ενώ αποτέλεσε την αφετηρία ανάδειξης των δυνατοτήτων της ρομποτικής να αλλάξει τον τρόπο προσέγγισης της ειδικής εκπαίδευσης.

Η εκπαιδευτική ρομποτική εξελίσσεται διαρκώς, προσφέροντας καινοτόμα εργαλεία που προάγουν τη μάθηση, την επίλυση προβλημάτων και την κοινωνική ενσωμάτωση. Με τη συνεχή πρόοδο της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής, η ρομποτική θα συνεχίσει να διαμορφώνει το μέλλον της εκπαίδευσης, ενισχύοντας τις δεξιότητες του 21ου αιώνα. Σήμερα η ένταξη της ρομποτικής στην εκπαίδευση ενισχύεται και από τη ραγδαία ανάπτυξη της επιστήμης STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics), που προωθεί τη διεπιστημονική μάθηση και εξελίσσεται καθημερινά. Η ρομποτική δεν περιορίζεται πλέον στους πανεπιστημιακούς χώρους, αλλά ενσωματώνεται και στα σχολεία, από το Δημοτικό έως και το Λύκειο διευρύνοντας τους εκπαιδευτικούς ορίζοντες (Αντωνίου, 2020).

2. Η χρήση του Arduino ως εργαλείο εκπαιδευτικής ρομποτικής

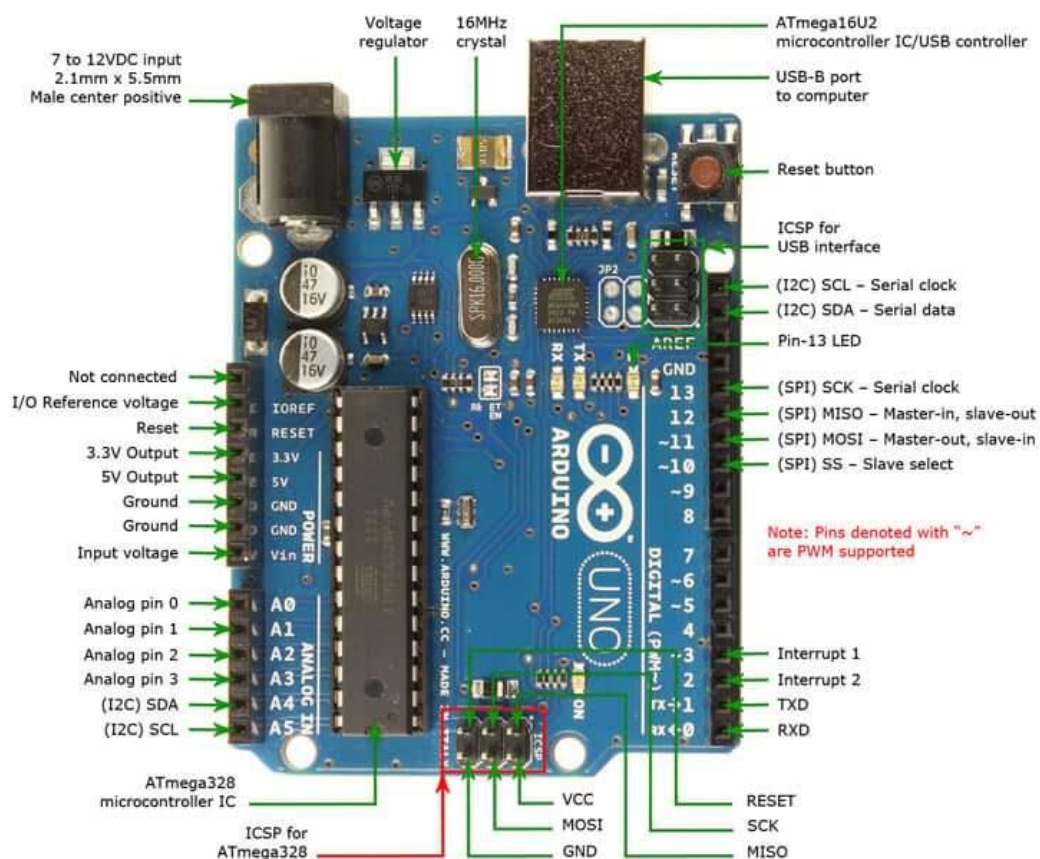
Το Arduino είναι μια ανοιχτού κώδικα (open-source) πλατφόρμα για την ανάπτυξη ηλεκτρονικών εφαρμογών, που περιλαμβάνει τόσο υλικό (hardware) όσο και λογισμικό (software). Δημιουργήθηκε το 2005 από μια ομάδα μηχανικών και σχεδιαστών στην Ιταλία. Η αρχική ιδέα ήταν του Massimo Banzi, Ιταλός μηχανικός και καθηγητής, ο οποίος συνεργάστηκε με τον David Cuartielles. Ο βασικός στόχος της δημιουργίας του ήταν να προσφέρουν μια προσιτή, εύχρηστη πλατφόρμα προγραμματισμού για ηλεκτρονικούς, εκπαιδευτικούς, μηχανικούς και χομπίστες που ήθελαν να πειραματιστούν με την αλληλεπίδραση hardware και software. Το Arduino κάνει τον προγραμματισμό μικροελεγκτών προσιτό και εύκολο, ακόμα και σε άτομα χωρίς προηγούμενη εμπειρία σε ηλεκτρονικά ή προγραμματισμό. Χρησιμοποιείται ευρέως για τη δημιουργία πρωτοτύπων και την εκμάθηση βασικών εννοιών προγραμματισμού και ηλεκτρονικής. Υπάρχουν πολλές διαφορετικές πλακέτες Arduino, σχεδιασμένες για διαφορετικές εφαρμογές. Μερικές από αυτές είναι: το UNO, το MEGA, το Nano, το Leonardo και το Arduino MKR Series με δυνατότητα σύνδεσης wi-fi, Bluetooth ή GSM.

2.1 Πλακέτα μικροελεγκτή Arduino UNO

Ένα από τα πιο γνωστά μοντέλα της σειράς Arduino είναι το Arduino Uno το οποίο βασίζεται στον μικροελεγκτή ATmega328P της Atmel. Αυτός είναι ο "εγκέφαλος" του Arduino, ο οποίος εκτελεί τον προγραμματισμό και ελέγχει τις συνδεδεμένες συσκευές. Διαθέτει δεκατέσσερις ψηφιακές θύρες (D0–D13), εκ των οποίων οι έξι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως PWM (Pulse Width Modulation) εξόδους για έλεγχο συσκευών όπως μοτέρ ή LED. Περιλαμβάνει έξι αναλογικές εισόδους (A0–A5) για την ανάγνωση αισθητήρων που παράγουν αναλογικά σήματα.

Επιπλέον, περιλαμβάνει θύρες για τροφοδοσία: GND (ground), Vin, 5V και 3.3V. Serial Communication Pins: D0 - Rx (Receive) και D1 - Tx (Transmit). I2C Pins: SCL και SDA. SPI Pins: MISO (Master In Slave Out), MOSI (Master Out Slave In), SCK (Clock) και SS (Slave Select). Special Pins: AREF (Analog Reference Pin) και Reset Pin.

Για τον προγραμματισμό και την τροφοδοσία από υπολογιστή χρησιμοποιεί θύρα USB ενώ για εξωτερική τροφοδοσία χρησιμοποιείται ένα DC Jack (7–12V). Οι δυνατότητες εισόδου/εξόδου του Arduino κάνουν την πλατφόρμα εξαιρετικά ευέλικτη για εφαρμογές όπως αυτοματισμούς, ρομποτική και συστήματα IoT.



Εικόνα 19 Arduino UNO

Κατηγορία	Πλήθος Pins	Λειτουργία
Ψηφιακές Είσοδοι/Εξοδοι	14	HIGH/LOW, PWM
Αναλογικές Είσοδοι	6	Ανάγνωση τάσεων (0–5V)
Τροφοδοσία	3	5V, 3.3V, GND
Σειριακή Επικοινωνία	2	Tx, Rx (UART)
I2C	2	SDA, SCL
SPI	4	MISO, MOSI, SCK, SS

Πίνακας 2.1 Συνοπτικός πίνακας θυρών του Arduino UNO

Το Arduino προγραμματίζεται σε ειδική γλώσσα προγραμματισμού του Arduino, την Wiring (μια παραλλαγή της C++), μέσω του Arduino IDE (Integrated Development Environment), μίας δωρεάν εφαρμογής για υπολογιστές. Το Ολοκληρωμένο Περιβάλλον Ανάπτυξης (IDE) του Arduino είναι εφαρμογή γραμμένη σε Java, φιλική για αρχάριους η οποία μεταγλωττίζει και φορτώνει το πρόγραμμα στην πλακέτα. Ο κώδικας που γράφεται (γνωστός ως "sketch") «ανεβαίνει» (upload) στην πλακέτα Arduino μέσω του USB.

Το Arduino είναι δημοφιλές και επειδή είναι ανοιχτού κώδικα (open-source), διαθέτει τεράστια παγκόσμια κοινότητα χρηστών και προγραμματιστών που μοιράζονται έργα, κώδικα και λύσεις στο διαδίκτυο κάνοντας εύκολη την εκμάθηση ενώ η χρήση του δεν απαιτεί ιδιαίτερες τεχνικές γνώσεις. Χρησιμοποιεί απλό προγραμματιστικό περιβάλλον καθιστώντας το κατάλληλο τόσο για αρχάριους όσο και για επαγγελματίες ενώ υποστηρίζει μεγάλη ποικιλία εφαρμογών, από απλά έργα DIY (Do It Yourself) έως πολύπλοκα έργα ρομποτικής. Διαθέτει συμβατότητα με "shields", τα οποία είναι πρόσθετες πλακέτες που μπορούν να επεκτείνουν τις δυνατότητες της πλατφόρμας (π.χ., για Wi-Fi, GSM, GPS). Με βάση τα παραπάνω γίνεται εύκολα αντιληπτό το πόσο χρήσιμο είναι σαν εργαλείο εκπαιδευτικής ρομποτικής για μαθητές όλων των ηλικιών, από την Πρωτοβάθμια έως και την Τριτοβάθμια εκπαίδευση.

2.2 Αισθητήρες και εξαρτήματα του Arduino UNO

Το Arduino μπορεί να συνδεθεί με μεγάλη ποικιλία εξαρτημάτων και αισθητήρων. Μερικά από τα πιο συνηθισμένα εξαρτήματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι:

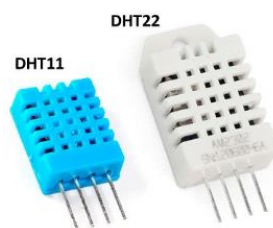
I. Αισθητήρες (Sensors), που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση φυσικών παραμέτρων και τη μετατροπή τους σε σήματα που μπορεί να διαχειριστεί το Arduino.

- Αισθητήρες Περιβάλλοντος

DHT11/DHT22: Μετρούν θερμοκρασία και υγρασία.

BMP180/BMP280: Μετρούν βαρομετρική πίεση και υψόμετρο.

MQ Series: Ανιχνεύουν αέρια (π.χ., MQ-2 καπνό, MQ-135 ποιότητα αέρα).



Εικόνα 20 DHT11 & DHT22

- Αισθητήρες Κίνησης

PIR Sensor: Ανιχνεύει κίνηση μέσω υπέρυθρων.

Accelerometer/Γυροσκόπια: Ανίχνευση επιτάχυνσης και περιστροφής.



Εικόνα 21 PIR motion sensor

- Αισθητήρες Απόστασης

Ultrasonic Sensor (HC-SR04): Μετρά αποστάσεις μέσω υπερήχων.

IR Sensors: Ανίχνευση αντικειμένων μέσω υπέρυθρων.



Εικόνα 22 HC-SR04

- Αισθητήρες Επαφής και Πίεσης

Touch Sensors (π.χ., TTP223): Ανίχνευση αφής.

Force Sensitive Resistor (FSR): Μετρά δύναμη ή πίεση.

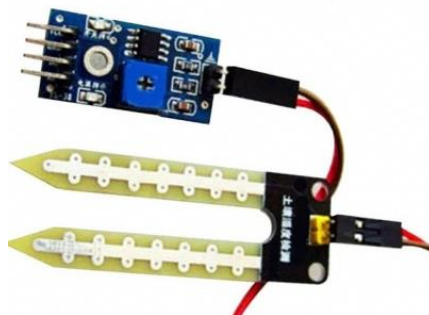
- Αισθητήρες Ήχου

Μικρόφωνο (Sound Sensor): Ανίχνευση ηχητικών σημάτων.

- Αισθητήρες Νερού

Water Level Sensor: Μετρά επίπεδα νερού.

Soil Moisture Sensor: Μετρά υγρασία στο έδαφος.



Εικόνα 23 Soil Moisture Sensor

II. Εξαρτήματα Εξόδου, που παράγουν φως, ήχο ή κίνηση.

- LED και Φωτισμός

LEDs: Για ένδειξη ή διακόσμηση.

RGB LEDs: Παράγουν χρώματα συνδυάζοντας κόκκινο, πράσινο και μπλε φως.

LED Matrix: Δημιουργία κειμένου ή εικόνων.



Εικόνα 24 LED



Εικόνα 25 LED Matrix

- Ηχεία και Buzzers

Passive/Active Buzzers: Για παραγωγή ήχου.

Speakers: Για πιο περίπλοκους ήχους ή μουσική.

- Κινητήρες

DC Motors: Για βασική κίνηση.

Servo Motors: Για ακριβή γωνιακή κίνηση.

Stepper Motors: Για σταδιακή περιστροφή.



Εικόνα 26 Servo Motor

III. Συσκευές Ελέγχου, για την αλληλεπίδραση του χρήστη με το Arduino.

- Κουμπιά και Διακόπτες

Push Buttons: Για είσοδο από τον χρήστη.

Slide Switches: Για εναλλαγή λειτουργιών.

- Ποτενσιόμετρα και Joysticks

Rotary Potentiometers: Για έλεγχο έντασης ή θέσης.

Joysticks: Για 2D έλεγχο (π.χ., ρομποτική).

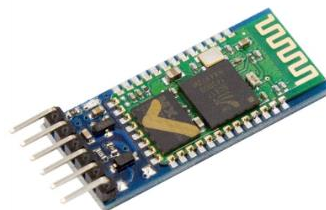
IV. Εξαρτήματα Επικοινωνίας, για σύνδεση του Arduino με άλλες συσκευές.

- Ασύρματη Επικοινωνία

Bluetooth Modules (HC-05/HC-06): Για ασύρματη επικοινωνία.

Wi-Fi Modules (ESP8266, ESP32): Για σύνδεση στο διαδίκτυο.

RF Modules (433 MHz): Για ασύρματη επικοινωνία μικρής εμβέλειας.



Εικόνα 27 Bluetooth Module

- Σειριακή Επικοινωνία

I2C Devices: Αισθητήρες και οθόνες.

SPI Modules: Για ταχύτατη μεταφορά δεδομένων.

V. Οθόνες και Παρουσίαση Δεδομένων

- LCD Οθόνες

16x2 LCD: Για απλή απεικόνιση κειμένου.

I2C LCD: Με μειωμένες απαιτήσεις ακίδων.



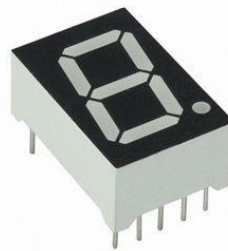
Εικόνα 28 16x2 LCD

- OLED Οθόνες

Για γραφικά και κείμενο.

- LED Matrix

7-Segment Displays: Για αριθμητική ένδειξη.



Εικόνα 29 7-Segment Display

VI. Συστήματα Τροφοδοσίας

- Μπαταρίες: Επαναφορτιζόμενες ή μη.
- Power Banks: Για φορητότητα.
- Solar Panels: Για ενεργειακή αυτονομία.

VII. Ειδικά Εξαρτήματα

- RTC (Real Time Clock): Για διατήρηση ακριβούς ώρας.
- SD Card Modules: Για αποθήκευση δεδομένων.
- GPS Modules: Για γεωγραφικό εντοπισμό.
- Keypads: Για εισαγωγή δεδομένων.



Εικόνα 30 GPS module

2.3 Ενσωμάτωση του Arduino στο Ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα.

Στο πλαίσιο της σύγχρονης εκπαίδευσης, οι τεχνολογικές εφαρμογές χρησιμοποιούνται ως εργαλεία για την εμπλοκή των μαθητών στην έρευνα των Φυσικών Επιστημών. Οι διατάξεις φυσικού προγραμματισμού (physical computing³) επιτρέπουν στους χρήστες να διερευνήσουν και να οπτικοποιήσουν έννοιες που μπορεί σε άλλο πλαίσιο να ήταν δυσνόητες και να μην γίνονταν εύκολα αντιληπτές από μαθητές μικρής ηλικίας (Γκιόλμας, και συν., 2023). Το Arduino είναι μια ευέλικτη πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα η οποία έχει καταφέρει να ενταχθεί δυναμικά στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα, ενισχύοντας την εκπαιδευτική ρομποτική και την τεχνολογική παιδεία. Η χρήση του Arduino είναι εμφανής σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης, από την πρωτοβάθμια έως την τριτοβάθμια εκπαίδευση, αλλά και σε εξωσχολικές δραστηριότητες, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη δεξιοτήτων STEM. Ξεκινώντας οι μαθητές να σχεδιάζουν, να συνθέτουν και να προγραμματίζουν απλές εφαρμογές του Arduino χρειάζονται εκτός από την πλακέτα και τον εξοπλισμό της, καλώδια σύνδεσης (jumper wires) και Breadboard (πλακέτα σύνδεσης) για συνδέσεις χωρίς κόλληση. Επίσης απαραίτητο είναι ένα καλώδιο USB για τη σύνδεσή του με τον υπολογιστή όπου θα έχουν εγκαταστήσει το Arduino IDE (<https://www.arduino.cc/>).

Το Arduino χρησιμοποιείται ευρέως στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια εκπαίδευση για την εισαγωγή των μαθητών στις αρχές της ρομποτικής και του προγραμματισμού. Πολλοί εκπαιδευτικοί σχεδιάζουν δραστηριότητες που βασίζονται στο Arduino, καθώς είναι εύκολο στη χρήση και οικονομικά προσιτό. Οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να κατασκευάσουν απλά κυκλώματα, να προγραμματίσουν LED να αναβοσβήνουν και να χρησιμοποιήσουν αισθητήρες για να δημιουργήσουν συσκευές που αντιδρούν στο περιβάλλον, όπως μετρητές θερμοκρασίας ή αυτόματα συστήματα φωτισμού. Η συμμετοχή τους σε εθνικούς και διεθνείς διαγωνισμούς εκπαιδευτικής ρομποτικής, όπως αυτοί που διοργανώνονται από τη WRO Hellas, αποτελεί σημαντικό κίνητρο για τους μαθητές. Για παράδειγμα, πολλά έργα διαγωνισμών περιλαμβάνουν τη χρήση Arduino για τη δημιουργία αυτοματοποιημένων ρομπότ, για τη μεταφορά αντικειμένων ή τη χαρτογράφηση μιας διαδρομής. Αυτές οι δραστηριότητες ενισχύουν τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων και την ομαδική εργασία.

³ Οι διατάξεις φυσικού προγραμματισμού αναφέρονται στη διαδικασία σχεδιασμού, δημιουργίας και προγραμματισμού συστημάτων που αλληλεπιδρούν με τον φυσικό κόσμο μέσω ηλεκτρονικών συσκευών και αισθητήρων. Συνδυασμός πληροφορικής, ηλεκτρονικής και μηχανολογίας, που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν διαδραστικά συστήματα που λαμβάνουν δεδομένα από το περιβάλλον και αντιδρούν σε αυτά.

Στα ελληνικά πανεπιστήμια, το Arduino χρησιμοποιείται για τη διεξαγωγή εργαστηριακών ασκήσεων και φοιτητικών ερευνητικών έργων. Σε τμήματα πληροφορικής, μηχανολογίας, φυσικής και ηλεκτρονικής, οι φοιτητές χρησιμοποιούν το Arduino για τη μελέτη και την εφαρμογή τεχνολογιών αιχμής, όπως το Internet of Things (IoT). Χαρακτηριστικά έργα περιλαμβάνουν έξυπνα συστήματα οικιακής αυτοματοποίησης, ρομποτικές εφαρμογές για την ιατρική, και ελεγχόμενες συσκευές για τη διαχείριση ενέργειας και άλλα. Το Arduino δίνει τη δυνατότητα στους φοιτητές να συνδυάσουν θεωρία με πράξη, να αποκτήσουν εμπειρία σε σύγχρονες τεχνολογίες και να αναπτύξουν καινοτόμες λύσεις. Οι φοιτητές συμμετέχουν επίσης σε διεθνείς διαγωνισμούς και hackathons⁴, όπου αξιοποιούν το Arduino ως βάση για την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών.

2.4 Εκπαιδευτική αξία της χρήσης του Arduino.

Η ενσωμάτωση του Arduino στην εκπαίδευση προσφέρει σημαντικά οφέλη.

- Ενισχύει τη δημιουργικότητα και την καινοτομία, καθώς οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να σχεδιάσουν και να κατασκευάσουν μοναδικές συσκευές. Ξεκινώντας με ένα πρόβλημα ή μια ιδέα εργάζονται για την ανάπτυξη μιας λύσης, συνδυάζοντας ηλεκτρονικά, προγραμματισμό και σχεδίαση.
- Προωθεί την ανάπτυξη κρίσιμων δεξιοτήτων, όπως ομαδική εργασία, λήψη αποφάσεων και κριτική σκέψη. Οι μαθητές αναλύουν σύνθετα προβλήματα, αναζητούν εναλλακτικές λύσεις, αναπτύσσουν δεξιότητες επικοινωνίας και συντονισμού, μοιράζονται ιδέες και μαθαίνουν από τους συμμαθητές τους.
- Συμβάλλει στη διαμόρφωση τεχνολογικά καταρτισμένου ανθρώπινου δυναμικού, που μπορεί να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις της σύγχρονης βιομηχανίας και της αγοράς εργασίας. Αξιοποιώντας μαθηματικά μοντέλα για την ανάλυση δεδομένων που συλλέγονται από αισθητήρες συνδυάζεται η θεωρία με την πράξη, βοηθώντας τους μαθητές να κατανοήσουν πώς λειτουργούν οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούν καθημερινά ενώ βελτιώνουν συνεχώς τις διατάξεις τους μέσα από δοκιμές, μία διαδικασία που τους προετοιμάζει για το δυναμικό περιβάλλον της σύγχρονης αγοράς εργασίας.

Η συνεχής ενσωμάτωση του Arduino στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα δείχνει τις δυνατότητες της χώρας να προωθήσει την τεχνολογική καινοτομία και να συμμετάσχει ενεργά στις παγκόσμιες εξελίξεις στον τομέα της εκπαιδευτικής ρομποτικής.

⁴ Το Hackathon αναφέρεται σε μια εκδήλωση διάρκειας συνήθως 24-48 ωρών κατά την οποία συναντιούνται προγραμματιστές και γενικότερα άνθρωποι που ανήκουν στον τομέα της πληροφορικής και των (ΤΠΕ) και συνεργάζονται στο σχεδιασμό και την υλοποίηση πρωτότυπων ιδεών.

3. Μελέτη Περίπτωσης: Εφαρμογή εκπαιδευτικής ρομποτικής

Η παρούσα εργασία εξετάζει την αποτελεσματικότητα ενός εκπαιδευτικού προγράμματος STEM που εφαρμόζεται σε μαθητές Γυμνασίου. Για το πρόγραμμα αυτό χρησιμοποιείται μία ομάδα 40 μαθητών, ηλικίας από 12 έως 14 ετών. Η ομάδα αυτή θα παρακολουθήσει 8 τρίωρα μαθήματα που θα πραγματοποιηθούν εκτός ωραρίου του σχολείου, στην αίθουσα πληροφορικής, υπό την επίβλεψη και καθοδήγηση ενός εκπαιδευτικού πιστοποιημένου σε θέματα εκπαιδευτικής ρομποτικής. Οι μαθητές γνωρίζουν την STEM εκπαίδευση και ολοκληρώνουν ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα 8 εβδομάδων όπου θα έρθουν σε επαφή με το Arduino θα γνωρίσουν τον τρόπο λειτουργίας του και θα πειραματιστούν σε απλά κυκλώματα και συσκευές. Οι μαθητές θα γνωρίσουν το LED, τα male & female jumper wires, το breadboard, τους αισθητήρες, την LCD display και το προγραμματιστικό περιβάλλον Arduino IDE. Φτάνοντας στο τέλος των μαθημάτων, στη συνέχεια, θα σχηματίσουν μικρότερες ομάδες των 2 έως 4 ατόμων και θα επικεντρωθούν, ανά ομάδα, στην κατασκευή μίας συσκευής η οποία θα χρησιμεύσει στην επίλυση κάποιου προβλήματος της τοπικής κοινωνίας ή του σχολείου, που θα επιλέξουν οι ίδιοι. Μέσα από τη διαδικασία αυτή θα πρέπει να αναζητήσουμε τις μεταβολές στην επίδοση, την στάση των μαθητών καθώς και την αυτοενδυνάμωσή τους. Για το σκοπό αυτό θα δοθούν ερωτηματολόγια πριν (pretest) και μετά (posttest) την παρέμβαση που θα γίνει στους μαθητές ώστε να καταγραφούν τα παρακάτω:

- Ανίχνευση του επιπέδου: Να μετρηθεί τυχόν προϋπάρχουσα γνώση ή δεξιότητα πριν την παρέμβαση.
- Προσδιορισμός των αναγκών: Να εντοπιστούν τα κενά και οι ανάγκες μάθησης των μαθητών, ώστε να προσαρμοστεί το πρόγραμμα.
- Σύγκριση αποτελεσμάτων (before & after): Η σύγκριση των αποτελεσμάτων του pretest με εκείνων του posttest αποδεικνύει την πρόοδο ή την αποτελεσματικότητα της παρέμβασης.
- Έλεγχος της ομοιογένειας της ομάδας: Να διασφαλιστεί ότι οι συμμετέχοντες έχουν παρόμοιο επίπεδο πριν την παρέμβαση, ώστε να γίνουν ακριβέστερες συγκρίσεις.
- Εντοπισμός των αντιλήψεων των μαθητών: Να μελετηθεί η αλλαγή της στάσης των μαθητών απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες.
- Βελτίωση του σχεδιασμού: Οδηγός για την βελτίωση της ποιότητας του προγράμματος

3.1 Ερευνητικά ερωτήματα της μελέτης

Σε μια σειρά μαθημάτων STEM, οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να αποκτήσουν γνώσεις και δεξιότητες σε μια ποικιλία επιστημονικών πεδίων και να εξοικειωθούν με τα τεχνολογικά εργαλεία του μέλλοντος όπως το Arduino, το MIT App Inventor και άλλα. Με τα εργαλεία αναζητούν τις λύσεις στα προβλήματα που εντοπίζουν ενώ στο τέλος του προγράμματος θα πρέπει να είναι εμφανείς κάποιες μεταβολές στους μαθητές. Η εργασία αυτή, μέσα από τη βιβλιογραφία αλλά και τη συλλογή δεδομένων πριν και μετά την παρέμβασή μας, θα πρέπει να δώσει απαντήσεις στα παρακάτω ερωτήματα:

A. Περιγραφικά ερωτήματα

- Τι είναι η STEM εκπαίδευση και ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά της;
- Ποια είναι τα κύρια εργαλεία και τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στη STEM εκπαίδευση;
- Ποιες δεξιότητες του 21ου αιώνα αναπτύσσονται μέσω της STEM εκπαίδευσης;
- Πώς εφαρμόζεται η STEM εκπαίδευση στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα;

B. Συγκριτικά ερωτήματα

- Υπάρχει διαφορά στην κατανόηση των εννοιών των Φυσικών Επιστημών μεταξύ μαθητών που διδάσκονται με τη μέθοδο STEM και εκείνων που διδάσκονται με παραδοσιακές μεθόδους;
- Υπάρχουν διαφοροποιήσεις στην απόδοση των μαθητών που εργάζονται ατομικά έναντι εκείνων που εργάζονται ομαδοσυνεργατικά;
- Ποια είναι η διαφορά στην αντίληψη των μαθητών για τα λάθη τους πριν και μετά τη συμμετοχή τους;
- Πώς διαφέρει η ανάπτυξη της κριτικής σκέψης μεταξύ μαθητών που συμμετέχουν σε διερευνητικές δραστηριότητες και εκείνων που ακολουθούν πιο καθοδηγούμενες προσεγγίσεις;

Γ. Συσχετιστικά ερωτήματα

- Ποια είναι η σχέση μεταξύ της χρήσης βιωματικών STEM δραστηριοτήτων και της αύξησης του ενδιαφέροντος των μαθητών για τις Θετικές Επιστήμες;
- Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της ομαδοσυνεργατικής μάθησης και της ανάπτυξης επικοινωνιακών δεξιοτήτων των μαθητών;
- Πώς επηρεάζουν οι STEM δραστηριότητες την αυτοπεποίθηση των μαθητών;
- Πώς επηρεάζουν οι STEM δραστηριότητες τη στάση των μαθητών έναντι των Φυσικών Επιστημών;

Δ. Διερευνητικά ερωτήματα

- Ποιες είναι οι αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με την εφαρμογή της STEM εκπαίδευσης;
- Πώς αντιλαμβάνονται οι μαθητές τον ρόλο του λάθους ως μέρος της μαθησιακής διαδικασίας στις STEM δραστηριότητες;
- Ποιοι είναι οι μεγαλύτεροι περιορισμοί ή δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί κατά την εφαρμογή της STEM εκπαίδευσης;

Ε. Επεξηγηματικά ερωτήματα

- Πώς η χρήση της εκπαιδευτικής ρομποτικής μέσω STEM εκπαίδευσης διευκολύνει την εμπέδωση εννοιών φυσικής και προγραμματισμού;
- Με ποιον τρόπο η διερευνητική μάθηση ενισχύει την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης και της δημιουργικότητας των μαθητών;
- Πώς η ομαδοσυνεργατική μάθηση συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση των εννοιών στις STEM δραστηριότητες;

3.2 Σκοποί και στόχοι του προγράμματος

3.2.1 Σκοποί της διδακτικής παρέμβασης και της έρευνας

Η σειρά αυτή διδακτικών παρεμβάσεων προσβλέπει στην ενασχόληση των μαθητών με την εκπαιδευτική ρομποτική και τη STEM εκπαίδευση. Σκοποί της διδακτικής ακολουθίας είναι:

- Η διερεύνηση της συμβολής της STEM εκπαίδευσης και της εκπαιδευτικής ρομποτικής στην ανάπτυξη δεξιοτήτων του 21ου αιώνα στους μαθητές.
- Η αξιολόγηση της μεταβολής της μαθησιακής πορείας, των στάσεων και της αυτοπεποίθησης των μαθητών σε σχέση με τη ρομποτική και τις θετικές επιστήμες γενικότερα.
- Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του συγκεκριμένου προγράμματος.
- Η προώθηση της βιωματικής και ομαδοσυνεργατικής μάθησης.
- Η εφαρμογή της ανακαλυπτικής - διερευνητικής μεθόδου.
- Η απομυθοποίηση του λάθους.
- Η επαφή της σχολικής κοινότητας με την τοπική κοινωνία, δίνοντας ώθηση στους μαθητές να συντάξουν ερευνητικές ομάδες για να διερευνήσουν αληθινά προβλήματα με σκοπό να τους παρέχουν τεχνολογικές λύσεις.
- Μελλοντική προοπτική και ενδιαφέρον για την τεχνολογία

3.2.2 Διδακτικοί στόχοι της διδακτικής παρέμβασης

Όπως είθισται σε κάθε εκπαιδευτική διαδικασία, ορίζονται οι διδακτικοί στόχοι οι οποίοι θα πρέπει να επιτευχθούν ώστε να θεωρηθεί επιτυχής. Έτσι και εδώ ορίζουμε στόχους για τις γνωστικές, πρακτικές, συναισθηματικές και κοινωνικές πτυχές της μάθησης, εξασφαλίζοντας μια ολιστική εκπαιδευτική προσέγγιση σε αυτό το πρόγραμμα.

A. Γνωστικοί Στόχοι – Γνώση & Κατανόηση

- Να κατανοήσουν τη σημασία των δεξιοτήτων του 21ου αιώνα (κριτική σκέψη, συνεργασία, επίλυση προβλημάτων).
- Να κατανοήσουν βασικές αρχές φυσικής, μηχανικής, και ηλεκτρονικής.
- Να κατανοήσουν τις βασικές λειτουργίες και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της μικροπλακέτας Arduino UNO.
- Να αναγνωρίσουν την αποτελεσματικότητα της STEM εκπαίδευσης.
- Να αναγνωρίσουν τη σημασία της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.
- Να αναπτύξουν δεξιότητες STEM ενισχύοντας τις διεπιστημονικές γνώσεις τους καθώς και την αναλυτική και κριτική σκέψη τους.
- Να εξοικειωθούν με τον προγραμματισμό και την αλγοριθμική σκέψη.
- Να γνωρίσουν διαφορετικές διδακτικές μεθόδους μέσω της STEM εκπαίδευσης (Διερευνητική Μάθηση, Μάθηση βάσει Έργου, Προσομοιώσεις).

B. Ψυχοκινητικοί Στόχοι – Δεξιότητες & Πρακτική Εφαρμογή

- Να συναρμολογήσουν και να χειριστούν ένα απλό ρομποτικό σύστημα χρησιμοποιώντας Arduino.
- Να προγραμματίσουν βασικές λειτουργίες σε Arduino για την αυτοματοποίηση μιας διαδικασίας (χρήση LED και αισθητήρων).
- Να εφαρμόσουν βασικές αρχές ηλεκτρονικής και φυσικής για τη δημιουργία λειτουργικών κυκλωμάτων.
- Να πειραματιστούν με διαφορετικούς κώδικες προγραμματισμού για να ελέγξουν τις λειτουργίες του Arduino.
- Να σχεδιάσουν και να κατασκευάσουν ένα STEM project βασισμένο σε Arduino (π.χ. ένα αυτοματοποιημένο σύστημα φωτισμού).
- Να κατανοήσουν τις διαδικασίες σχεδιασμού και πειραματισμού μίας συσκευής βασισμένης στο Arduino.

Γ. Συναισθηματικοί-Κοινωνικοί Στόχοι – Στάσεις & Αξίες

- Να αναπτύξουν ενδιαφέρον για τη STEM εκπαίδευση και την τεχνολογία.
- Να υιοθετήσουν θετική στάση απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες.
- Να ενισχύσουν τη δημιουργικότητα και τη φαντασία τους μέσω της σχεδίασης και ανάπτυξης καινοτόμων λύσεων.
- Να καλλιεργήσουν ομαδικότητα και συνεργασία μέσα από τις δραστηριότητες.
- Να υιοθετήσουν θετική στάση απέναντι στην επίλυση προβλημάτων μέσα από τον πειραματισμό.
- Να αναπτύξουν αυτονομία και υπευθυνότητα στη λήψη αποφάσεων κατά τον σχεδιασμό και υλοποίηση των STEM έργων.
- Να εκτιμήσουν τη σημασία της τεχνολογίας και της ρομποτικής στη σύγχρονη κοινωνία.
- Να αναστοχαστούν για τη μαθησιακή τους εμπειρία και να εντοπίσουν τα οφέλη της STEM εκπαίδευσης στη ζωή τους.
- Να αναπτύξουν την αυτοπεποίθηση, ανεξαρτησία και αυτοενδυνάμωσή τους.
- Να αναπτύξουν ενδιαφέρον για τις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία.

Δ. Μεταγνωστικοί Στόχοι

- Να αναπτύξουν δεξιότητες αυτορρύθμισης (να γνωρίζουν πότε χρειάζονται περισσότερη εξάσκηση ή νέα προσέγγιση σε ένα πρόβλημα).
- Να επιλέξουν τις κατάλληλες στρατηγικές μάθησης (δοκιμή και σφάλμα, ανάλυση δεδομένων, αναζήτηση πληροφοριών).
- Να βελτιώσουν τις στρατηγικές τους στην επίλυση προβλημάτων μέσω της δοκιμής και προσαρμογής του προγραμματισμού στο Arduino.
- Να αξιολογήσουν την εφαρμοσιμότητα των γνώσεων τους σε πραγματικές συνθήκες, όπως η χρήση ρομποτικής στην καθημερινή ζωή.

3.3 Παιδαγωγικά εργαλεία για τη διδασκαλία μέσω STEM

Η STEM εκπαίδευση βασίζεται σε διδακτικές προσεγγίσεις που ενισχύουν τη δραστηριοποίηση των μαθητών, την κριτική σκέψη και την εφαρμογή της γνώσης σε πραγματικά προβλήματα. Μέσω της βιωματικής και ομαδοσυνεργατικής μάθησης, οι μαθητές εμπλέκονται ενεργά στη διαδικασία της μάθησης, αναπτύσσοντας αυτονομία και πρωτοβουλία. Το STEM γίνεται ένα δυναμικό περιβάλλον μάθησης που συνδέει τη θεωρία με την πράξη και ενισχύει τη δημιουργικότητα και την καινοτομία των μαθητών.

3.3.1 Βιωματική και Ομαδοσυνεργατική μάθηση

Βασικός σκοπός του προγράμματος είναι η προώθηση της βιωματικής και ομαδοσυνεργατικής μάθησης. Μέσα από αυτή τη διαδικασία, οι μαθητές γνωρίζουν βιωματικά την επιστημονική μέθοδο, συνδυάζουν την θεωρία με την πράξη και καλλιεργούν την κοινωνική τους συνείδηση. Ακολουθώντας τα βήματα της διερευνητικής μάθησης, οι μαθητές δρουν ως επιστήμονες, οι οποίοι εντοπίζουν, κατανοούν, και ερευνούν τους τρόπους επίλυσης ενός προβλήματος αλλά και ως εφευρέτες, αξιοποιώντας σύγχρονα τεχνολογικά εργαλεία για να σχεδιάσουν και να υλοποιήσουν μια λύση. Συνδυάζοντας τη θεωρία με την πράξη, οι μαθητές αναλαμβάνουν επίσης τον ρόλο ενός μηχανικού, κατασκευάζοντας και προγραμματίζοντας την κατασκευή τους. Γνωρίζουν έτσι από πρώτο χέρι τα βήματα της επιστημονικής μεθόδου και της υλοποίησης μιας ομαδικής εργασίας. Οι μαθητές ενθαρρύνονται επίσης να εμπλέξουν την τοπική κοινωνία και τους τοπικούς φορείς στη δημιουργία και την εφαρμογή της τεχνολογικής λύσης τους. Με αυτό τον τρόπο, αναπτύσσουν κοινωνικές δεξιότητες και δρουν ως ενεργά μέλη της τοπικής κοινωνίας.

Η εκπαίδευση STEM υποστηρίζει την ψηφιοποίηση της διδασκαλίας και τη σύνδεση της με «πραγματικά προβλήματα» (real world problems) εισάγοντας τους μαθητές από νωρίς στην επίλυση προβλημάτων (problem solving) και σε έννοιες όπως η διερεύνηση και η συνεργασία σε ομάδες. Κύριος στόχος είναι η συνύφανση των επιστημών σε ένα ενιαίο πλαίσιο, τη σύνδεσή τους με την τεχνολογία και τη χρήση ψηφιακών εργαλείων, την ανάπτυξη της κατασκευαστικής ικανότητας ώστε να μπορεί ο καθένας να δημιουργεί μόνος του ό,τι χρειάζεται για την επίλυση ενός προβλήματος και βέβαια την καλλιέργεια του μαθηματικού τρόπου σκέψης για τη σύνθεση όλων των παραπάνω. Αντί να διδάσκονται οι κλάδοι αυτοί ως διακριτά μαθήματα, η εκπαίδευση STEM τους ενσωματώνει σε ένα συνεκτικό μοντέλο μάθησης βασισμένο σε πραγματικές εφαρμογές. Αυτό που ξεχωρίζει το μοντέλο STEM από τα παραδοσιακά μαθησιακά μοντέλα, είναι το μικτό μαθησιακό περιβάλλον που δείχνει τον τρόπο με τον οποίο η διερευνητική μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί στην καθημερινή ζωή. Διδάσκει, δηλαδή, στους μαθητές την υπολογιστική σκέψη και εστιάζει στην επίλυση προβλημάτων με εφαρμογές στην καθημερινότητα, κατακτώντας στην πορεία βασικές δεξιότητες του αιώνα μας, όπως η κριτική σκέψη και η λογική προσέγγιση, η δημιουργικότητα, η συνεργασία και η επικοινωνία. Μέσα από τη δημιουργία της ομάδας, οι μαθητές μαθαίνουν να αναθέτουν ρόλους και να είναι υπεύθυνοι για τη διεκπεραίωση των εργασιών τους επιδιώκοντας τη βέλτιστη λειτουργικότητα της ομάδας τους (Ματσαγγούρας, 2000).

Η εκπαίδευση STEM έχει ως κεντρικό άξονα ένα μαθητοκεντρικό μοντέλο διδασκαλίας όπου εφαρμόζονται βασικές παιδαγωγικές προσεγγίσεις όπως η διερευνητική μέθοδος, η βιωματική μάθηση, η ομαδοσυνεργασία, η επίλυση προβλημάτων και η μέθοδος «Project Based Learning». Με τον συνδυασμό αυτών των μεθόδων επιτυγχάνεται η κατάκτηση της γνώσης από τη βραχυπρόθεσμη (short term) στη μακροπρόθεσμη μνήμη (long term memory) χτίζοντας πάνω σε ήδη προϋπάρχουσες συνδέσεις γνώσεων και πληροφοριών (Sweller, 2011).

3.3.2 Διερευνητική ή Ανακαλυπτική μέθοδος

Το εκπαιδευτικό μοντέλο της μεθόδου STEM προάγει τις αξίες της διερευνητικής ή ανακαλυπτικής μεθόδου: ο/η μαθητής/τρια μαθαίνει τα βήματα και τον τρόπο που δουλεύουν οι ερευνητές επιστήμονες όταν θέλουν να επιλύσουν ένα πρόβλημα ή να διερευνήσουν ένα θέμα. Όταν οι ερευνητές ξεκινούν μια νέα έρευνα, το κάνουν με αφορμή ένα **Θέμα** που χρειάζεται επίλυση ή κάποιες παρατηρήσεις που έκαναν. Βασισμένοι στις εμπειρικές τους γνώσεις κάνουν κάποιες **Υποθέσεις** και ξεκινούν την **Έρευνά** τους για τη συλλογή δεδομένων. Σε αυτό το στάδιο συνήθως συγκεντρώνουν την ερευνητική τους ομάδα και δουλεύουν συνεργατικά για την επίλυση του προβλήματος. Επόμενο βήμα μετά την έρευνα είναι οι **Πειραματισμοί** όπου, μέσα από λάθη, σφάλματα και επιπλέον δοκιμές, εξακριβώνουν ή αναθεωρούν τις υποθέσεις τους. Τέλος, καταλήγουν στο **Αποτέλεσμα** της έρευνας ή στο τελικό προϊόν που θα τους βοηθήσει στην επίλυση του θέματος.



Εικόνα 31 Διερευνητική ή Ανακαλυπτική μέθοδος

Η δημιουργία μιας ερευνητικής ομάδας μαθητών, αποτελεί βασικό βήμα διότι με αυτόν τον τρόπο τα άτομα επιστρατεύουν την ανταλλαγή γνώσεων και την ποικιλομορφία ιδεών για την επίτευξη των στόχων τους. Γίνεται κατανομή ρόλων στα μέλη της ομάδας, για να κυλήσει ομαλά η διαδικασία της επίλυσης του προβλήματος. Τα μέλη της ομάδας βρίσκονται σε συνεχή επικοινωνία μεταξύ τους, σχεδιάζουν την κοινή τους στρατηγική αντιμετώπισης και ορίζουν επιμέρους εργασίες των βημάτων υλοποίησης. Η Διερευνητική μέθοδος αναπτύσσει την κριτική σκέψη και την ερευνητική προσέγγιση ενισχύοντας την αυτονομία και τη δημιουργικότητα των μαθητών. Συνδέει τη μάθηση με πραγματικά προβλήματα ενώ παράλληλα προωθεί τη συνεργατική μάθηση.

3.3.3 Απομυθοποίηση του λάθους

Είναι καθοριστικής σημασίας οι μαθητές να μην φοβούνται να κάνουν λάθη, αλλά αντίθετα να ενθαρρύνονται να πειραματίζονται και να δοκιμάζουν. Τα λάθη δεν πρέπει να θεωρούνται αποτυχίες, αλλά ευκαιρίες για μάθημα και βαθύτερη κατανόηση. Αν και συχνά ταυτίζονται με το άγχος, την απόρριψη και μια αρνητική στάση απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες, στην πραγματικότητα αποτελούν πολύτιμα εργαλεία μάθησης. Σύμφωνα με σύγχρονες παιδαγωγικές θεωρίες για την ερμηνεία του τρόπου σκέψης των μαθητών δίνεται έμφαση όχι στην αστοχία απομνημόνευσης τύπων και διαδικασιών, αλλά στην καλλιέργεια γνωστικών δεξιοτήτων, όπως η διαίρεση προβλημάτων, η σύνδεση εννοιών, η λογική σκέψη και η επικοινωνία. Επιπλέον, τα λάθη των μαθητών είναι συχνά «μικρογραφίες» λαθών που έχουν εμφανιστεί στην ιστορία των Φυσικών Επιστημών και μέσα από αυτά μπορούμε να απομυθοποιήσουμε την έννοια του «αλάνθαστου επιστήμονα», ο οποίος εξελίσσει την επιστήμη αβίαστα και χωρίς κόπο, έχοντας όλες τις απαντήσεις. Πλέον, ο/η μαθητής/τρια πρέπει να μάθει πώς να μαθαίνει «learn how to learn», πώς να διαχειρίζεται την πληροφορία που λαμβάνει, να προσαρμόζει τα δεδομένα στις ανάγκες του και να αισθάνεται άνετα στο μαθησιακό περιβάλλον ώστε να μπορέσει να εξελίξει τις δεξιότητες του.



Εικόνα 32 Απομυθοποίηση του λάθους

Δίνεται έμφαση στη διαδικασία και όχι μόνο στο τελικό αποτέλεσμα. Η αποτυχία οδηγεί σε αναστοχασμό, γιατί έγινε το λάθος και πώς μπορεί να διορθωθεί. Με αυτόν τον τρόπο, οι μαθητές συνειδητοποιούν ότι το λάθος είναι ένα βήμα προς τη σωστή λύση και τη βαθύτερη κατανόηση. Η μηχανική και η τεχνολογία διδάσκουν τους μαθητές να εργάζονται με επαναληπτικές διαδικασίες. Σχεδιάζουν, κατασκευάζουν, δοκιμάζουν, και στη συνέχεια αναλύουν τα αποτελέσματα για να κάνουν βελτιώσεις. Το «λάθος» γίνεται φυσικό μέρος της διαδικασίας βελτιστοποίησης και όχι αιτία απογοήτευσης. Η STEM εκπαίδευση ενθαρρύνει την εξερεύνηση και την ανάληψη ρίσκων. Δίνεται έμφαση στη δημιουργικότητα και στη θετική στάση απέναντι στο λάθος, καθώς μπορεί να οδηγήσει σε απροσδόκητες καινοτομίες.

3.4 Ερωτηματολόγιο Έναρξης (Pretest)

Με το ανώνυμο ερωτηματολόγιο έναρξης (Pretest) συλλέγουμε δεδομένα σχετικά με την αρχική κατάσταση, τις στάσεις και το ενδιαφέρον των μαθητών για τις θετικές επιστήμες, το αρχικό επίπεδο γνώσεων και δεξιοτήτων καθώς και τις προσδοκίες τους από το πρόγραμμα STEM που πρόκειται να παρακολουθήσουν. Είναι μία αρχική μέτρηση που πραγματοποιείται πριν από την εφαρμογή της παρέμβασής μας, λειτουργεί ως βάση σύγκρισης και έχει ως σκοπό την αξιολόγηση των προϋπάρχουσων γνώσεων (προέλεγχος). Το ερωτηματολόγιο περιέχει ερωτήσεις κλειστού τύπου με διαβάθμιση από 1-Καθόλου έως 5-Πολύ Καλά, ενώ καλύπτει όλο το φάσμα των παραπάνω δεδομένων που θέλουμε να συλλέξουμε. Στο **παράρτημα Α** παρατίθεται το ερωτηματολόγιο έναρξης (Pretest). Στόχος της παρέμβασής μας είναι η ανάδειξη της θετικής επίδρασης της STEM εκπαίδευσης στους μαθητές που παρακολούθησαν το πρόγραμμα.

3.5 Σχεδιασμός του εκπαιδευτικού προγράμματος.

Ξεκινώντας ένα οποιοδήποτε πρόγραμμα μαθημάτων και δη ένα πρόγραμμα STEM, είναι απαραίτητος ο σχεδιασμός και ο προγραμματισμός των βημάτων που θα ακολουθηθούν. Ομοίως, σε αυτή τη διδακτική ακολουθία στρατηγικής STEM ορίζουμε τον κορμό και το περιεχόμενο των μαθημάτων και δραστηριοτήτων που θα ακολουθηθούν στη διάρκεια των 8 τριώρων συναντήσεων με τους μαθητές.

Μάθημα	Περιεχόμενο του μαθήματος
1	Εισαγωγή στην εκπαίδευση STEM
2	Βασικές αρχές και γνώσεις ηλεκτρονικής
3	Εισαγωγή στο Arduino
4	Βασικά περιφερειακά και συσκευές εξόδου
5	Αισθητήρες και μετρήσεις
6	Κινητήρας Servo και αυτοματισμός
7	Εισαγωγή στο IoT (Internet of Things)
8	Σχεδίαση και υλοποίηση τελικού έργου

Πίνακας 3.1 Κορμός μαθημάτων του προγράμματος

Δίνεται έμφαση στην ομαδοσυνεργατική προσέγγιση και την ανάπτυξη ενός έργου των μαθητών από το μηδέν. Συνδυαστικά με τα παραπάνω προτείνεται η χρήση της πλατφόρμας Tinkercad (<https://www.tinkercad.com/>) για προσομοιώσεις και γνωριμία με άλλα υλικά του Arduino, καθώς και το fritzing (<https://fritzing.org/>) για τον σχεδιασμό κυκλωμάτων στον Η/Υ. Επίσης προτείνεται η αναζήτηση στο διαδίκτυο των video tutorials σχετικά με το Arduino καθώς υπάρχει πλούσιο διαθέσιμο υλικό.

3.5.1 Μάθημα 1ο: Εισαγωγή στην εκπαίδευση STEM

- Τι είναι οι επιστήμες STEM και πως συνδέονται μεταξύ τους;
- Το STEM δεν είναι μόνο θεωρία. Δίνει έμφαση σε πρακτικές εφαρμογές που συνδέονται με την καθημερινότητα, όπως η ανάπτυξη ρομποτικών συστημάτων.
- Παραδείγματα εφαρμογών STEM στην καθημερινή ζωή. Ένας μηχανικός σχεδιάζει έναν αισθητήρα (Technology & Engineering) για να μετρήσει την ένταση φωτός (Science), ενώ χρησιμοποιεί μαθηματικά μοντέλα (Mathematics) για να αναλύσει τα δεδομένα.
- Εισαγωγή στη Μεθοδολογία Σχεδίασης Έργων (Design Thinking).
 - ✓ Ενσυναίσθηση (Empathize): Κατανόηση αναγκών ή απαιτήσεων του προβλήματος
 - ✓ Ορισμός (Define): Ορισμός του προβλήματος που πρέπει να επιλυθεί.
 - ✓ Ιδέες (Ideate): Δημιουργία λύσεων ή ιδεών.
 - ✓ Πρωτοτυποποίηση (Prototype): Κατασκευή πρωτότυπου που εφαρμόζει την ιδέα.
 - ✓ Δοκιμή (Test): Αξιολόγηση του πρωτοτύπου και βελτιστοποίηση.

Παράδειγμα: Αν το πρόβλημα αφορά στο να βελτιωθεί η ορατότητα τη νύχτα, οι μαθητές μπορούν να σχεδιάσουν ένα φωτισμό που ενεργοποιείται αυτόματα όταν μειώνεται η φωτεινότητα.

- Βασικές Έννοιες Φυσικής και Μαθηματικών. Δύναμη, Ενέργεια, Βαρύτητα, Τριβή, Παγκόσμια έλξη, Δορυφόροι., Πλανήτες, Ηλεκτρικό ρεύμα, Εξισώσεις, Επίλυση τύπου.

3.5.1.1 Δραστηριότητα 1.1 Κατασκευή κάρτας με απλό ηλεκτρικό κύκλωμα

Κατασκευή απλού ηλεκτρικού κυκλώματος σε διαδραστική κάρτα με τη χρήση ταινίας χαλκού (copper tape), μπαταρίας 3V (CR2032), LED και χαρτόνι. Αφού μοιράσουμε την ταινία χαλκού στις ομάδες, ζητάμε από τους μαθητές να βρουν έναν τρόπο να ανάψει το λαμπάκι χρησιμοποιώντας την ταινία χαλκού και την μπαταρία. Στόχος τους είναι να φτιάξουν μία διαδραστική κάρτα (εικόνα 33) όπου θα ανάβει το LED και θα ζωγραφίσουν οι ίδιοι ό,τι επιθυμούν σε αυτήν. Στη συνέχεια προσθέτουν 2^ο και 3^ο LED ανακαλύπτοντας διαφορετικούς τρόπους σύνδεσης, σε σειρά και παράλληλα.



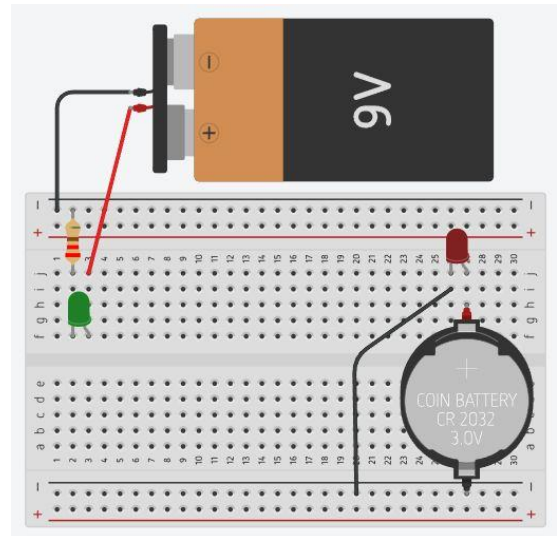
Εικόνα 33 Διαδραστική κάρτα και απλό ηλεκτρικό κύκλωμα

3.5.2 Μάθημα 2ο: Βασικές αρχές και γνώσεις ηλεκτρονικής

- Τι είναι η Ηλεκτρονική και ποια η σημασία της στη σύγχρονη τεχνολογία;
- Βασικές Φυσικές Έννοιες: Ρεύμα I, Τάση V, Αντίσταση R, Ισχύς P, Νόμος του Ohm.
- Βασικά Ηλεκτρονικά Εξαρτήματα: Αντιστάτες, Διακόπτες, Μπαταρίες, Buzzer, LED.
- Σύνδεση αντιστατών: Σύνδεση σε σειρά., Παράλληλη σύνδεση.
- Πλακέτες ανάπτυξης, σύνδεση και χρήση αισθητήρων, IoT (Internet of Things).

3.5.2.1 Δραστηριότητα 2.1 Κατασκευή απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων LED

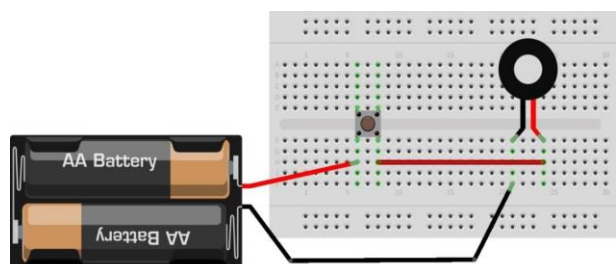
Κατασκευή απλού ηλεκτρικού κυκλώματος με τη χρήση LED, Breadboard, jumper wires, μπαταρία 3V (CR2032), αντίσταση $R=220\Omega$ και μπαταρία 9V. Στην εικόνα 34 δίνονται δύο ανεξάρτητα κυκλώματα, το ένα με μπαταρία 3V χωρίς αντίσταση και το άλλο με μπαταρία 9V με αντίσταση. Εδώ θα πρέπει να εξηγηθεί η λογική του breadboard και πως χρησιμοποιείται έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε επόμενα πιο σύνθετα κυκλώματα. Εξηγείται η σημασία της αντίστασης R καθώς και η τάση κανονικής λειτουργίας του LED.



Εικόνα 34 Απλά ηλεκτρικά κυκλώματα LED

3.5.2.2 Δραστηριότητα 2.2 Κατασκευή απλού ηλεκτρικού κυκλώματος Buzzer

Κατασκευή απλού ηλεκτρικού κυκλώματος με τη χρήση Buzzer, Breadboard, jumper wires, διακόπτη (push button) και 2 μπαταρίες 1,5V (AA). Επιλέγουμε την παρακάτω δραστηριότητα που βασίζεται στην λογική του ανοιχτού-κλειστού κυκλώματος για να εξοικειωθούν οι μαθητές με το breadboard, τον διακόπτη και τα ηλεκτρονικά κυκλώματα γενικότερα. Η συνδεσμολογία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως βομβητής για κώδικα Morse οπότε εδώ θα αναφερθούμε και σε μία από τις πρώτες μορφές τηλεπικοινωνιών που αναπτύχθηκε στα μέσα του 19^{ου} αιώνα ως σπουδαίο παράδειγμα της δύναμης της απλότητας. Επιπροσθέτως, οι μαθητές δοκιμάζουν να στείλουν οι ίδιοι μήνυμα μέσω κώδικα Morse σε άλλους συμμαθητές τους.



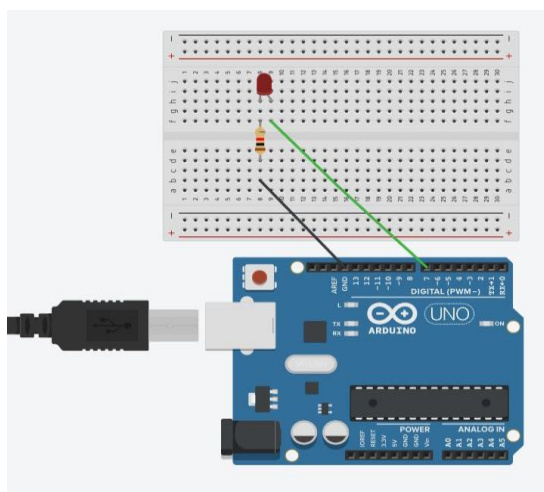
Εικόνα 35 Απλό ηλεκτρικό κύκλωμα Διακόπτη -

3.5.3 Μάθημα 3ο: Εισαγωγή στο Arduino

- Τι είναι το Arduino, περιγραφή, θύρες εισόδου/εξόδου, πώς λειτουργεί.
- Παρέχουμε Arduino, breadboard και jumper wires ανά δύο μαθητές σε έναν Η/Υ.
- Εγκατάσταση του Arduino IDE στον υπολογιστή και σύνδεση του Arduino μέσω USB.
- Εισαγωγή στον προγραμματισμό: οι βασικές εντολές του Arduino IDE, δημιουργία του 1^{ου} Sketch και εφαρμογή ελέγχου ενός LED με το Arduino.
- Ανέβασμα του κώδικα στο Arduino και προσθήκη κι άλλων εντολών στη συνέχεια.

3.5.3.1 Δραστηριότητα 3.1 Έλεγχος ενός LED με Arduino

Στην εικόνα 36 βλέπουμε ένα απλό κύκλωμα το οποίο περιλαμβάνει το Arduino, ένα LED, μία αντίσταση $R=220\Omega$ και jumper wires. Ο στόχος των μαθητών είναι να κάνουν το LED να ανάβει και να σβήνει με ένα σταθερό ρυθμό τον οποίο θα ορίσουν οι ίδιοι. Ο προγραμματισμός είναι σχετικά εύκολος ακόμα και για αρχάριους, αρκεί να εξηγήσουμε βασικές εντολές όπως pinMode, digitalWrite και delay ενώ στη συνέχεια μπορούμε να αντικαταστήσουμε το LED με ένα buzzer.



Εικόνα 36 Έλεγχος ενός LED με Arduino

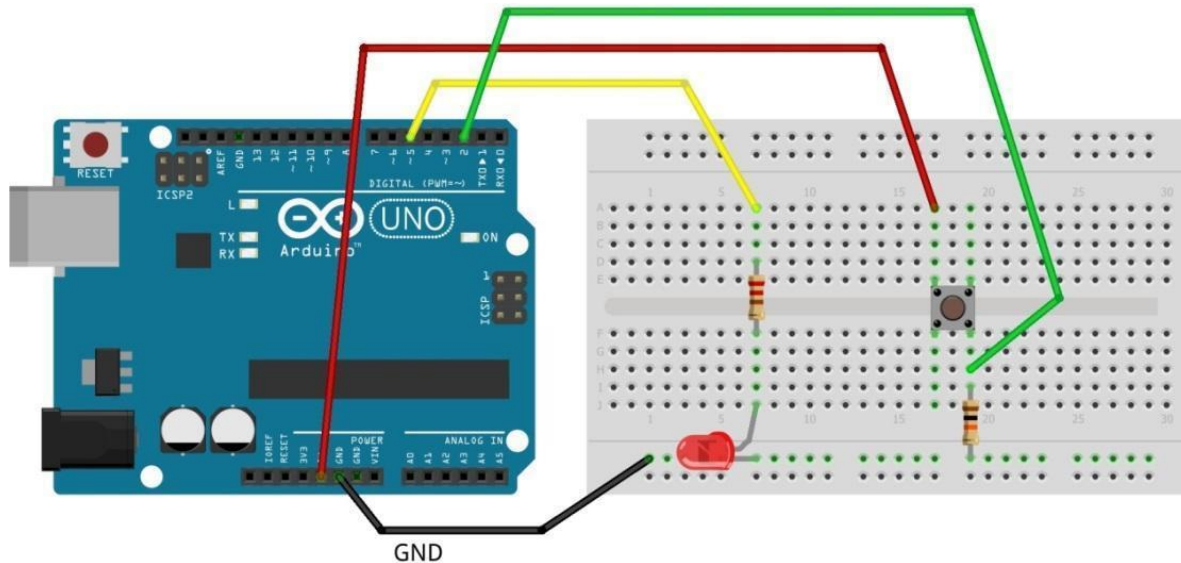
```
1 void setup(){
2   pinMode(7, OUTPUT); // ορίζουμε τη θύρα 7 ως έξοδο
3 }
4 void loop(){
5   digitalWrite(7, HIGH); // άναψε το LED
6   delay(2000); // περίμενε 2000 millisecond(s)
7   digitalWrite(7, LOW); // σβήσε το LED
8   delay(2000); // περίμενε 2000 millisecond(s)
9 }
```

Εικόνα 37 Κώδικας: Έλεγχος ενός LED - Arduino IDE

Στο κύκλωμα αυτό το LED ανάβει για 2 sec, στη συνέχεια σβήνει για 2sec και αυτό επαναλαμβάνεται συνεχώς. Προϋπάρχουσα γνώση η πολικότητα του LED και ότι επιτρέπει του διέλευση του ρεύματος μόνο προς μία φορά. Αυτή η απλή εφαρμογή δίνει στους μαθητές την αίσθηση της δημιουργικότητας και ξεκινάει το ταξίδι του μικρού εφευρέτη. Στη συνέχεια προσθέτουμε ή τροποποιούμε τις εντολές στις επόμενες δραστηριότητες, αυξάνοντας σταδιακά τον βαθμό δυσκολίας.

3.5.3.2 Δραστηριότητα 3.2 LED που ανάβει με το πάτημα ενός κουμπιού

Σε συνέχεια της προηγούμενης συνδεσμολογίας προσθέτουμε ένα κουμπί (button) και έναν αντιστάτη $R=10\text{ k}\Omega$ όπως δείχνει η εικόνα⁵ 38.



Εικόνα 38 LED που ανάβει με το πάτημα ενός κουμπιού

```
1 void setup() {  
2   pinMode(5, OUTPUT);  
3   pinMode(2, INPUT); }  
4 void loop() {  
5   if (digitalRead(2) == HIGH) {  
6     digitalWrite(5, HIGH); } // Άναψε το LED  
7   else {  
8     digitalWrite(5, LOW); } // Σβήσε το LED  
9 }
```

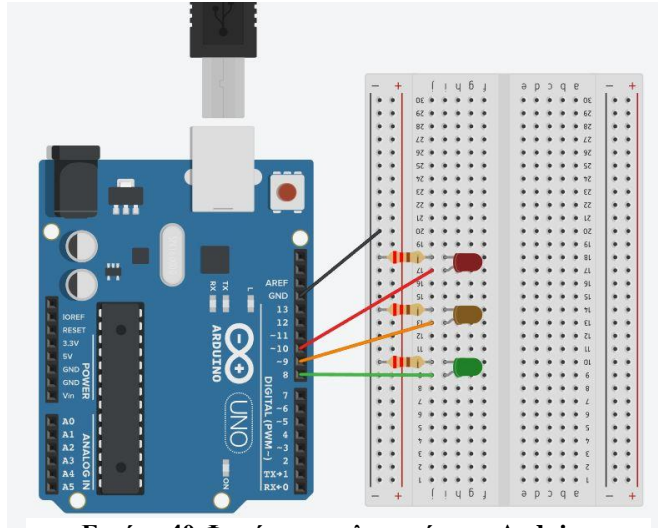
Εικόνα 39 Κώδικας: LED που ανάβει με κουμπί - Arduino IDE

Το δεξί τμήμα του κουμπιού συνδέεται στη γείωση (GND) μέσω της αντίστασης $10\text{ k}\Omega$ και το αριστερό στην τροφοδοσία (pin 5 V). Έτσι αποφεύγεται το βραχυκύκλωμα όταν πατάμε το κουμπί. Για τον έλεγχο της κατάστασης του κουμπιού, συνδέουμε το δεξί του τμήμα στον ψηφιακό ακροδέκτη 2 του Arduino, που θα χρησιμοποιηθεί ως είσοδος. Όταν το κουμπί δεν είναι πατημένο, το κύκλωμα είναι ανοικτό, δεν υπάρχει ρεύμα, ούτε και πτώση τάσης στην αντίσταση των $10\text{ k}\Omega$. Άρα, ο ακροδέκτης 2 είναι συνδεδεμένος, μέσω της $R_2 = 10\text{ k}\Omega$, στη γείωση και είναι σε δυναμικό 0V (κατάσταση LOW). Όταν πατηθεί το κουμπί, κλείνει το κύκλωμα και ο ακροδέκτης 2 βρίσκεται συνδεδεμένος σε δυναμικό 5 V , δηλαδή στον θετικό πόλο της τάσης τροφοδοσίας (κατάσταση HIGH).

⁵ Οι εικόνες των κυκλωμάτων είναι από το fritzing και την πλατφόρμα Tinkercad όπου μπορεί ο μαθητής να σχεδιάσει το κύκλωμα και να το δοκιμάσει σε εικονικό περιβάλλον (<https://www.tinkercad.com/>).

3.5.3.3 Δραστηριότητα 3.3 Φανάρια κυκλοφορίας με Arduino

Το επόμενο βήμα είναι να ελέγξουμε τρία LED προγραμματίζοντας κατάλληλα το Arduino. Όπως φαίνεται στην εικόνα 40 θα χρειαστούμε τρία LED, τρεις αντιστάσεις $R=220\Omega$, jumper wires και το Arduino. Στόχος των μαθητών είναι να προγραμματίσουν τα τρία LED με τέτοιον τρόπο ώστε να λειτουργούν όπως τα φανάρια κυκλοφορίας σε μία διασταύρωση. Χρησιμοποιώντας τις βασικές γνώσεις του προηγούμενου παραδείγματος καλούνται τώρα να συνθέσουν έναν κώδικα με τον οποίο την ώρα που θα ανάβει το ένα φανάρι θα πρέπει να είναι σβηστά τα άλλα δύο και αυτό να πραγματοποιείται κυκλικά.



Εικόνα 40 Φανάρια κυκλοφορίας με Arduino

```
1  const int redLED = 10; // Ορισμός των pins για τα τρία LED
2  const int yellowLED = 9; // const δηλώνει ότι είναι σταθερά
3  const int greenLED = 8; // int δηλώνει ότι είναι ακέραιος
4  void setup() {
5      pinMode(redLED, OUTPUT); // Ορισμός των pins ως έξοδοι
6      pinMode(yellowLED, OUTPUT);
7      pinMode(greenLED, OUTPUT); }
8  void loop() {
9      digitalWrite(redLED, HIGH); // Ανάβει το κόκκινο LED
10     digitalWrite(greenLED, LOW); // σβήνει το πράσινο LED
11     digitalWrite(yellowLED, LOW); // σβήνει το κίτρινο LED
12     delay(8000); // Αναμονή 8 δευτερολέπτων
13     digitalWrite(redLED, LOW); // σβήνει το κόκκινο LED
14     digitalWrite(greenLED, HIGH); // Ανάβει το πράσινο LED
15     digitalWrite(yellowLED, LOW); // σβήνει το κίτρινο LED
16     delay(8000); // Αναμονή 8 δευτερολέπτων
17     digitalWrite(redLED, LOW); // σβήνει το κόκκινο LED
18     digitalWrite(greenLED, LOW); // σβήνει το πράσινο LED
19     digitalWrite(yellowLED, HIGH); // Ανάβει το κίτρινο LED
20     delay(2000); // Αναμονή 2 δευτερολέπτων
21 }
```

Εικόνα 41 Κώδικας: Φανάρια κυκλοφορίας - Arduino IDE

Στο παραπάνω κύκλωμα μπορούν να προστεθούν ένα κόκκινο και ένα πράσινο LED πεζών. Θα συμπληρωθεί ο κώδικας ώστε να ανάβει το πράσινο των πεζών μαζί με το κόκκινο των αυτοκινήτων και αντίστοιχα το κόκκινο των πεζών με το πράσινο των αυτοκινήτων. Έτσι ανεβαίνει ο βαθμός δυσκολίας της συνδεσμολογίας.

3.5.4 Μάθημα 4ο: Βασικά περιφερειακά και συσκευές εξόδου

- Τι είναι η σειριακή οθόνη (serial monitor), ανάγνωση μετρήσεων στον H/Y.
- Τι είναι η οθόνη LCD, σύνδεση I2C, διεύθυνση επικοινωνίας οθόνης –Arduino με I2C.
- Βιβλιοθήκη LiquidCrystal_I2C, αναζήτηση και εγκατάσταση βιβλιοθηκών.
- Τι είναι το Bluetooth Module (HC-05), πώς συνδέεται, πώς χρησιμοποιείται.
- Τι είναι το Relay και το DC motor, έλεγχος DC motor ή λαμπτήρα 220V με Relay.
- Τι είναι το OLED, το RGB LED, το Matrix LED

3.5.4.1 Δραστηριότητα 4.1 Μήνυμα “Hello World” στο serial monitor

Ένα απλό πρόγραμμα με το οποίο θα εξοικειωθούμε με τη χρήση του serial monitor είναι αυτό το οποίο απλά τυπώνει το μήνυμα «Hello World» στο σειριακό μόνιτορ ή οποιοδήποτε άλλο μήνυμα εμείς θέλουμε. Σε αυτό το πρόγραμμα δεν υπάρχει εντολή στο loop διότι το μήνυμα γράφεται μία φορά και στη συνέχεια δεν κάνει τίποτα άλλο.

```
1 void setup(){
2   Serial.begin(9600); // ξεκίνησε το σειριακό μόνιτορ με ταχύτητα 9600 bps
3   Serial.println("Hello World"); // τύπωσε το μήνυμα στην οθόνη και άλλαξε γραμμή
4   Serial.println("This is my serial monitor"); } // τύπωσε αυτό και άλλαξε γραμμή
5 void loop(){ }
```

Εικόνα 42 Κώδικας: Μήνυμα Hello World στο serial monitor

3.5.4.2 Δραστηριότητα 4.2 Μήνυμα στο serial monitor και εμφάνιση στην LCD

Σκοπός είναι να συνδεθεί μια οθόνη LCD με πρωτόκολλο I2C στο Arduino και να προγραμματιστεί έτσι ώστε να εμφανίζει μηνύματα που εισάγονται από το serial monitor.

```
1 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
2 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
3 void setup() {
4   lcd.init(); // initialize the lcd
5   lcd.backlight();
6   Serial.begin(9600);
7 }
8 void loop(){
9   if (Serial.available()) {
10    delay(100); // wait a bit for the entire message to arrive
11    lcd.clear(); // clear the screen
12    while (Serial.available() > 0){
13      lcd.write(Serial.read()); } // display each character to the LCD
14   }
15 }
```

Εικόνα 43 Κώδικας: Μήνυμα από serial monitor σε LCD -- Arduino IDE

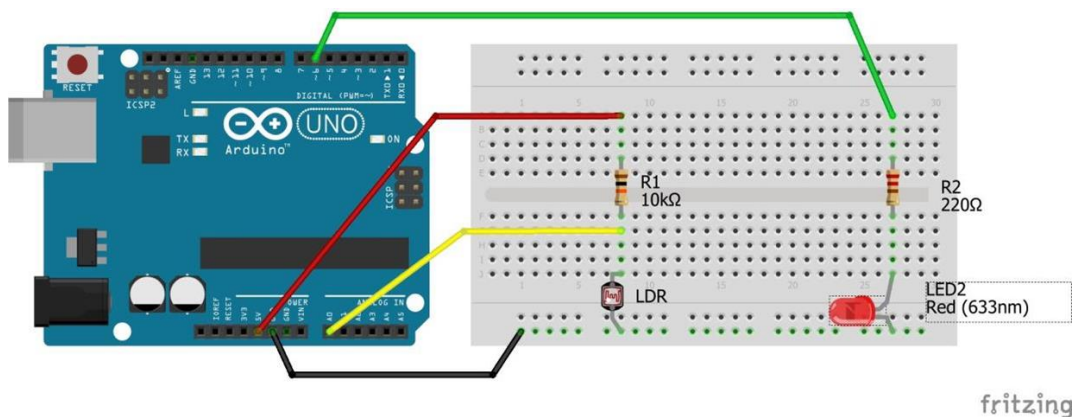
3.5.5 Μάθημα 5ο: Αισθητήρες και μετρήσεις

Σε αυτό το μάθημα οι μαθητές θα γνωρίσουν τους αισθητήρες, τον τρόπο λειτουργίας τους και τη χρήση τους για τη μέτρηση φυσικών παραμέτρων (π.χ. φωτός, θερμοκρασίας, απόστασης). Θα εφαρμόσουν τις γνώσεις τους σε πρακτικές εφαρμογές χρησιμοποιώντας το Arduino. Βασικοί αισθητήρες που θα χρησιμοποιήσουμε είναι:

- Αισθητήρας Φωτός (LDR): Μετρά την ένταση φωτός. Αναλογική έξοδος που εξαρτάται από το φως στο περιβάλλον.
- Αισθητήρας Θερμοκρασίας (LM35): Παράγει τάση ανάλογη της θερμοκρασίας. Χρησιμοποιείται για μετρήσεις θερμοκρασίας σε συσκευές ή χώρους.
- Αισθητήρας Απόστασης (Ultrasonic - HC-SR04): Χρησιμοποιεί υπερήχους. Μετρά την απόσταση. Εφαρμόζεται στη ρομποτική για αποφυγή εμποδίων.
- Αισθητήρας Υγρασίας και Θερμοκρασίας (DHT11/DHT22): Παρέχει τιμές της θερμοκρασίας και της υγρασίας.
- Αισθητήρας Ανίχνευσης Κίνησης (PIR): Ανιχνεύει κίνηση καταγράφοντας αλλαγές στην υπέρυθη ακτινοβολία που εκπέμπεται από σώματα (π.χ. ανθρώπους ή ζώα). Είναι πολύ διαδεδομένος σε συστήματα ασφαλείας, αυτοματισμούς και φωτισμό.

3.5.5.1 Δραστηριότητα 5.1 LED που ανάβει όταν πέφτει το σκοτάδι

Τα υλικά που χρειάζονται σε αυτή τη δραστηριότητα είναι το Arduino, ένα LED, φωτοαντιστάτης LDR, αντιστάτης $R_1=10k\Omega$, αντιστάτης $R_2=220\Omega$ και breadboard. Σκοπός είναι να ανάβει το LED όταν σκοτεινιάζει και να σβήνει όταν υπάρχει φως.



Εικόνα 44 Φωτοαντίσταση - LED που ανάβει στο σκοτάδι

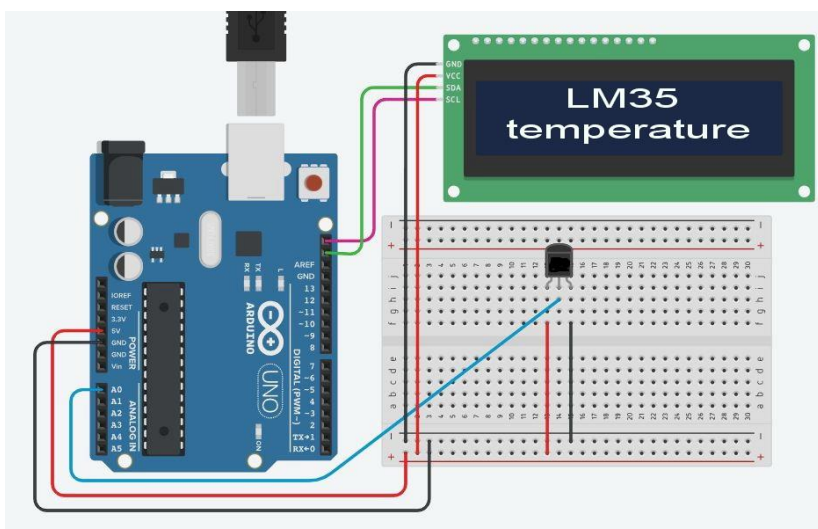
Το κύκλωμα χρησιμοποιεί έναν διαιρέτη τάσης αποτελούμενο από την αντίσταση $10k\Omega$ και τη Φωτοαντίσταση. Χρησιμοποιώντας τον διαιρέτη τάσης πετυχαίνουμε να πάρουμε μια τάση που αλλάζει, εξαρτώμενη από το φως που πέφτει στη Φωτοαντίσταση. Αυτή την τάση μετράει το Arduino μέσω της αναλογικής εισόδου A0.


```
1 int a; // κρατάμε την τιμή που διαβάζουμε από τον φωτοαντιστάτη
2 float b; // αποθηκεύουμε την τάση που έχει ο φωτοαντιστάτης στα άκρα του
3 float c; // αποθηκεύουμε την τιμή της αντίστασης του φωτοαντιστάτη
4 int d; // αποθηκεύουμε την τιμή-όριο πάνω από την οποία θα ανάβουμε το LED
5 void setup() {
6   Serial.begin(9600); // ξεκινάμε το σειριακό μόνιτορ του Arduino IDE
7   d=500; // τιμή πάνω από την οποία θα ανάβουμε το LED
8   pinMode(6, OUTPUT); // το pin 6 θα είναι ή ΕΞΟΔΟΣ που θα συνδέσουμε το LED
9 }
10 void loop() {
11   a=analogRead(A0); // διάβασε την αναλογική είσοδο A0 και βάλε την τιμή στην a
12   Serial.print("Τιμή: "); // απεικόνισε την τιμή της a στο σειριακό μόνιτορ του Arduino IDE
13   Serial.print(a);
14   Serial.print("\t");
15   b=a*5.0/1023; // τιμή της τάσης στα άκρα του φωτοαντιστάτη (αντιστοιχία: 1023 --> 5V)
16   Serial.print("Τάση: ");
17   Serial.print(b); // απεικόνισε την τιμή της τάσης
18   Serial.print(" V \t");
19   c=b*10.0/(5-b); // υπολόγισε την αντίσταση του φωτοαντιστάτη σε kΩ
20   Serial.print(c);
21   Serial.println(" kΩ");
22   if(a>d) // αν η τιμή του a είναι μεγαλύτερη από το d (όριο)
23     digitalWrite(6, HIGH); // άναψε το LED
24   else
25     digitalWrite(6, LOW); // σβήσε το LED
26   delay(500); // περίμενε εδώ 0,5 δευτερόλεπτο
27 }
```

Εικόνα 45 Κώδικας: LED που ανάβει στο σκοτάδι -- Arduino IDE

3.5.5.2 Δραστηριότητα 5.2 Θερμοκρασία από LM35 στην οθόνη LCD

Το νέο υλικό που απαιτείται είναι ο αισθητήρας Θερμοκρασίας LM35. Σκοπός μας είναι να διαβάσουμε στην οθόνη LCD την θερμοκρασία που μετράει ο αισθητήρας.



Εικόνα 46 Θερμοκρασία από LM35 σε οθόνη LCD

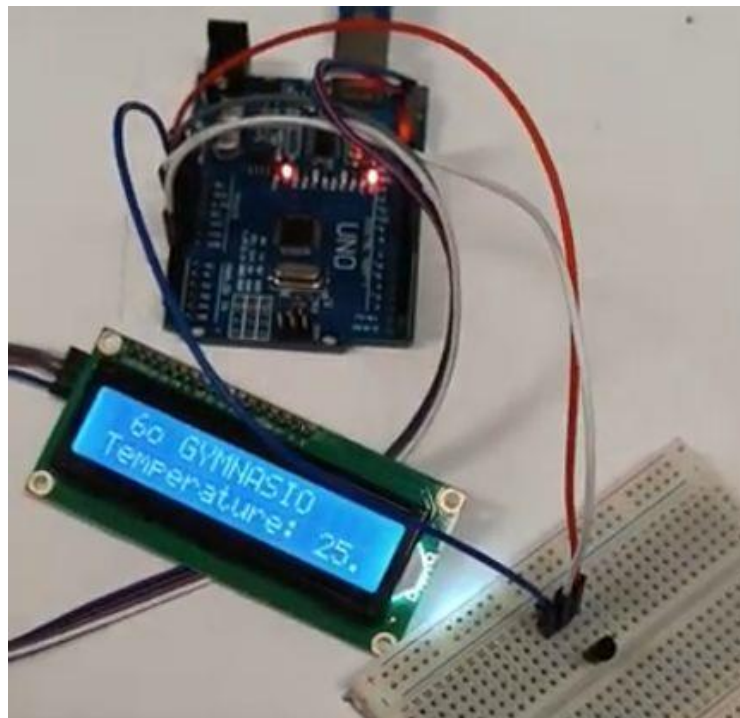
```

1  #include <Wire.h>
2  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
3  LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
4  int a; // τιμή που διαβάσαμε από αναλογική είσοδο A0 (από 0 ως 1023)
5  float temp; // η τιμή της θερμοκρασίας
6  void setup()
7  {
8    Serial.begin(9600);
9    lcd.init();
10   lcd.backlight();
11   lcd.setCursor(0,0);
12   lcd.print(" 6ο GYMNASIO "); }
13 void loop()
14 {
15   a=analogRead(A0); // Διάβασε την τιμή από την A0
16   temp = (5.0 * analogRead(A0) * 100.0) / 1023; // η θερμοκρασία σε °C
17   Serial.print(temp);
18   Serial.println(" C");
19   lcd.setCursor(0,1);
20   lcd.print(" Temperature: ");
21   lcd.print(temp);
22   lcd.print(" C");
23   delay(1000); }

```

Εικόνα 47 Κώδικας: Θερμοκρασία LM35 σε οθόνη LCD - Arduino IDE

Στην εικόνα 48 βλέπουμε την κατασκευή των μαθητών μίας ομάδας όπου στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη: «6ο GYMNASIO» στην 1^η σειρά και «Temperature: 25 C» στη 2^η σειρά, ενώ ανανεώνεται η μέτρηση κάθε 1 sec.



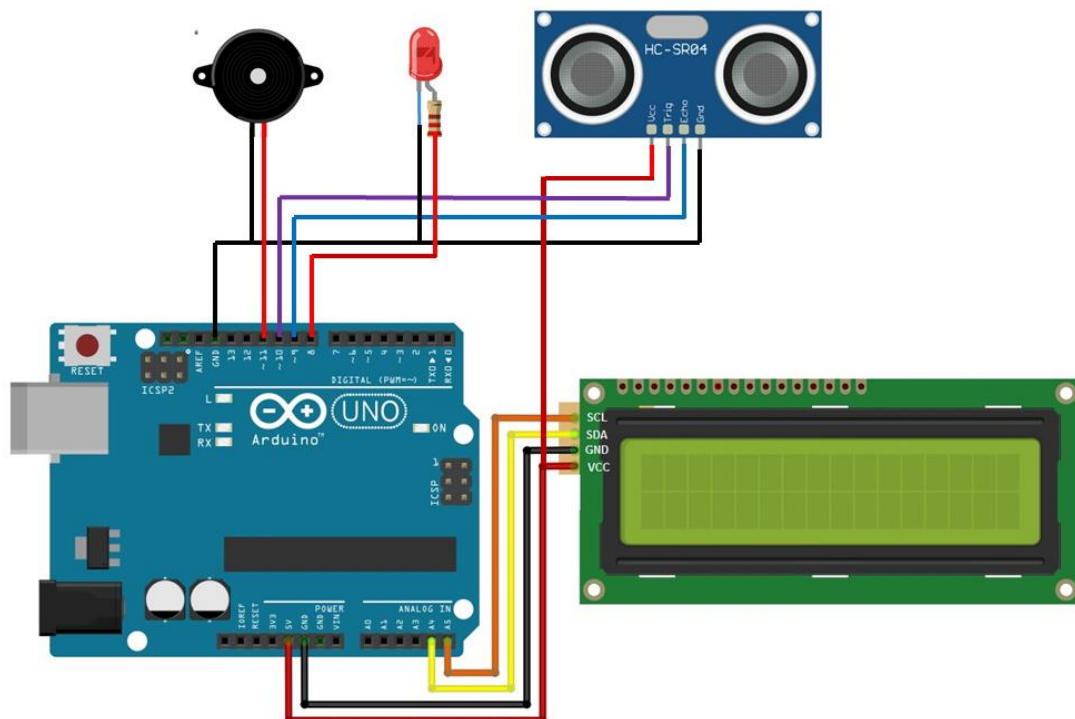
Εικόνα 48 Δραστηριότητα μαθητών με αισθητήρα θερμοκρασίας LM35

3.5.5.3 Δραστηριότητα 5.3 Μέτρηση απόστασης με αισθητήρα HC-SR04

Τα υλικά που απαιτούνται εδώ είναι το Arduino, ένας αισθητήρας HC-SR04 που μετράει απόσταση, μία οθόνη LCD με σύνδεση I2C, ένα LED, ένα buzzer και jumper wires. Στην εικόνα 49 παρατίθεται ο κώδικας στο Arduino IDE ενώ στην εικόνα 50 η συνδεσμολογία. Στην δραστηριότητα αυτή συνδυάζονται ο αισθητήρας υπερήχων με την οθόνη LCD, το buzzer, το LED και ενώ η μέτρηση της απόστασης εμφανίζεται στην οθόνη, μας ειδοποιεί όταν κάποιος βρεθεί πλησιέστερα από την επιτρεπόμενη απόσταση.

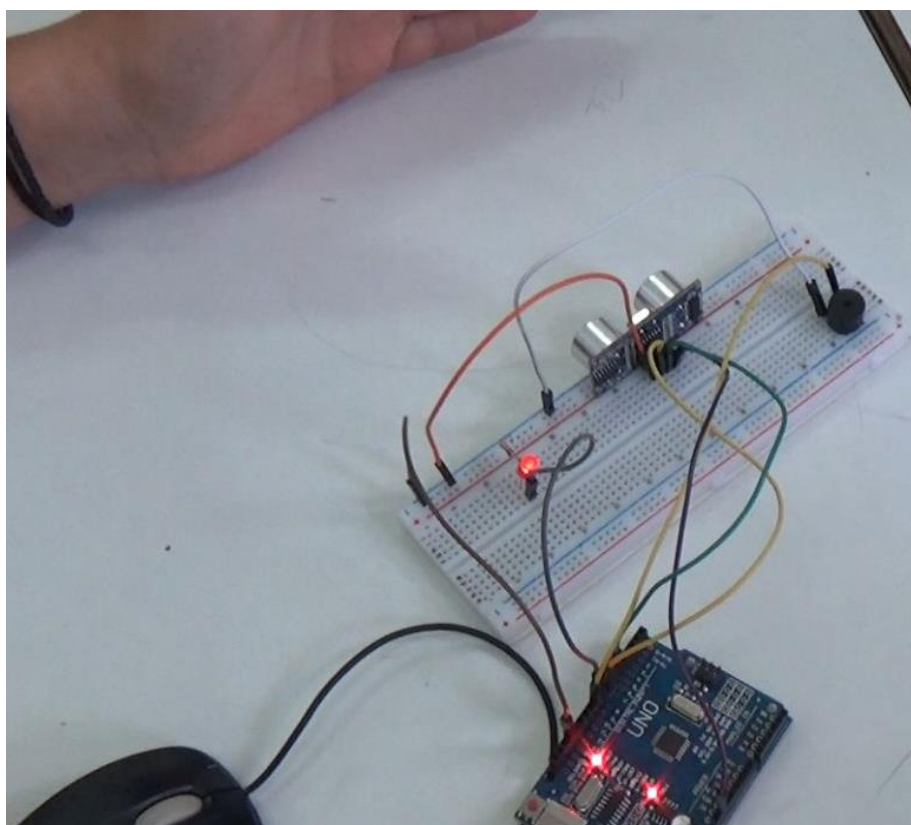
```
1  #include <Wire.h>
2  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
3  LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16 ,2); // set the LCD address to 0x27, 16 chars 2 line display
4  int echoPin = 9; // pin Echo της πλακέτας υπερήχων
5  int trigPin = 10; // pin Trigger της πλακέτας υπερήχων
6  int alarmPin = 11; // buzzer
7  int ledpin =8; //LED
8  int maximumRange = 300; // Μέγιστη επιτρεπόμενη εμβέλεια
9  int minimumRange = 0; // Ελάχιστη επιτρεπόμενη εμβέλεια
10 int alarmRange=30; // Η απόσταση στην οποία θα χτυπήσει συναγερμός
11 float duration, distance;
12 void setup() {
13   lcd.init(); // initialize the lcd
14   lcd.backlight();
15   lcd.setCursor(0,0);
16   lcd.print(" STEM TEAM ");
17   pinMode(trigPin, OUTPUT);
18   pinMode(echoPin, INPUT);
19   pinMode(alarmPin, OUTPUT);
20   Serial.begin(9600); }
21 void loop() {
22   digitalWrite(trigPin, LOW);
23   delayMicroseconds(2);
24   digitalWrite(trigPin, HIGH);
25   delayMicroseconds(10);
26   digitalWrite(trigPin, LOW);
27   duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
28   distance = duration/58.2; //Υπολογισμός απόστασης (σε cm) βάση ταχύτητας ήχου.
29   if (distance >= maximumRange || distance <= minimumRange){
30     Serial.println("Εκτός ορίων");
31     delay(500); }
32   else {
33     Serial.println(distance);
34     lcd.setCursor(0,1);
35     lcd.print("Distance: ");
36     lcd.print(distance);
37     if(distance<alarmRange)
38       digitalWrite(11,HIGH); // Άναψε το βομβητή
39       digitalWrite(8,HIGH); // Άναψε το led
40     else
41       digitalWrite(11,LOW); } // Σβήσε το βομβητή
42       digitalWrite(8,LOW); } // Σβήσε το led
43   delay(500); }
```

Εικόνα 49 Κώδικας: Μέτρηση απόστασης, οθόνη LCD, LED, buzzer - Aduino IDE



Εικόνα 50 Συνδεσμολογία Arduino, HC-SR04, LCD, LED, Buzzer

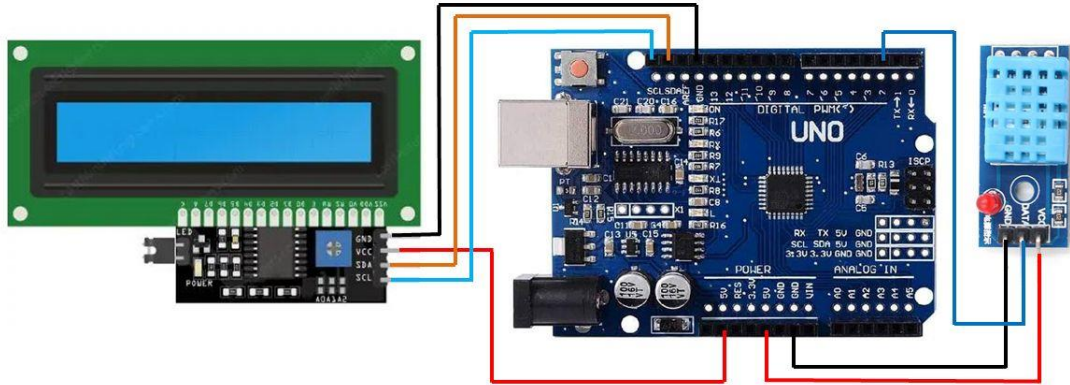
Στην εικόνα 51 βλέπουμε κατασκευή μαθητών μίας ομάδας όπου ο μαθητής τοποθετεί το χέρι του μπροστά από τον αισθητήρα και ανάλογα με την απόσταση χτυπά το buzzer. Αυτό λειτουργεί ως συναγερμός προσέγγισης.



Εικόνα 51 Δραστηριότητα μαθητών με αισθητήρα απόστασης

3.5.5.4 Δραστηριότητα 5.4 Μέτρηση θερμοκρασίας & υγρασίας περιβάλλοντος

Στη δραστηριότητα αυτή χρειαζόμαστε έναν αισθητήρα DHT11, μία οθόνη LCD, ένα Arduino και jumper wires όπως φαίνονται στην εικόνα 52.



Εικόνα 52 Εμφάνιση θερμοκρασίας και υγρασίας στην οθόνη

```

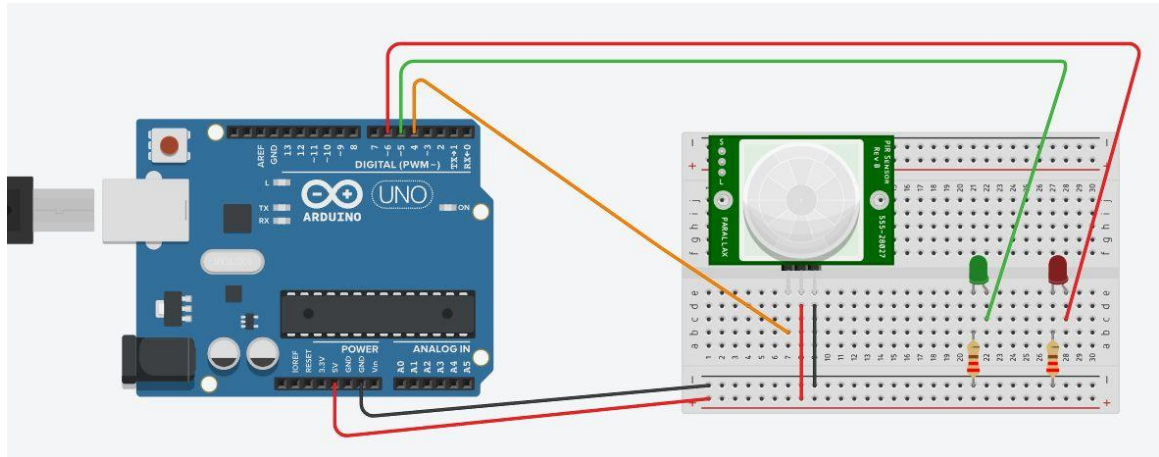
1  #include <DHT.h>;
2  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
3  #include <Wire.h>
4  LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); // set LCD address 0x27 for a 16 chars and 2 line
5  #define DHTPIN 2 // what pin we're connected to
6  #define DHTTYPE DHT11 // DHT 11
7  DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); /// Initialize DHT sensor for normal 16mhz Arduino
8  int h; //Stores humidity value
9  int t; //Stores temperature value
10 void setup(){
11   Serial.begin(9600);
12   Serial.println("Temperature and Humidity Sensor");
13   dht.begin();
14   lcd.init(); //initialize the lcd
15   lcd.backlight(); }
16 void loop(){
17   h = dht.readHumidity();
18   t = dht.readTemperature();
19   Serial.print("Humidity: ");
20   Serial.print(h);
21   Serial.println("%");
22   Serial.print("Temperature: ");
23   Serial.print(t);
24   Serial.println("° C");
25   lcd.setCursor(0, 0);
26   lcd.print("Temperature: ");
27   lcd.print(t);
28   lcd.print("° C");
29   lcd.setCursor(0, 1);
30   lcd.println("Humidity: ");
31   lcd.print(h);
32   lcd.print("%");
33   delay(1000); }

```

Εικόνα 53 Κώδικας: Θερμοκρασία και υγρασία στην οθόνη - Arduino IDE

3.5.5.5 Δραστηριότητα 5.5 Ανίχνευση κίνησης με PIR motion detector

Στη δραστηριότητα αυτή οι μαθητές θα γνωρίσουν τον αισθητήρα κίνησης με υπέρυθρες (HC-SR501). Θα χρειαστούμε επίσης δύο LED, ένα κόκκινο που θα ανάβει όταν ανιχνεύει ο αισθητήρας κίνηση και ένα πράσινο που θα ανάβει όταν ο αισθητήρας είναι σε αναμονή.



Εικόνα 54 Ανίχνευση κίνησης με PIR motion sensor

```

1  int pirValue;
2  int motionDetected = 0;
3  void setup() {
4    pinMode(4, INPUT);
5    pinMode(5, OUTPUT);
6    pinMode(6, OUTPUT);
7    digitalWrite(6, LOW);
8    digitalWrite(5, LOW);
9    delay(10000);
10   digitalWrite(5, HIGH);
11   digitalWrite(6, LOW); }
12  void loop(){
13   pirValue = digitalRead(4); // Get value from motion sensor
14   if (pirValue == 1){
15     digitalWrite(6, HIGH); // Display Triggered LED for 5 seconds
16     digitalWrite(5, LOW);
17     motionDetected = 1;
18     delay(5000);}
19   else {
20     digitalWrite(6, LOW); }
21   if (motionDetected == 1) {
22     digitalWrite(6, LOW);
23     digitalWrite(5, LOW);
24     delay(3000); // After trigger wait 3 seconds to re-arm
25     digitalWrite(5, HIGH);
26     digitalWrite(6, LOW);
27     motionDetected = 0; }
28  }
```

Εικόνα 55 Κώδικας: PIR motion sensor - Arduino IDE

3.5.6 Μάθημα 6ο: Κινητήρας Servo και αυτοματισμός

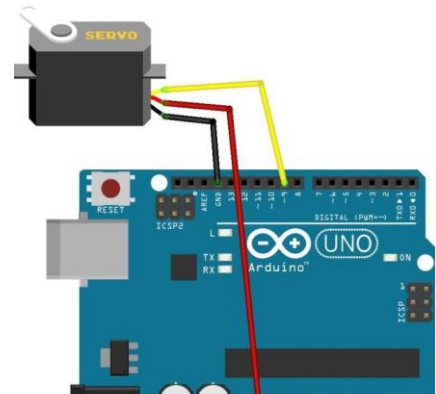
Ο σερβομηχανισμός (servo) είναι μια μηχανική διάταξη που περιστρέφει ένα μικρό πλαστικό βραχίονα στη θέση που εμείς επιθυμούμε. Η συνήθης χρήση σερβομηχανισμών είναι σε τηλεκατευθυνόμενα μοντέλα. Πλέον, χρησιμοποιούνται και σε κατασκευές με Arduino και η τιμή τους είναι πολύ χαμηλή. Είναι ο πιο εύκολος τρόπος να κινήσουμε κάποιο μηχανικό μέρος «εμπρός πίσω» ή να το περιστρέψουμε. Ο σερβομηχανισμός έχει 3 ακροδέκτες για σύνδεση. Συνήθως είναι χρωματισμένα τα αντίστοιχα καλώδια ως εξής: καφέ (GND), κόκκινο (+5V), πορτοκαλί (σήμα χειρισμού, είσοδος του σερβομηχανισμού).

3.5.6.1 Δραστηριότητα 6.1 Σερβομηχανισμός που περιστρέφεται

Για την δραστηριότητα αυτή χρειαζόμαστε ένα Arduino UNO, και ένα servo.

```
1 #include <Servo.h>
2 Servo myservo; // ένα αντικείμενο τύπου Servo
3 int s=1; // Το βήμα (μοίρες) που θα αυξάνουμε
4 void setup(){
5   myservo.attach(9); // Σχετίζει το σέρβο με το πιν 9
6 void loop(){
7   for(int i=0; i<=180; i=i+s){
8     myservo.write(i); // Γύρισε τον άξονα του
9     delay(15); } // να γυρίσει το servo στην τιμή
10  for(int i=180; i>=0; i=i-s){
11    myservo.write(i); // Γύρισε servo στην τιμή i
12    delay(15); } // Περίμενε λίγο για να γυρίσει το servo
13 }
```

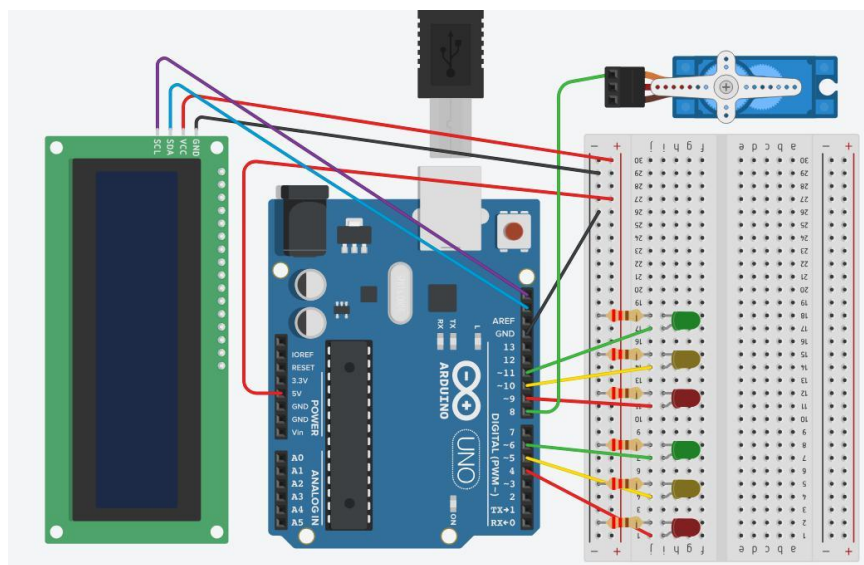
Εικόνα 57 Κώδικας: Σερβομηχανισμός - Arduino IDE



Εικόνα 56 Σερβομηχανισμός που περιστρέφεται

3.5.6.2 Δραστηριότητα 6.2 Φανάρια κυκλοφορίας με μπάρα και οθόνη

Τα υλικά που απαιτούνται είναι: 6 LED, LCD (I2C), Servo και Arduino UNO



Εικόνα 58 Φανάρια κυκλοφορίας με servo και LCD οθόνη

```

1  #include <Servo.h>
2  Servo myservo; // Δημιούργησε ένα αντικείμενο τύπου Servo
3  #include <Wire.h>
4  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
5  LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16 ,2); // set the LCD address to 0x27, set 16 chars and 2 line display
6  int ledRed1 = 9;
7  int ledOrange1 = 10;
8  int ledGreen1 = 11;
9  int ledRed2 = 4;
10 int ledOrange2 = 5;
11 int ledGreen2 = 6;
12 int thesi=0; // η θέση του σέρβο
13 int thesiold=0; // προηγούμενη θέση του σέρβο
14 void setup() {
15   pinMode(ledRed1, OUTPUT);
16   pinMode(ledOrange1, OUTPUT);
17   pinMode(ledGreen1, OUTPUT);
18   pinMode(ledRed2, OUTPUT);
19   pinMode(ledOrange2, OUTPUT);
20   pinMode(ledGreen2, OUTPUT);
21   myservo.attach(8); // Σχετίζει το σέρβο με το πιν 8
22   myservo.write(thesi); // βάλε το σερβομηχανισμό στην οριζόντια θέση (90) αρχικά
23   Serial.begin(9600);
24   lcd.init(); // initialize the lcd
25   lcd.backlight();
26   lcd.setCursor(0,0);
27   lcd.print(" 6 Gymnasio ");
28   lcd.setCursor(0,1);
29   lcd.print("CHANIA SmartCity");
30   delay(5000); }
31 void loop() {
32   digitalWrite(ledRed1, HIGH);
33   digitalWrite(ledOrange1, LOW);
34   digitalWrite(ledGreen1, LOW);
35   digitalWrite(ledRed2, LOW);
36   digitalWrite(ledOrange2, LOW);
37   digitalWrite(ledGreen2, HIGH);
38   thesi=0;
39   myservo.write(thesi);
40   lcd.clear();
41   lcd.setCursor(0,0);
42   lcd.print("PLEASE WALK !");
43   lcd.setCursor(0,1);
44   lcd.print(" Cars Stopped");
45   delay(6000);
46   digitalWrite(ledOrange2, HIGH);
47   digitalWrite(ledGreen2, LOW);
48   delay(2000);
49   digitalWrite(ledRed1, LOW);
50   digitalWrite(ledOrange1, LOW);
51   digitalWrite(ledGreen1, HIGH);
52   digitalWrite(ledRed2, HIGH);
53   digitalWrite(ledOrange2, LOW);
54   digitalWrite(ledGreen2, LOW);
55   thesi=90;
56   myservo.write(thesi);
57   lcd.clear();
58   lcd.setCursor(0,0);
59   lcd.print("DO NOT WALK !!!");
60   lcd.setCursor(0,1);
61   lcd.print(" Cars Driving");
62   delay(6000);
63   digitalWrite(ledRed1, LOW);
64   digitalWrite(ledOrange1, HIGH);
65   digitalWrite(ledGreen1, LOW);
66   delay(2000); }

```

Εικόνα 59 Κώδικας: Φανάρια με μπάρα και οθόνη - Arduino IDE

3.5.7 Μάθημα 7ο: Εισαγωγή στο IoT (Internet of Things)

Το Internet of Things (IoT), δηλαδή το "Διαδίκτυο των Πραγμάτων", είναι μια τεχνολογία που αναφέρεται στη σύνδεση φυσικών αντικειμένων με το διαδίκτυο, επιτρέποντάς τους να συλλέγουν, να ανταλλάσσουν και να επεξεργάζονται δεδομένα. Αυτά τα αντικείμενα μπορεί να είναι αισθητήρες, συσκευές, μηχανήματα ή ακόμα και καθημερινά αντικείμενα, όπως οικιακές συσκευές. Βασικά Χαρακτηριστικά του IoT είναι:

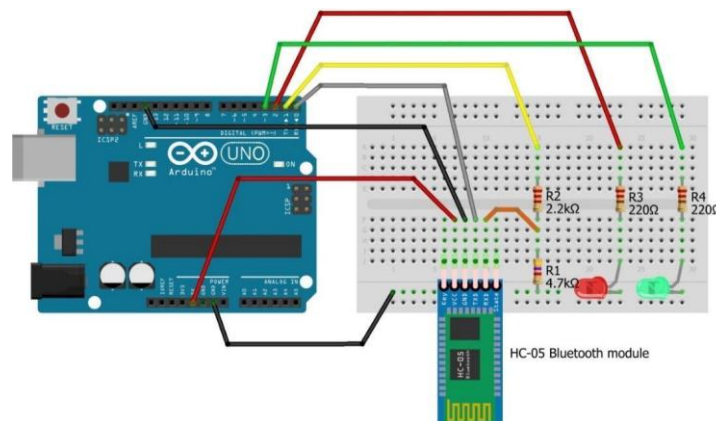
- Συνδεσιμότητα: Συσκευές είναι συνδεδεμένες στο διαδίκτυο μέσω Wi-Fi, Bluetooth, 5G κ.λ.π..
- Αισθητήρες: Οι συσκευές διαθέτουν αισθητήρες που συλλέγουν δεδομένα.
- Αυτόματη Λειτουργία: Πολλές IoT συσκευές μπορούν να λειτουργούν αυτόνομα.
- Επεξεργασία Δεδομένων: Τα δεδομένα που συλλέγονται αναλύονται τοπικά ή στο cloud.

Παραδείγματα IoT που χρησιμοποιούνται είναι:

- Έξυπνα σπίτια: Συσκευές όπως θερμοστάτες, έξυπνες λάμπες, κάμερες ασφαλείας, ψυγεία και κλιματιστικά που μπορούν να ελεγχθούν μέσω εφαρμογών.
- Έξυπνες πόλεις: Υποδομές όπως συστήματα διαχείρισης κυκλοφορίας, έξυπνος φωτισμός, μετεωρολογικοί σταθμοί και αισθητήρες ποιότητας αέρα.
- Υγεία: Φορητές συσκευές (π.χ. smartwatches) που παρακολουθούν την υγεία του χρήστη.
- Βιομηχανία: Μηχανήματα που παρακολουθούνται και βελτιστοποιούνται σε πραγματικό χρόνο.

3.5.7.1 Δραστηριότητα 7.1 Ανάβουμε και σβήνουμε LED από το κινητό

Στην εφαρμογή αυτή συνδυάζουμε App Inventor και Arduino, μαθαίνοντας πώς να ελέγχουμε το Arduino εξ αποστάσεως μέσω του κινητού μας τηλεφώνου. Στο πείραμα αυτό χρησιμοποιούμε την πλακέτα HC-05 Bluetooth για την επικοινωνία του κινητού μας με τον Arduino. Συγκεκριμένα, θα κατασκευάσουμε ένα κύκλωμα με Arduino και δύο LED τα οποία θα ελέγχουμε μέσω του κινητού μας τηλεφώνου. Το κύκλωμα μας χρειάζεται ένα Arduino UNO, ένα Bluetooth module HC-06, ένα κόκκινο LED, ένα πράσινο LED, 2 αντιστάτες 220Ω, 1 αντιστάτη 2,2kΩ, 1 αντιστάτη 4,7kΩ και καλώδια.



Εικόνα 60 Bluetooth module και επικοινωνία μέσω κινητού

Δημιουργούμε στο App Inventor μια εφαρμογή για να ελέγχουμε μέσω Bluetooth τα δύο LED που έχουμε συνδέσει στο Arduino. Ανοίγουμε στον υπολογιστή μας τον Browser και στη γραμμή διευθύνσεων πληκτρολογούμε: <http://appinventor.mit.edu>. Το app που δημιουργούμε φαίνεται στην εικόνα 61 και με αυτό ανάβουμε και σβήνουμε χωριστά κάθε LED. Πριν ανεβάσουμε τον κώδικα στο Arduino, αποσυνδέουμε τα καλώδια που πηγαίνουν στα ψηφιακά pin 0 και 1 του Arduino (D0, D1). Αυτά στην εικόνα 60 είναι τα καλώδια με το ΓΚΡΙ και το ΚΙΤΡΙΝΟ χρώμα. Ο λόγος είναι ότι αυτά τα pin χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία υπολογιστή – Arduino και το ανέβασμα του κώδικα στο Arduino, αλλά επίσης συνδέονται στην πλακέτα Bluetooth. Αφού ανεβάσουμε τον κώδικα στον Arduino, ξανασυνδέουμε τα καλώδια στα δύο αυτά pin για να μπορεί να επικοινωνεί το Arduino με την πλακέτα Bluetooth.



Εικόνα 61 Εικόνα του κινητού με την εφαρμογή του app inventor

```

1  char data = 0; //Εδώ αποθηκεύεται το byte που λαμβάνουμε
2  void setup() {
3    Serial.begin(9600); //Ρυθμός λειτουργίας της σειριακής επικοινωνίας
4    pinMode(2, OUTPUT); // pin του κόκκινου LED
5    pinMode(3, OUTPUT); } // pin του πράσινου LED
6  void loop(){
7    if(Serial.available() > 0) {
8      data = Serial.read(); //Διάβασε το byte που ήρθε και αποθήκευσέ το
9      if(data == 11) //Αν έλαβες τον αριθμό 11...
10     digitalWrite(2, HIGH); //Αναψε το πρώτο LED
11     else if(data == 10) //Αν έλαβες τον αριθμό 10...
12     digitalWrite(2, LOW); //Σβήσε το πρώτο LED
13     else if(data == 21) //Αν έλαβες τον αριθμό 21...
14     digitalWrite(3, HIGH); //Αναψε το δεύτερο LED
15     else if(data == 20) //Αν έλαβες τον αριθμό 20...
16     digitalWrite(3, LOW); } //Σβήσε το δεύτερο LED
17  }

```

Εικόνα 62 Κώδικας ελέγχου LED με Bluetooth - Arduino IDE

3.5.8 Μάθημα 8ο: Τελικό Project

Έως τώρα οι μαθητές υλοποιούσαν τις δραστηριότητές τους ανά δύο, με ένα σετ Arduino και τα απαραίτητα υλικά. Στο 8^ο τρίωρο φτάνει η στιγμή όπου οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες αποτελούμενες από 2 έως 4 άτομα και ξεκινούν τον σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός project (τελική εργασία). Ξεκινούν από την μελέτη ενός προβλήματος που θα ήθελαν να λύσουν ή τουλάχιστον να συμβάλουν στη λύση του. Δουλεύουν ομαδοσυνεργατικά για την επίλυση του προβλήματος (Problem-Based Learning), συμμετέχουν ενεργά στην συζήτηση καταθέτοντας δικές τους ιδέες (Brainstorming) και μοιράζοντας ρόλους σε όλα τα μέλη, δουλεύουν παράλληλα και συντονισμένα.

Με ένα σύνολο 40 μαθητών σχηματίστηκαν 10 ομάδες για τις οποίες οι ίδιοι οι μαθητές διάλεξαν την ονομασία τους. Όπως είναι αναμενόμενο, δεν ολοκληρώνεται η εργασία μέσα σε ένα τρίωρο αλλά σχεδιάζεται, οργανώνεται και προετοιμάζεται σημειώνοντας σε μία λίστα τα υλικά που θα χρειαστούν και ξεκινά η διαδικασία που θα χρειαστεί 2 ή περισσότερες ακόμα συναντήσεις της ομάδας. Παράλληλα η κάθε ομάδα συλλέγει φωτογραφίες και βίντεο εν ώρα εργασίας ενώ όταν ολοκληρωθεί η κατασκευή τους φτιάχνουν ένα μικρό βίντεο στο οποίο περιγράφεται η συσκευή τους, πώς λειτουργεί, ποιο πρόβλημα τούς παρακίνησε, για ποιο λόγο την έφτιαξαν και ποια είναι εν τέλει η χρησιμότητά της.

Στον πίνακα 3.2 καταγράφονται οι ομάδες που σχηματίστηκαν καθώς και η ονομασία του κάθε Project.

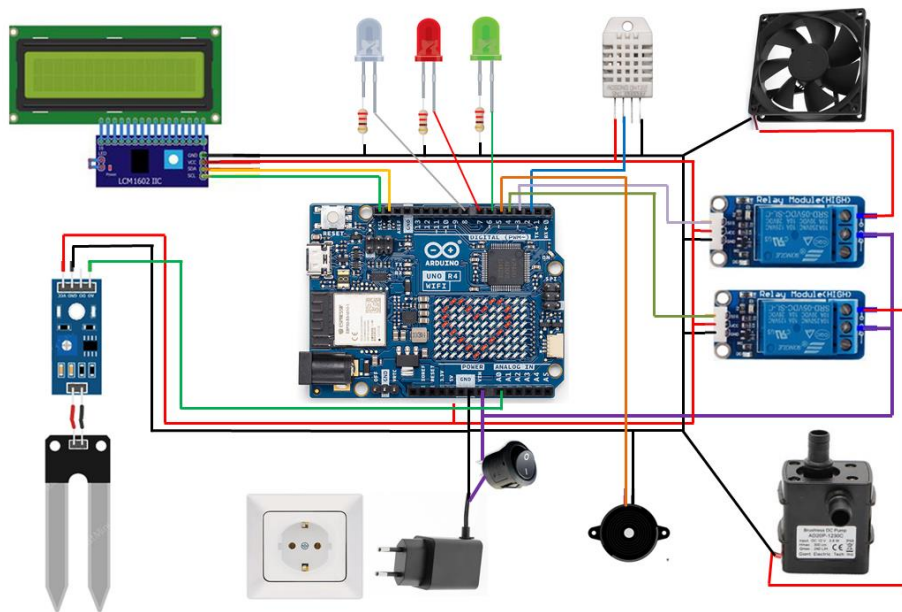
Ονομασία της ομάδας	Ονομασία του project
Science Girls	Smart Greenhouse
StemTastic Squad	Alcohol Detector
Tech Divas	Smart Blind Stick
STEM Goats	Smart City
Tech Freaks	Air Quality Monitor
STEM Lovers	Braille Reader
RoboGirls	Eyes for Blind
Algebros	Home Automation
Upcoming Scientists	Safe Entry
Technology Addicts	Pet Feeder

Πίνακας 3.2 Ονομασία των ομάδων και των Projects

3.6 Εργασίες των μαθητών

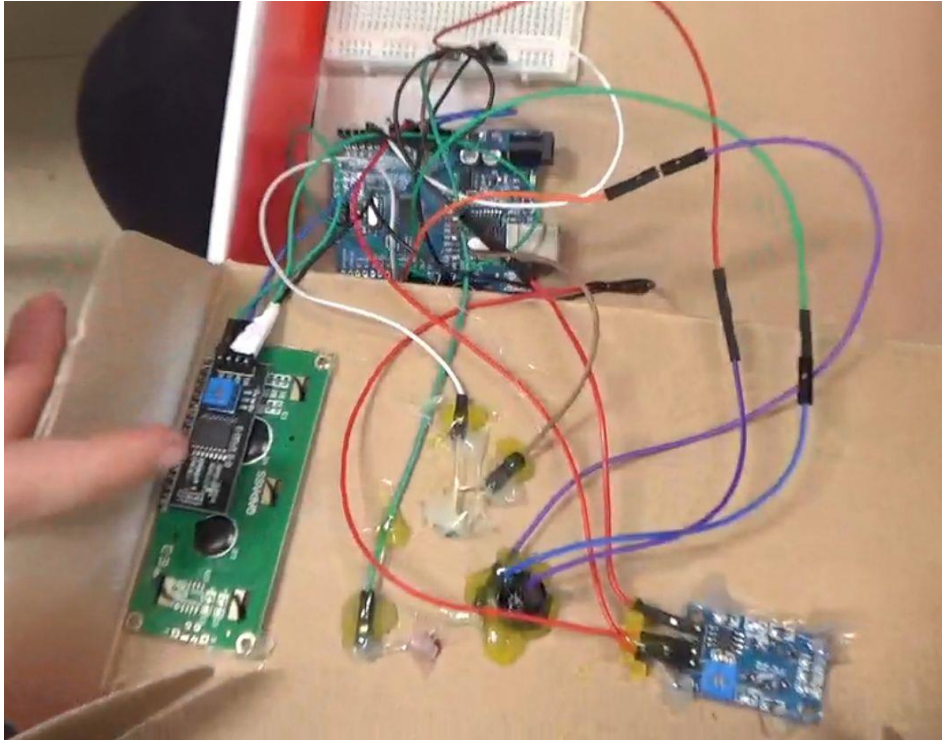
Στα τελικά projects των μαθητών βλέπουμε πως συνδυάζουν τις γνώσεις που αποκόμισαν από τα μαθήματα και συνδυάζοντάς τις δημιουργούν μία δική τους κατασκευή. Στο τελευταίο αυτό στάδιο του προγράμματος, η κάθε ομάδα αναζητά πληροφορίες από το διαδίκτυο μαζί με την δική τους φαντασία συνθέτουν μια νέα κατασκευή εξελίσσοντας, πολλές φορές, ήδη υπάρχουσες. Το πιο σημαντικό για τους μαθητές είναι η αίσθηση ικανοποίησης που αισθάνονται καθώς βλέπουν ολοκληρωμένη, και στη συνέχεια παρουσιάζουν οι ίδιοι, την ιδέα τους στο κοινό. Ενισχύεται η αυτοεκτίμησή τους και ενδυναμώνεται η αίσθηση σιγουριάς για τον εαυτό τους και για τις δυνατότητές τους ως μαθητές και ως άνθρωποι γενικότερα.

- **Science Girls:** Η ομάδα των κοριτσιών που έφτιαξε το «Smart Greenhouse», ένα σύστημα με το οποίο ένα Arduino R4 Wifi συνδέεται με το Arduino Cloud και παρακολουθείται από το κινητό η θερμοκρασία, η υγρασία του αέρα και του εδάφους, ενώ με το πάτημα ενός κουμπιού από το κινητό ανάβουν τον ανεμιστήρα για να μειωθεί η θερμοκρασία ή την αντλία νερού για να ποτίσουν το φυτό. Εντάσσεται στην τεχνολογία Internet of Things και θεωρείται αρκετά δύσκολη εργασία.



Εικόνα 63 Smart Greenhouse - Σχηματικό διάγραμμα

- **StemTastic Squad:** Μία ομάδα αγοριών που έφτιαξε το «Alcohol Detector», μία συσκευή η οποία ανιχνεύει την ύπαρξη αλκοόλ στην αναπνοή του ελεγχόμενου οδηγού. Αποτελείται από ένα Arduino UNO, έναν αισθητήρα MQ-3, οθόνη LCD, LED, buzzer, breadboard και jumper wires. Σκοπός των μαθητών είναι να αποτρέψουν την επικίνδυνη οδήγηση υπό την επήρρεια αλκοόλ.



Εικόνα 64 Alcohol Detector - StemTastic Squad

- **Tech Divas:** Μία ομάδα κοριτσιών έφτιαξε το «Smart Blind Stick», ένα έξυπνο μαστούνι για ανθρώπους με πρόβλημα όρασης. Στο μαστούνι αυτό έχει προσαρμοστεί ένα σύστημα που περιλαμβάνει Arduino UNO, αισθητήρα απόστασης HC-SR04, LED, buzzer, καλώδια και μπαταρία. Όταν ο χρήστης πλησιάζει ένα εμπόδιο αυτό τον ειδοποιεί με το buzzer και ανάλογα με την απόσταση αλλάζει και η συχνότητα με την οποία ηχεί ώστε να γνωρίζουμε πόσο μακριά βρίσκεται αυτό το εμπόδιο.



Εικόνα 65 Smart Blind Stick - Tech Divas

- **STEM Goats:** Το «Smart City» είναι ένας συνδυασμός πολλών εφαρμογών του Arduino. Τα 4 κορίτσια της ομάδας ονειρεύονται μια καλύτερη πόλη, ασφαλέστερη και «εξυπνότερη». Η πόλη τους περιλαμβάνει ένα σύστημα φαναριών κυκλοφορίας σε μία διασταύρωση όπου ενσωματώνεται μία μπάρα για να σταματάει την κυκλοφορία καθώς και μία οθόνη η οποία ειδοποιεί τους πεζούς πότε να περάσουν απέναντι τον δρόμο. Επίσης υπάρχει αισθητήρας θερμοκρασίας ο οποίος μαζί με μία οθόνη ενημερώνει τους κατοίκους για τη θερμοκρασία. Τέλος υπάρχει ένα σύστημα αυτοματισμού για τα φώτα της πόλης τα οποία μέσω μιας φωτοαντίστασης ανάβουν όταν πέφτει το σκοτάδι ενώ παραμένουν σβηστά καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας.



Εικόνα 66 Smart City - Τα φώτα της πόλης



Εικόνα 67 Smart City - Έξυπνα φανάρια κυκλοφορίας



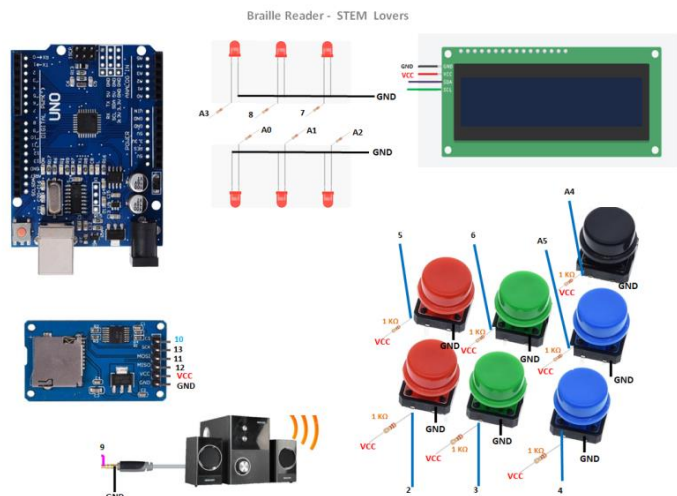
Εικόνα 68 STEM Goats - Η ομάδα

- **Tech Freaks:** Τα αγόρια της ομάδας σκέφτηκαν ότι θα ήταν χρήσιμο για ένα σχολείο που χρησιμοποιεί φυσικό αέριο για θέρμανση να έχει έναν ανιχνευτή βλαβερών αερίων. Το «Air Quality Monitor» ανιχνεύει βλαβερά αέρια στο περιβάλλον με έναν MQ2 sensor συνδεδεμένο με ένα Arduino UNO ενώ διαθέτει οθόνη LCD και buzzer για να μας προειδοποιεί σε περίπτωση κινδύνου.



Εικόνα 69 Air Quality Monitor - Tech Freaks

- **STEM Lovers:** Μία μικτή ομάδα τριών αγοριών και ενός κοριτσιού επινόησαν έναν τρόπο να μεταφράζουν τους συνδυασμούς της γλώσσας Braille σε γράμματα. Το «Braille Reader» αποτελείται από Arduino UNO, οθόνη LCD, 7 push buttons, 6 LED, 1 card reader module, 6 αντιστάτες 220Ω και ένα εξωτερικό ηχείο. Ένα πολύ ιδιαίτερο Project στο οποίο πατώντας τα 6 κουμπιά με τον σωστό συνδυασμό της Braille γλώσσας εμφανίζεται στην οθόνη το αντίστοιχο γράμμα στο Λατινικό αλφάβητο ενώ ταυτόχρονα ακούγεται από το ηχείο μία φωνή να μας λέει ποιο γράμμα είναι. Είναι ιδανικό για εκμάθηση της γλώσσας Braille καθώς κάποιος βλέπει και ακούει άμεσα την αντιστοιχία.

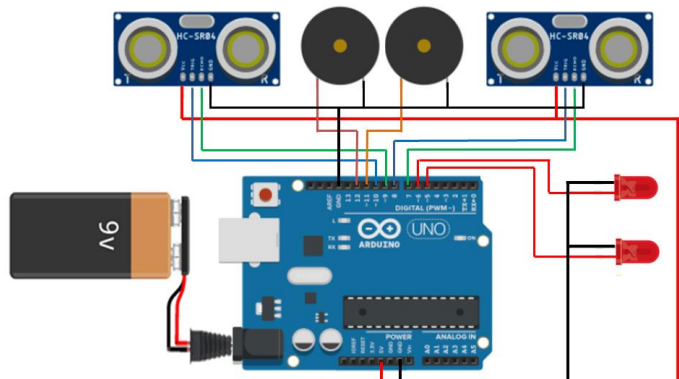


Εικόνα 70 Braille Reader - Σχηματικό Διάγραμμα



Εικόνα 71 STEM Lovers - Braille Reader

- RoboGirls:** Μία ομάδα κοριτσιών σκέφτηκαν ότι θα μπορούσαν να συμβάλλουν στη βελτίωση της ζωής των ατόμων με προβλήματα όρασης. Έφτιαξαν ένα σύστημα προσαρμοσμένο σε γυαλιά, το «Eyes for Blind», το οποίο με 2 αισθητήρες απόστασης, ένα Arduino Nano, 2 LED, ένα buzzer και μία μπαταρία 9V ειδοποιεί τον τυφλό για εμπόδια που βρίσκονται μπροστά του με τον ήχο του buzzer, το οποίο μάλιστα ηχεί διαφορετικά ανάλογα με την απόσταση από το εμπόδιο. Ο τυφλός δεν κρατάει τίποτα στα χέρια του απλά φοράει τα γυαλιά.

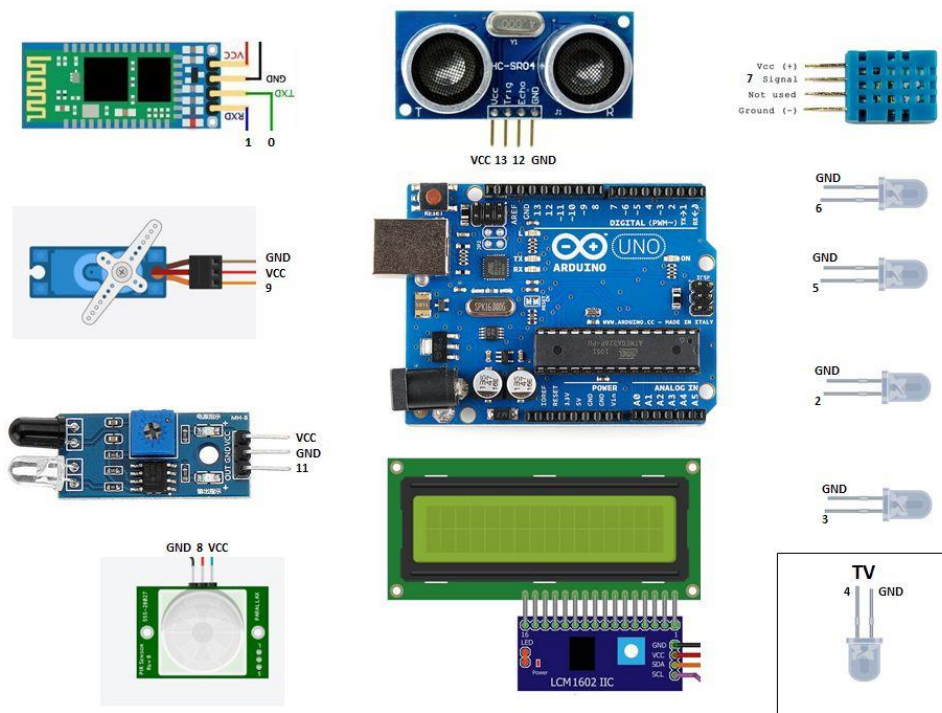


Εικόνα 72 Eyes for Blind - Σχηματικό Διάγραμμα



Εικόνα 73 Eyes for Blind - Δοκιμές

- **Algebros:** Η ομάδα αυτή έφτιαξε ένα έξυπνο σπίτι σε μακέτα και το ονόμασαν «Home Automation». Αποτελείται από Arduino UNO, αισθητήρα HC-SR04, οθόνη LCD, αισθητήρα DHT11, Servo, IR module, PIR motion sensor, Bluetooth module και LED. Κάποια συστήματα όπως για παράδειγμα η πόρτα εισόδου ελέγχεται με τον αισθητήρα IR ενώ άλλα μέσω κινητού όπως για παράδειγμα φώτα και τηλεόραση. Μια έξυπνη κατασκευή η οποία εστιάζει σε ανθρώπους που μετακινούνται με αναπηρικό καροτσάκι με σκοπό να διευκολύνει τη ζωή τους εντός του σπιτιού.

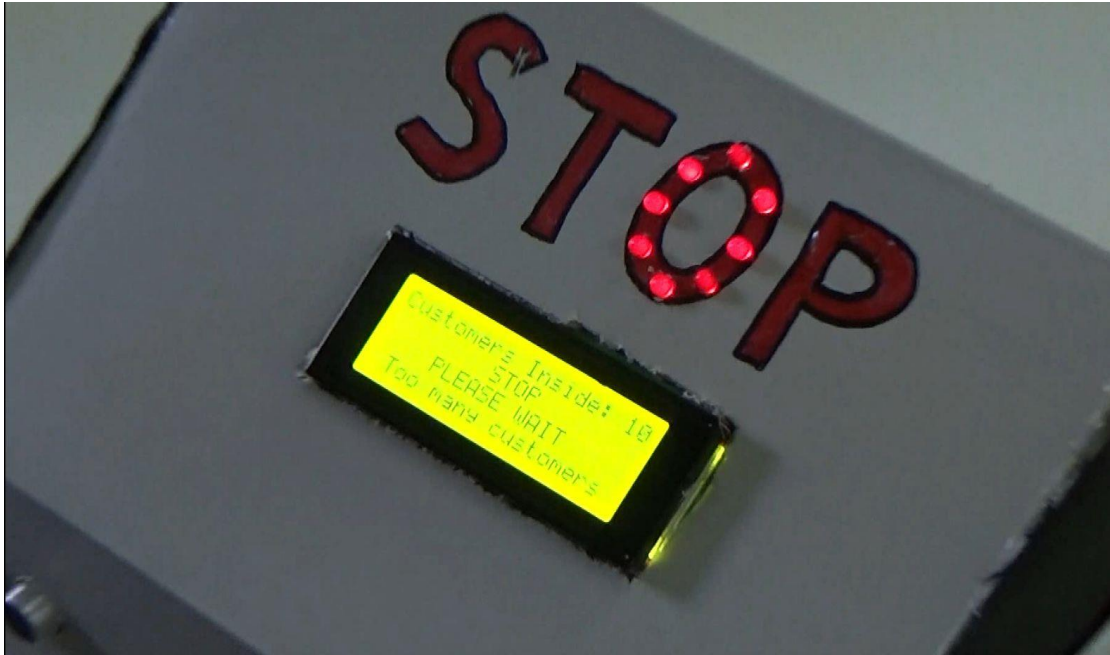


Εικόνα 74 Home Automation - Σχηματικό Διάγραμμα

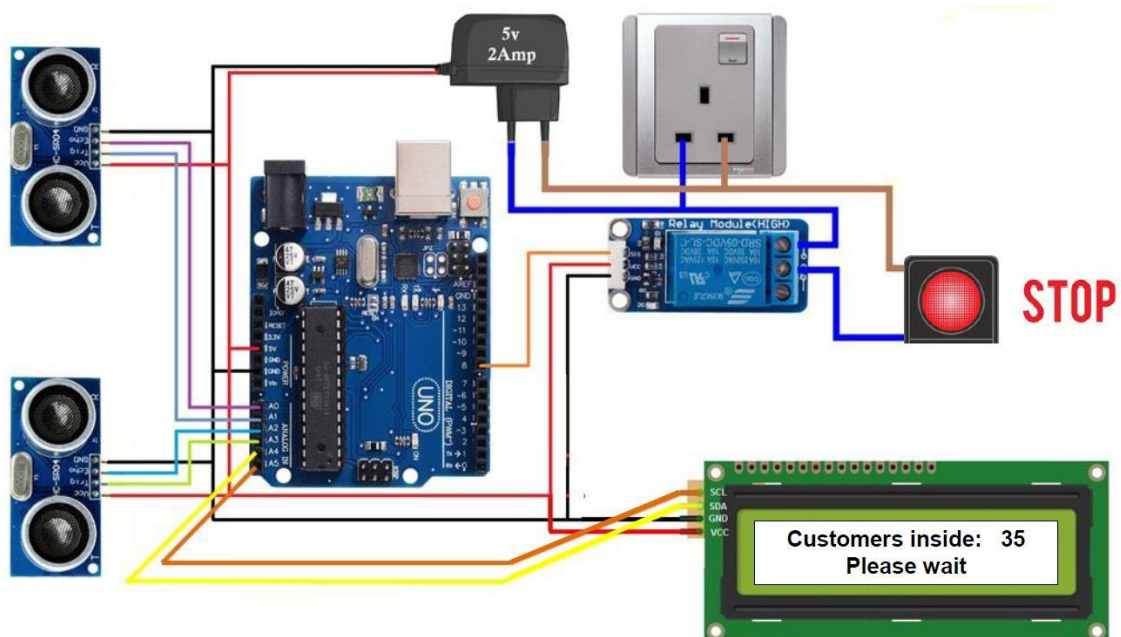


Εικόνα 75 Home Automation - Μακέτα

- **Upcoming Scientists:** Η ομάδα αυτή επηρεασμένη από τα έκτακτα μέτρα στα καταστήματα λόγω COVID-19 όταν οι μαθητές αυτοί ήταν ακόμα στην Α' τάξη του Γυμνασίου επινόησαν το «Safe Entry». Είναι ένα σύστημα που μετράει τους πελάτες που εισέρχονται σε ένα κατάστημα καθώς και αυτούς που εξέρχονται υπολογίζοντας ανά πάσα στιγμή το συνολικό αριθμό πελατών που βρίσκονται μέσα στο κατάστημα. Χρησιμοποιεί 1 Arduino UNO, 2 αισθητήρες HC-SR04, 1 οθόνη LCD και 8 LED.



Εικόνα 76 Safe Entry - Upcoming Scientists



Εικόνα 77 Safe Entry - Σχηματικό Διάγραμμα

- **Technology Addicts:** Η ομάδα αυτή ευαισθητοποιημένη από την κατάσταση με τα αδέσποτα ζώα της πόλης σκέφτηκε έναν τρόπο να τρώνε μόνο τους από ένα αυτόματο μηχανήμα που παρέχει τροφή όταν ο αισθητήρας καταλάβει όταν πλησίασε κάποιο ζώο. Η κατασκευή τους ονομάζεται «Pet Feeder» και αποτελείται από 1 Arduino UNO, 1 PIR motion sensor, 1 Servo και μία μπαταρία.



Εικόνα 78 Pet Feeder - Technology Addicts

3.7 Ερωματολόγιο Λήξης (Posttest)

Το ανώνυμο ερωματολόγιο λήξης (Posttest) είναι μία δεύτερη μέτρηση που πραγματοποιείται μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασής μας, αξιολογεί τις αλλαγές ή βελτιώσεις που προέκυψαν και έχει ως σκοπό την τελική αξιολόγηση του προγράμματος. Περιέχει παρόμοιες ερωτήσεις κλειστού τύπου από τις οποίες μπορούμε να διαπιστώσουμε τις μεταβολές. Από τη σύγκριση των απαντήσεων που δίνουν οι μαθητές πριν και μετά μπορούμε να εντοπίσουμε τα σημεία που συντελείται μεταβολή και αν αυτή η μεταβολή είναι ικανοποιητική ή όχι. Τα αποτελέσματα μπορούν να παρουσιαστούν σε μορφή πινάκων, ποσοστών και γραφημάτων. Στην παράγραφο 4.1 αναλύονται τα αποτελέσματα ενώ στο **παράρτημα Β** παρατίθεται το ερωματολόγιο λήξης (Posttest).

4. Συλλογή δεδομένων και ανάλυση

Το δείγμα μας αποτελείται από 40 μαθητές Γυμνασίου ηλικίας από 12 έως 15 ετών και το πρόγραμμα είναι διάρκειας 8 εβδομάδων. Στο παράρτημα Α παρατίθεται το **pretest** που δόθηκε στους μαθητές ενώ στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα.

Πίνακας απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο έναρξης					
Ερώτηση	1-Καθόλου %	2-Λίγο %	3-Μέτρια %	4- Αρκετά %	5-Πάρα πολύ %
1	5,0	2,5	25,0	45,0	22,5
2	0,0	0,0	15,0	65,0	20,0
3	5,0	22,5	30,0	35,0	7,5
4	2,5	22,5	32,5	37,5	5,0
5	12,5	12,5	27,5	20,0	27,5
6	7,5	20,0	47,5	20,0	5,0
7	80,0	17,5	0,0	2,5	0,0
8	0,0	7,5	42,5	32,5	17,5
9	0,0	2,5	25,0	45,0	27,5
10	7,5	47,5	27,5	12,5	5,0
11	5,0	15,0	25,0	40,0	15,0
12	70,0	12,5	12,5	5,0	0,0
13	65,0	15,0	15,0	5,0	0,0
14	10,0	25,0	42,5	17,5	5,0
15	90,0	5,0	2,5	0,0	2,5
16	90,0	7,5	0,0	0,0	2,5
17	90,0	7,5	0,0	0,0	2,5
18	27,5	25,0	32,5	12,5	2,5
19	27,5	30,0	25,0	10,0	7,5
20	62,5	15,0	12,5	7,5	2,5
21	72,5	7,5	7,5	12,5	0,0
22	77,5	17,5	5,0	0,0	0,0
23	50,0	17,5	15,0	15,0	2,5
24	50,0	25,0	5,0	12,5	7,5
25	55,0	15,0	17,5	10,0	2,5
26	20,0	32,5	25,0	17,5	5,0
27	20,0	17,5	27,5	20,0	15,0

Πίνακας 4.1 Αποτελέσματα Pretest

Στον πίνακα 4.1 καταγράφεται το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν κάθε μία από τις πέντε δυνατές απαντήσεις, σε κάθε ένα από τα 27 ερωτήματα που τους δόθηκαν. Με αυτό τον τρόπο καταγράφεται η αρχική κατάσταση της ομάδας των μαθητών και έχοντας αυτήν ως σημείο αναφοράς θα διαπιστώσουμε τις μεταβολές στο τέλος της παρέμβασης.

Στο παράρτημα Β παρατίθεται το **posttest** που δόθηκε στους μαθητές στο τέλος του προγράμματος, έχοντας ολοκληρώσει τον κύκλο των 8 μαθημάτων που αναφέρονται στον πίνακα 3.1, ενώ στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματά του.

Πίνακας απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο λήξης					
Ερώτηση	1-Καθόλου %	2-Λίγο %	3-Μέτρια %	4- Αρκετά %	5-Πάρα πολύ %
1	0,0	2,5	5,0	52,5	40,0
2	0,0	0,0	10,0	47,5	42,5
3	0,0	0,0	37,5	37,5	25,0
4	0,0	0,0	20,0	65,0	15,0
5	0,0	5,0	25,0	30,0	40,0
6	2,5	7,5	20,0	30,0	40,0
7	0,0	0,0	15,0	35,0	50,0
8	2,5	0,0	7,5	50,0	40,0
9	0,0	7,5	2,5	45,0	45,0
10	0,0	7,5	7,5	37,5	47,5
11	0,0	0,0	15,0	52,5	32,5
12	0,0	2,5	12,5	45,0	40,0
13	0,0	0,0	5,0	30,0	65,0
14	0,0	2,5	12,5	52,5	32,5
15	0,0	7,5	22,5	55,0	15,0
16	5,0	7,5	30,0	42,5	15,0
17	0,0	2,5	20,0	52,5	25,0
18	2,5	2,5	15,0	32,5	47,5
19	0,0	2,5	12,5	35,0	50,0
20	2,5	0,0	12,5	37,5	47,5
21	2,5	12,5	5,0	35,0	45,0
22	7,5	10,0	10,0	12,5	60,0
23	2,5	17,5	45,0	35,0	0,0
24	5,0	17,5	22,5	25,0	30,0
25	0,0	0,0	7,5	27,5	65,0
26	0,0	2,5	20,0	35,0	42,5
27	0,0	10,0	15,0	40,0	35,0

Πίνακας 4.2 Αποτελέσματα Posttest

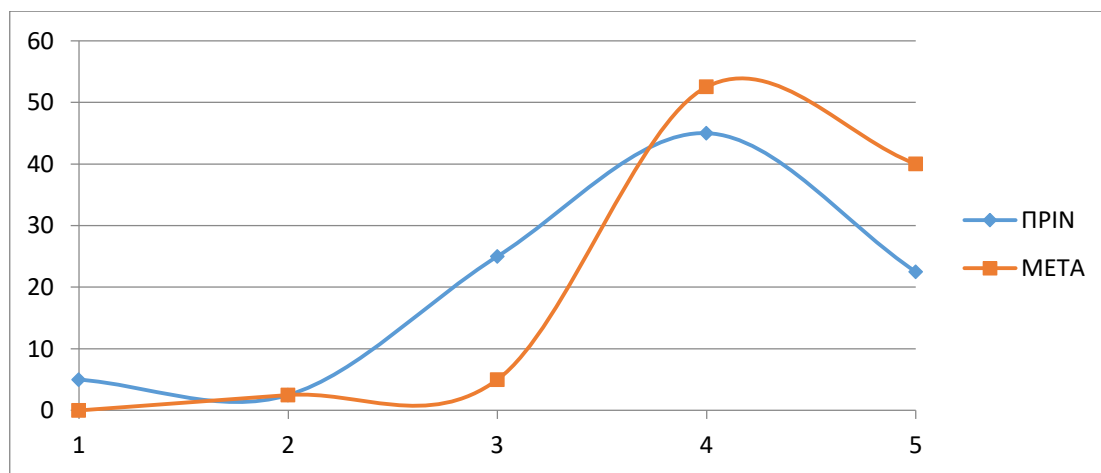
Στον πίνακα 4.2 καταγράφεται το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν κάθε μία από τις πέντε δυνατές απαντήσεις, σε κάθε ένα από τα 27 ερωτήματα που τους δόθηκαν στο τέλος του προγράμματος. Με αυτό τον τρόπο καταγράφεται η τελική κατάσταση της ομάδας των μαθητών και συγκρίνοντάς την με αυτήν του πίνακα 4.1, θα διαπιστώσουμε τις μεταβολές που σημειώθηκαν μαθησιακά και σε επίπεδο στάσης στους μαθητές μας.

4.1 Ανάλυση των αποτελεσμάτων

Συγκρίνουμε και αναλύουμε τις απαντήσεις των ερωτηματολογίων πριν και μετά την παρέμβασή μας προσπαθώντας να διακρίνουμε την όποια μεταβολή στους μαθητές. Ακολουθούν οι ερωτήσεις:

1. Πόσο σου αρέσουν οι θετικές επιστήμες (Χημεία, Βιολογία, Φυσική, Μαθηματικά, Πληροφορική);

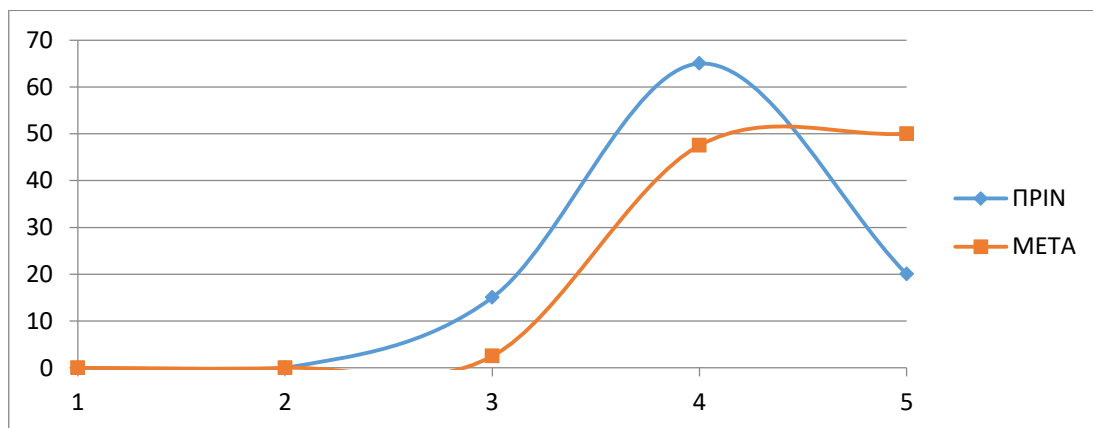
Αρχικά, ένα ποσοστό 45% απάντησε Αρκετά και ένα ποσοστό 22,5% Πάρα πολύ με Μέση τιμή 3,8. Στη συνέχεια παρατηρούμε ότι η επιλογή Αρκετά ανέβηκε στο 52,5% και το Πάρα πολύ στο 40% με Μέση τιμή 4,3. Είναι εμφανής η αλλαγή της στάσης των μαθητών απέναντι στις Θετικές Επιστήμες με θετική μεταβολή Μέσης τιμής $\Delta\bar{x} = 0,5$.



Σχήμα 1 Βελτίωση της στάσης των μαθητών απέναντι στις ΘΕ

2. Σε τι βαθμό πιστεύεις ότι οι θετικές επιστήμες συνδέονται μεταξύ τους;

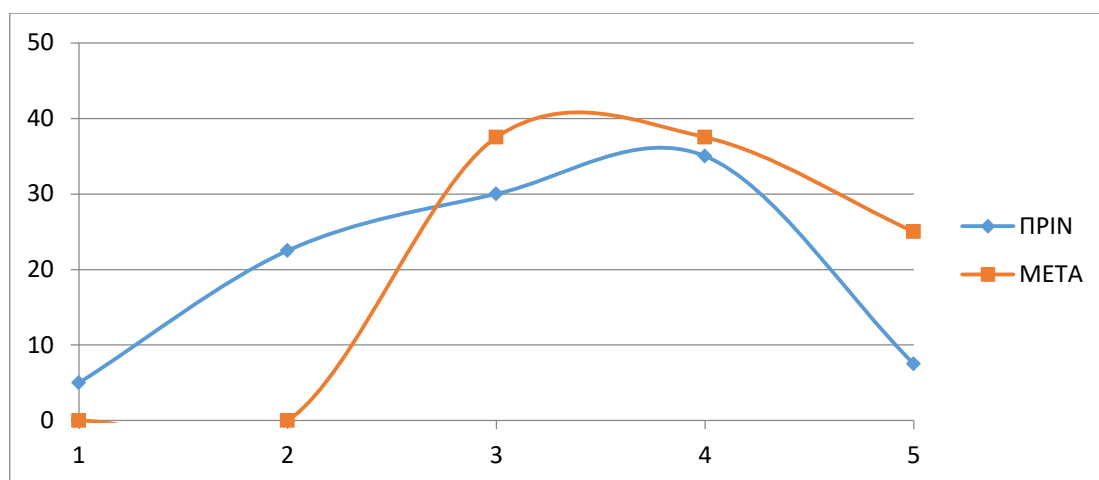
Αρχικά, ένα ποσοστό 65% απάντησε Αρκετά με Μέση τιμή 4,1 ενώ μετά τη παρέμβαση έχουμε μετατόπιση των απαντήσεων στο Πάρα πολύ με ποσοστό 50% και Μέση τιμή 4,5. Άρα υπάρχει πλέον για τους μαθητές μεγαλύτερη σύνδεση μεταξύ των θετικών επιστημών.



Σχήμα 2 Αλλαγή της αντίληψης και κατανόησης του περιεχομένου των ΘΕ

3. Πόσο εύκολη είναι για εσένα η εκμάθηση των θετικών επιστημών;

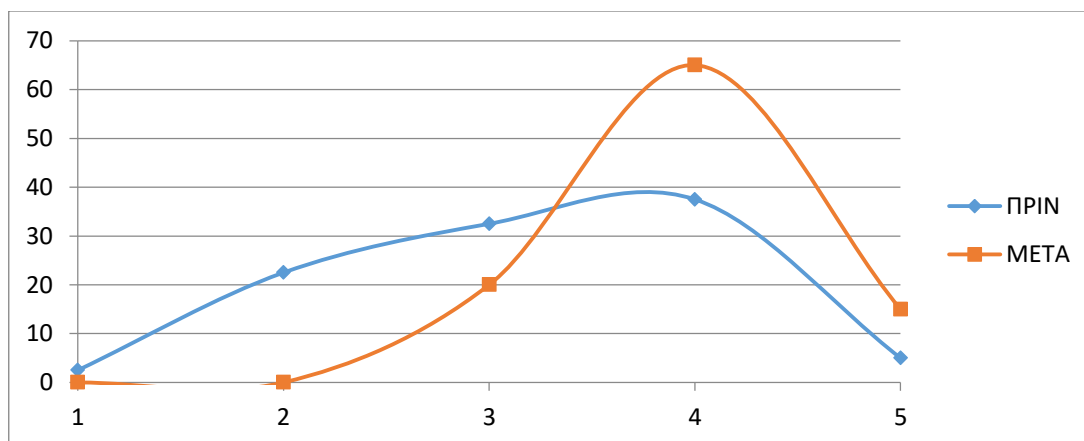
Αρχικά, ένα ποσοστό 27,5% απάντησε Καθόλου έως Λίγο ενώ στη συνέχεια, το αντίστοιχο ποσοστό μηδενίστηκε. Μετά την παρέμβαση έχουμε μεγάλη αύξηση στις επιλογές Αρκετά έως Πάρα πολύ με ποσοστό 62,5%. Η Μέση τιμή ήταν αρχικά 3,2 και στη συνέχεια 3,9. Το γεγονός αυτό δείχνει μία μετατόπιση κατά $\Delta\bar{x} = 0,7$. Συμπεραίνουμε ότι το πρόγραμμα αυτό δημιούργησε τις συνθήκες για ευκολότερη εκμάθηση των ΘΕ.



Σχήμα 3 Βελτίωση της αντιληπτικής ικανότητας των μαθητών στις ΘΕ

4. Σε τι βαθμό πιστεύεις πως μπορείς να κατανοήσεις το περιεχόμενο των θετικών επιστημών και να το συνδέσεις με την καθημερινή ζωή;

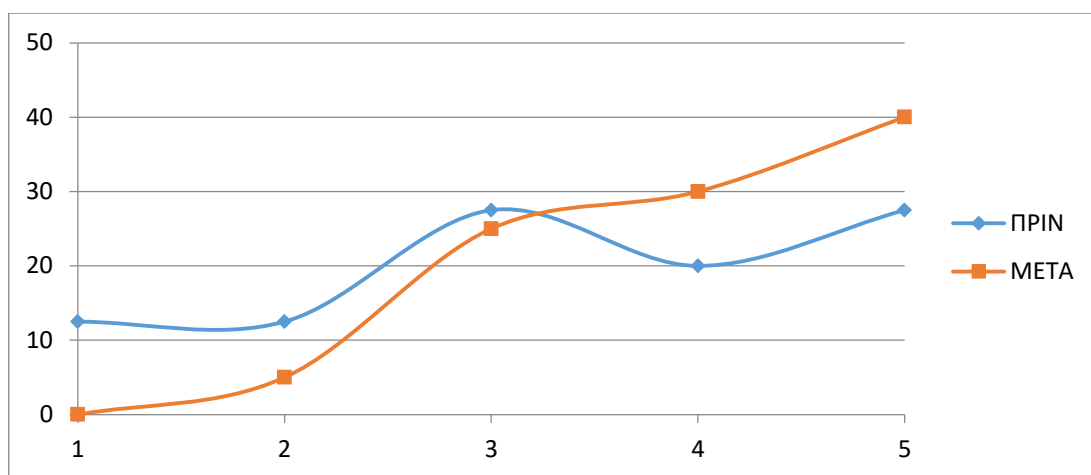
Αρχικά, ένα ποσοστό 57,5% απάντησε Καθόλου έως Μέτρια και 42,5% Αρκετά έως Πάρα πολύ με Μέση τιμή 3,2. Στη συνέχεια το 20% απάντησε Καθόλου έως Μέτρια ενώ το 80% Αρκετά έως Πάρα πολύ με Μέση τιμή 4. Παρατηρούμε μετατόπιση της καμπύλης προς τα δεξιά με $\Delta\bar{x} = 0,8$ και μεγάλη αύξηση των επιλογών Αρκετά και Πάρα πολύ όπου το ποσοστό σχεδόν διπλασιάζεται και αναγνωρίζεται η σύνδεση των ΘΕ με την καθημερινή ζωή.



Σχήμα 4 Κατανόηση του περιεχομένου των ΘΕ και σύνδεση με την καθημερινή ζωή

5. Θα σε ενδιέφερε να ασχοληθείς με τον τομέα των θετικών επιστημών και της τεχνολογίας;

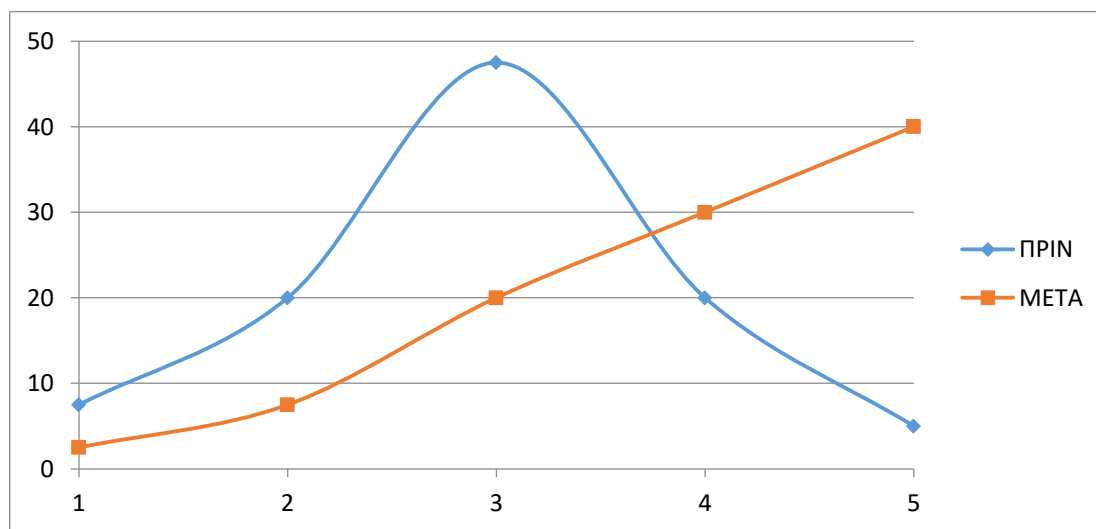
Αρχικά, ένα ποσοστό 52,5% απάντησε Καθόλου έως Μέτρια ενώ στη συνέχεια ένα πολύ μεγάλο ποσοστό 70% απάντησε Αρκετά έως Πάρα πολύ. Η Μέση τιμή από 3,4 αυξήθηκε στο 4,1 με $\Delta\bar{x} = 0,7$. Σημαντική λοιπόν είναι η ενίσχυση του ενδιαφέροντος των μαθητών για τις θετικές επιστήμες και την τεχνολογία.



Σχήμα 5 Το ενδιαφέρον των μαθητών για τις ΘΕ και την τεχνολογία

6. Πόσο πιστεύεις ότι οι γνώσεις που παίρνεις από τις θετικές επιστήμες σε βοηθάνε στην επίλυση προβλημάτων που συναντάς στην καθημερινή ζωή;

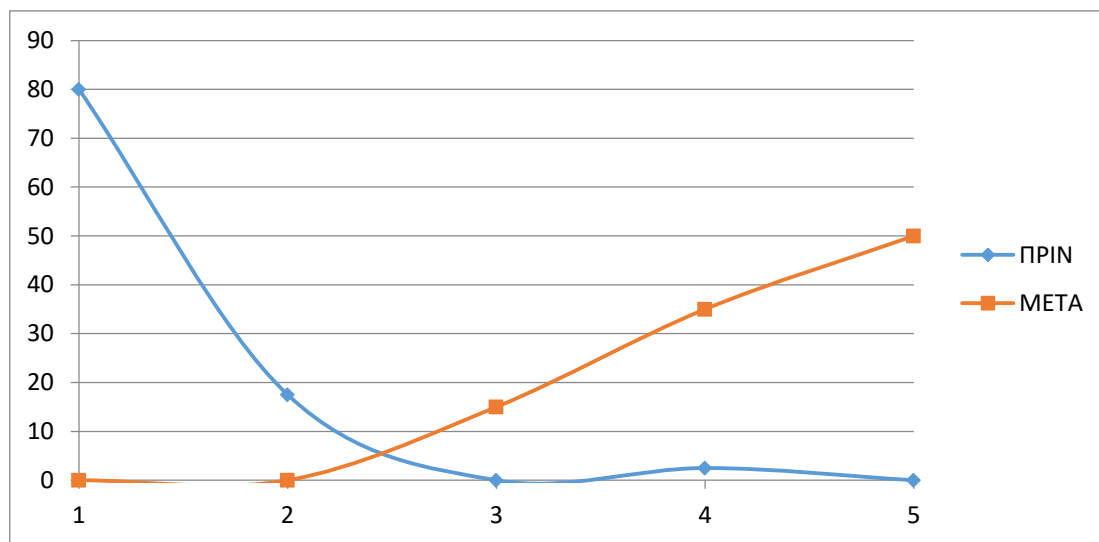
Αρχικά, ένα ποσοστό 75% απάντησε Καθόλου έως Μέτρια με Μέση τιμή 3, ενώ στη συνέχεια οι απαντήσεις των μαθητών μετατοπίζονται σημαντικά στις Μέτρια έως Πάρα πολύ με ποσοστό 90% και Μέση τιμή 4 και μεταβολή $\Delta\bar{x} = 1$. Το διάγραμμα αποδεικνύει την αναγνώριση από τους μαθητές της χρησιμότητας των ΘΕ στην καθημερινή ζωή.



Σχήμα 6 Αναγνώριση της χρησιμότητας των ΘΕ στην καθημερινή ζωή

7. Γνωρίζεις τι είναι η εκπαίδευση STEM;

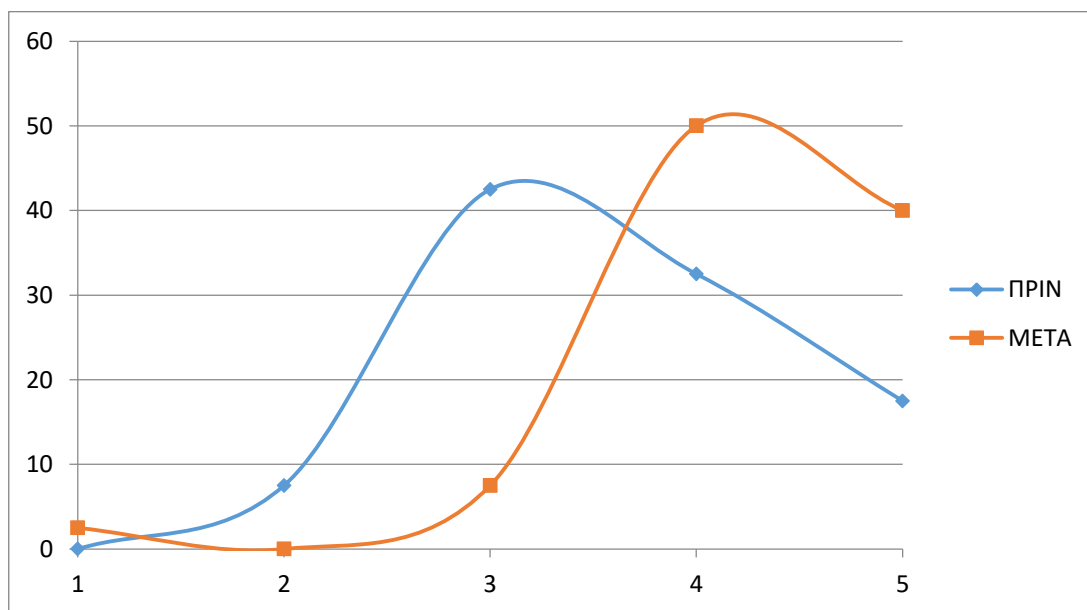
Αρχικά, ένα ποσοστό 97,5% απάντησε Καθόλου έως Λίγο με μία χαμηλή Μέση τιμή 1,3 ενώ μετά την παρέμβαση το 100% απάντησε Μέτρια έως Πάρα πολύ με Μέση τιμή 4,4. Πρόκειται για μία πολύ σημαντική αύξηση ($\Delta\bar{\chi} = 3,1$) του ποσοστού των μαθητών που έρχονται πρώτη φορά σε επαφή με την έννοια STEM εκπαίδευση.



Σχήμα 7 Γνώση της STEM εκπαίδευσης

8. Πόσο εξοικειωμένος/η είσαι με τη χρήση Ηλεκτρονικών Υπολογιστών (Η/Υ).

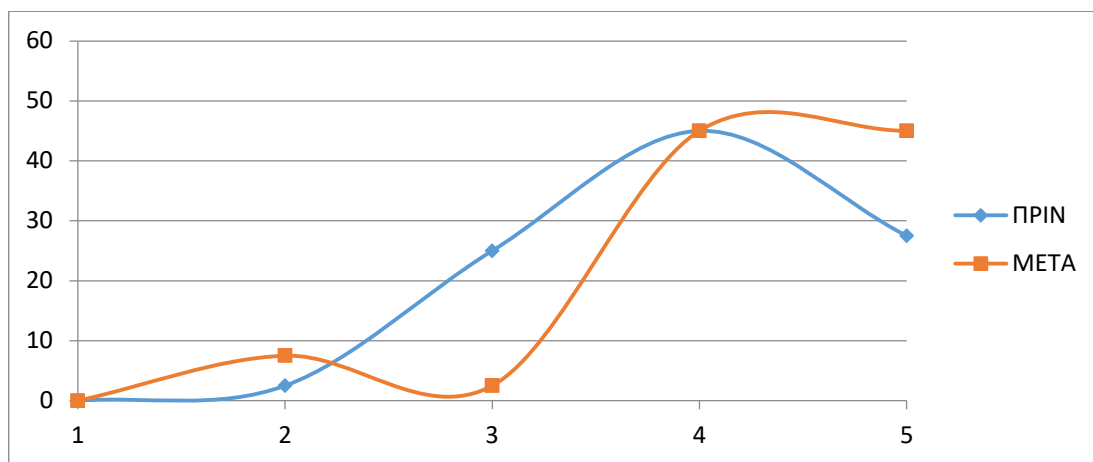
Αρχικά, ένα ποσοστό 92,5% απάντησε Μέτρια έως Πάρα πολύ με Μέση τιμή 3,6 ενώ στη συνέχεια το ποσοστό αυτό αυξάνεται στο 97,5% με Μέση τιμή 4,3. Η μεταβολή $\Delta\bar{\chi} = 0,7$ αποδεικνύει την εξοικείωση των μαθητών του προγράμματος με την χρήση Η/Υ.



Σχήμα 8 Εξοικείωση μαθητών με τη χρήση Η/Υ

9. Πιστεύεις ότι εάν ο/η καθηγητής/τρια χρησιμοποιεί τεχνολογικά εργαλεία (π.χ. υπολογιστή, προτζέκτορα, κτλ.) στη διδασκαλία του, οι μαθητές/τριες κατανοούν καλύτερα το μάθημα;

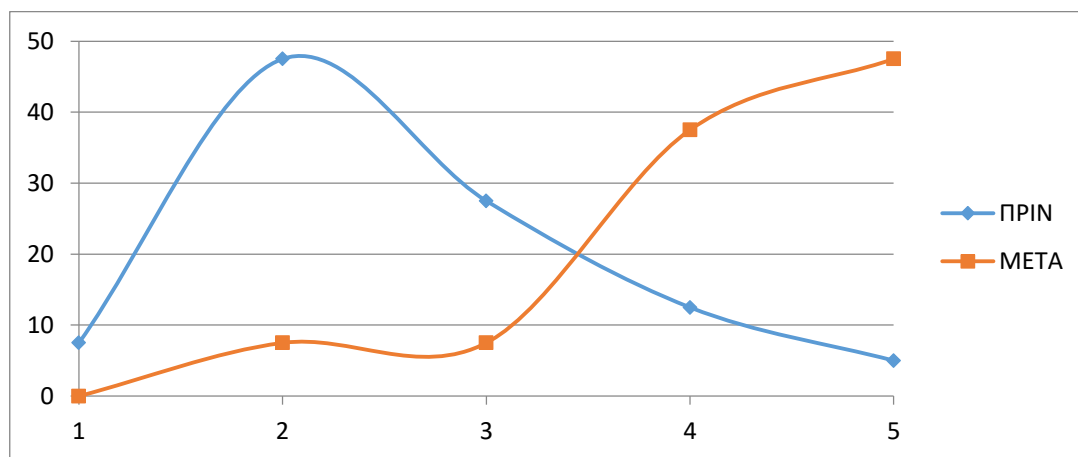
Αρχικά, ένα ποσοστό 72,5% απάντησε Αρκετά έως Πάρα πολύ με Μέση τιμή 4, ενώ μετά την παρέμβαση το ποσοστό αυτό αυξήθηκε στο 92,5% με Μέση τιμή 4,3. Είναι σαφής η αναγνώριση της αξίας των τεχνολογικών εργαλείων στην διδασκαλία για την καλύτερη κατανόηση του μαθήματος.



Σχήμα 9 Η αναγνώριση της χρήσης ΤΠΕ στην κατανόηση του μαθήματος

10. Πόσο σημαντικό θεωρείς στη διάρκεια των μαθημάτων στο σχολείο να έχεις την ευκαιρία να συνεργαστείς με συμμαθητές/τριές σου για μια εργασία;

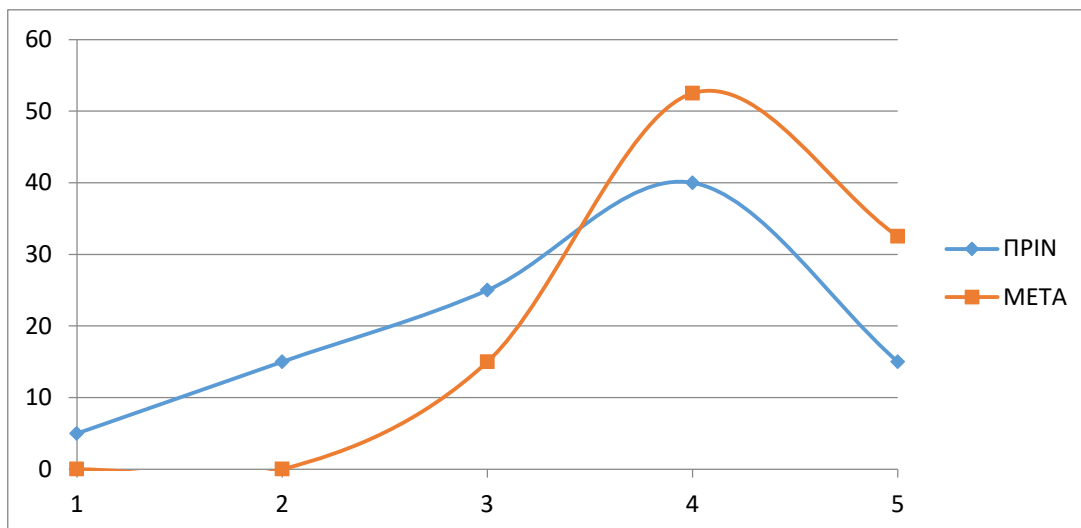
Αρχικά, ένα ποσοστό 82,5% απάντησε Καθόλου έως Μέτρια με Μέση τιμή 2,6 ενώ στη συνέχεια υπάρχει σημαντική μετατόπιση της καμπύλης προς τα δεξιά με Μέση τιμή 4,3 όπου οι μαθητές απάντησαν σε ποσοστό 92,5% Μέτρια έως Πάρα πολύ. Συμπερασματικά, με $\Delta\bar{x} = 1,7$ βλέπουμε ότι οι μαθητές μετά την παρέμβαση αναγνωρίζουν την σημασία της ομαδοσυνεργατικής προσέγγισης στο σχολείο.



Σχήμα 10 Ανάδειξη της σημασίας της ομαδοσυνεργατικής μεθόδου

11. Πόσο άνετα νιώθεις να συνεργάζεσαι με άλλους σε ομαδικές εργασίες;

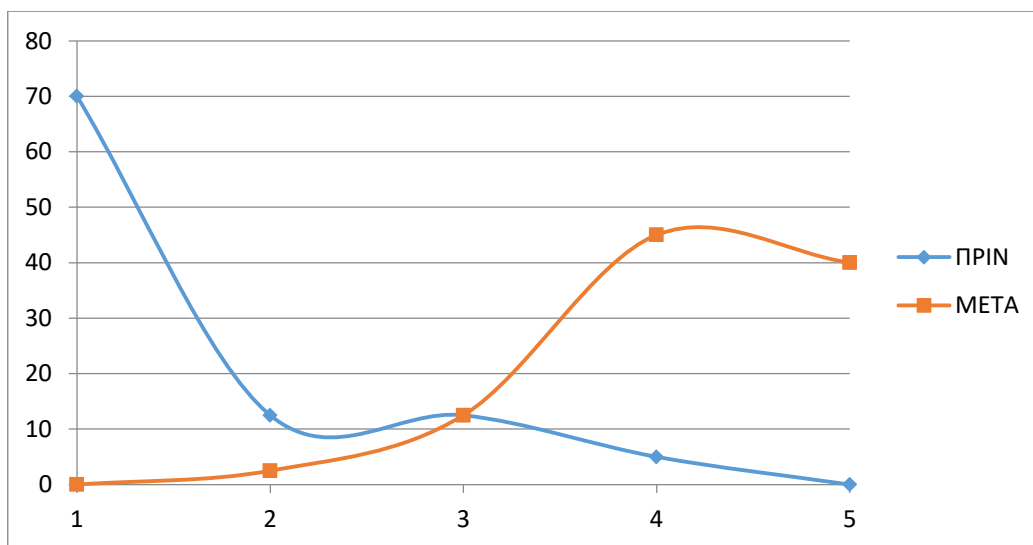
Αρχικά, ένα ποσοστό 80% απάντησε Μέτρια έως Πάρα πολύ με Μέση τιμή 3,5 ενώ μετά την παρέμβαση όλοι οι μαθητές (ποσοστό 100%) απάντησαν Μέτρια έως Πάρα πολύ με Μέση τιμή 4,2. Αυτό αναδεικνύει την ανάγκη των μαθητών να εντάσσονται σε ομάδες και να εργάζονται μέσα σε αυτές.



Σχήμα 11 Ενδυνάμωση των κοινωνικών δεξιοτήτων μέσα στη σχολική τάξη

12. Πόσο πιστεύεις ότι θα ωφεληθείς/ωφελήθηκες από τα μαθήματα STEM που πραγματοποιούνται στο σχολείο;

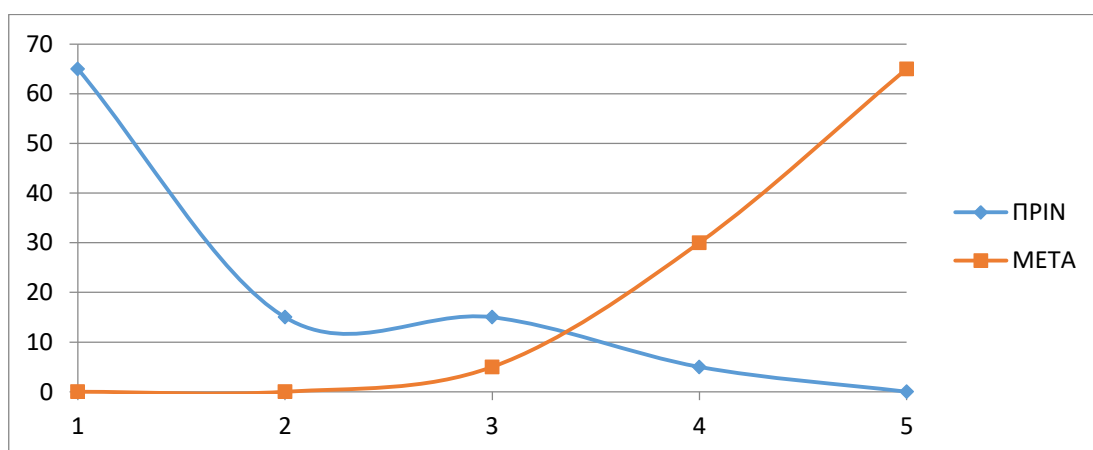
Αρχικά, ένα ποσοστό 95% απάντησε Καθόλου έως Μέτρια, δηλαδή οι μαθητές είχαν χαμηλές προσδοκίες από το μάθημα ενώ στη συνέχεια το 97,5% απάντησε Μέτρια έως Πάρα πολύ, με μία αύξηση της Μέσης τιμής $\Delta\bar{x} = 2,7$. Ως εκ τούτου, παρατηρούμε ότι η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών αναγνωρίζει το όφελος από τα μαθήματα STEM.



Σχήμα 12 Αναγνώριση του οφέλους από τα μαθήματα STEM

13. Πόσο πιστεύεις ότι θα απολαύσεις/απόλαυσες τη συμμετοχή σου στο πρόγραμμα STEM;

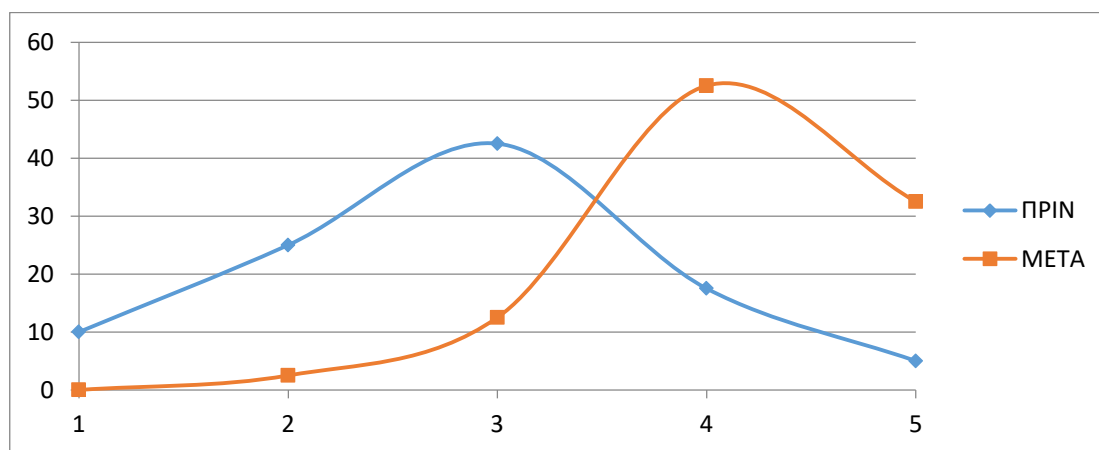
Αρχικά, ένα μεγάλο ποσοστό 95% απάντησε Καθόλου έως Μέτρια με Μέση τιμή 1,6 ενώ μετά την παρέμβαση όλοι οι μαθητές (ποσοστό 100%) απάντησαν Μέτρια έως Πάρα πολύ με Μέση τιμή 4,6. Το $\Delta\bar{x} = 3$ και είναι εμφανές ότι ενώ αρχικά οι μαθητές είχαν χαμηλές προσδοκίες από το μάθημα, στη συνέχεια δείχνουν να απολαμβάνουν το πρόγραμμα STEM που όντας ελκυστικό και αποτελεσματικό ωθεί τους μαθητές να μαθαίνουν διασκεδάζοντας.



Σχήμα 13 Μεταβολή της εικόνας των μαθητών απέναντι στο πρόγραμμα

14. Πόσο ενδιαφέρεσαι για την τεχνολογία και τη ρομποτική γενικότερα;

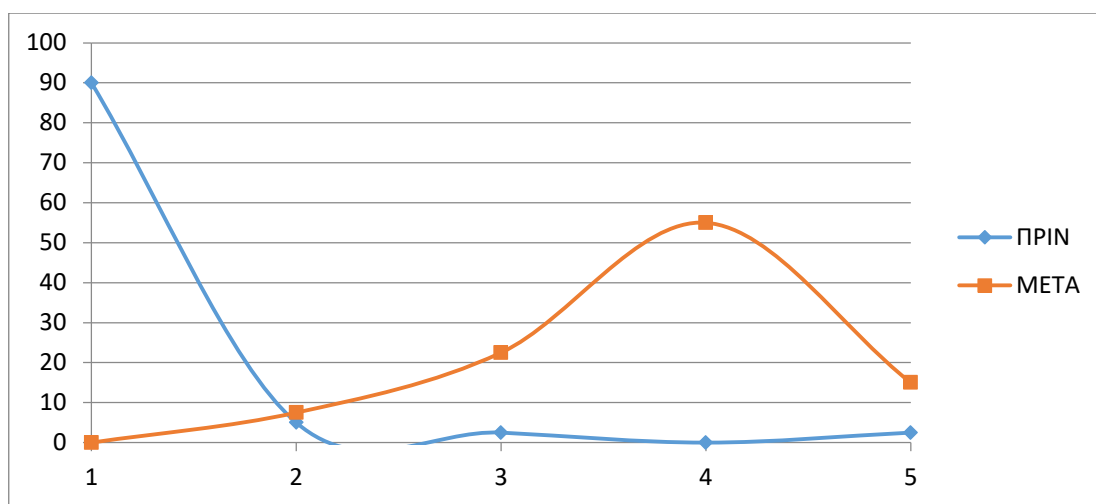
Πριν την παρέμβασή μας οι μαθητές δήλωσαν σε ποσοστό 87,5% ότι ενδιαφέρονται Καθόλου έως Μέτρια για την τεχνολογία και τη ρομποτική με Μέση τιμή 2,8. Μετά την παρέμβαση μας μετατοπίζεται η καμπύλη δεξιότερα και δηλώνουν σε ποσοστό 97,5% ότι ενδιαφέρονται από Μέτρια έως Πάρα πολύ με Μέση τιμή 4,2. Το γεγονός αυτό ($\Delta\bar{x} = 1,3$) αποδεικνύει περρίτρανα ότι η επαφή τους με τη ρομποτική τούς ανοίγει νέους ορίζοντες.



Σχήμα 14 Ενδιαφέρον των μαθητών για την τεχνολογία και τη ρομποτική

15. Πόσο καλά γνωρίζεις το Arduino;

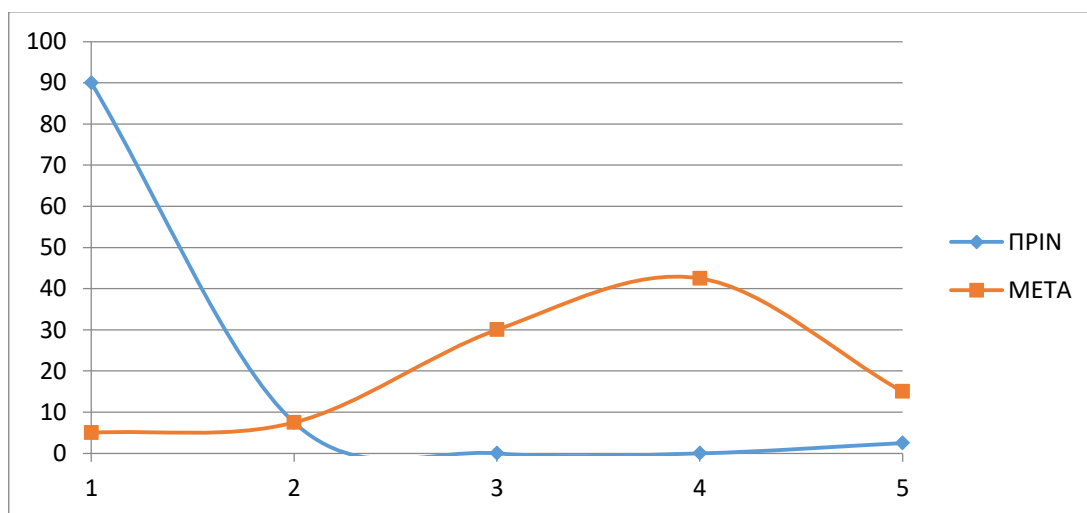
Αρχικά, οι μαθητές, οι οποίοι δεν είχαν καμία επαφή με το Arduino, απάντησαν σε ποσοστό 95% Καθόλου έως Λίγο με Μέση τιμή 1,2. Αυτό φυσικά άλλαξε ριζικά έχοντας ολοκληρώσει το πρόγραμμα και απάντησαν σε ποσοστό 92,5% Αρκετά έως Πολύ καλά μετατοπίζοντας την Μέση τιμή στο 3,8 με $\Delta\bar{x} = 2,6$. Διαφαίνεται ξεκάθαρα η επαφή και γνωριμία των μαθητών με το Arduino.



Σχήμα 15 Γνώση του Arduino

16. Πόσο καλά γνωρίζεις το λογισμικό προγραμματισμού του Arduino (IDE);

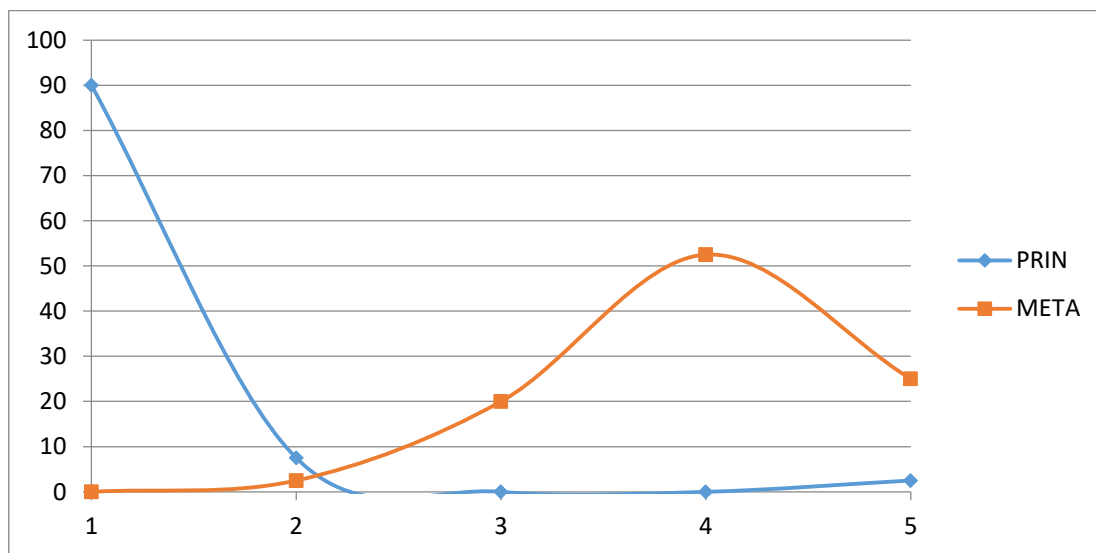
Αρχικά, το 97,5% των μαθητών δήλωσαν ότι γνωρίζουν το Arduino IDE από Καθόλου έως Λίγο με Μέση τιμή 1,2. Μετά το πέρας των μαθημάτων το 87,5% δήλωσαν ότι το γνωρίζουν από Μέτρια έως Πολύ καλά με Μέση τιμή 3,6. Η μεταβολή αυτή ($\Delta\bar{x} = 2,4$) ήταν αναμενόμενη αφού ένα άγνωστο έως τότε λογισμικό έγινε εργαλείο τους για τις κατασκευές με Arduino.



Σχήμα 16 Γνώση του λογισμικού Arduino IDE

17. Πόσο καλά γνωρίζεις και κατανοείς τη λειτουργία των αισθητήρων του Arduino;

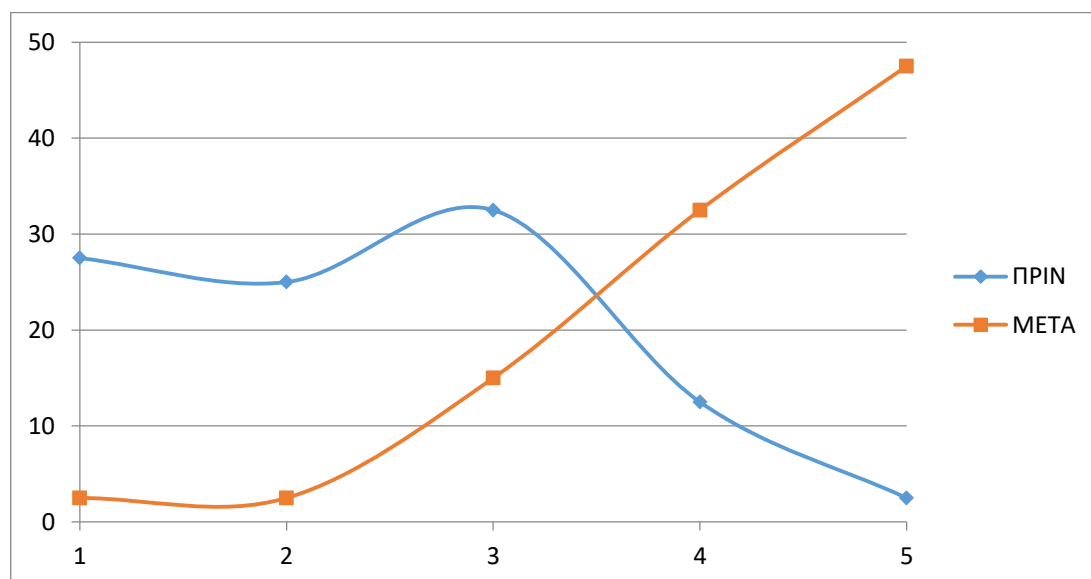
Πριν την έναρξη των μαθημάτων οι μαθητές απάντησαν σε ποσοστό 97,5% Καθόλου έως Λίγο με Μέση τιμή 1,2. Μετά το πέρας των μαθημάτων οι μαθητές απάντησαν σε ποσοστό 97,5% Μέτρια έως Πάρα πολύ με Μέση τιμή 4. Η μεταβολή αυτή ($\Delta\bar{x} = 2,8$) είναι απόλυτα λογική δεδομένης της επαφής των μαθητών με τα μαθήματα STEM.



Σχήμα 17 Γνώση λειτουργίας αισθητήρων του Arduino

18. Πόσο ικανός/ή νιώθεις να κατασκευάσεις ένα απλό ηλεκτρονικό κύκλωμα;

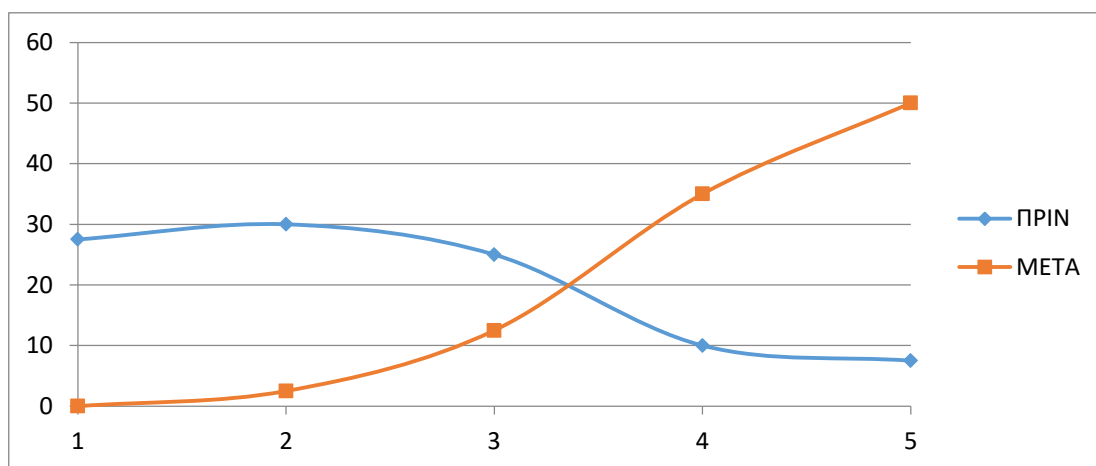
Αρχικά, οι μαθητές σε ποσοστό 85% απάντησαν Καθόλου έως Μέτρια με Μέση τιμή 2,4 ενώ στη συνέχεια οι ίδιοι μαθητές σε ποσοστό 95% απάντησαν Μέτρια έως Πάρα πολύ με Μέση τιμή 4,2. Η μεταβολή $\Delta\bar{x} = 1,8$ εκφράζει την αυτοπεποίθηση και ικανότητα των μαθητών να κατασκευάσουν ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα μετά την παρέμβαση.



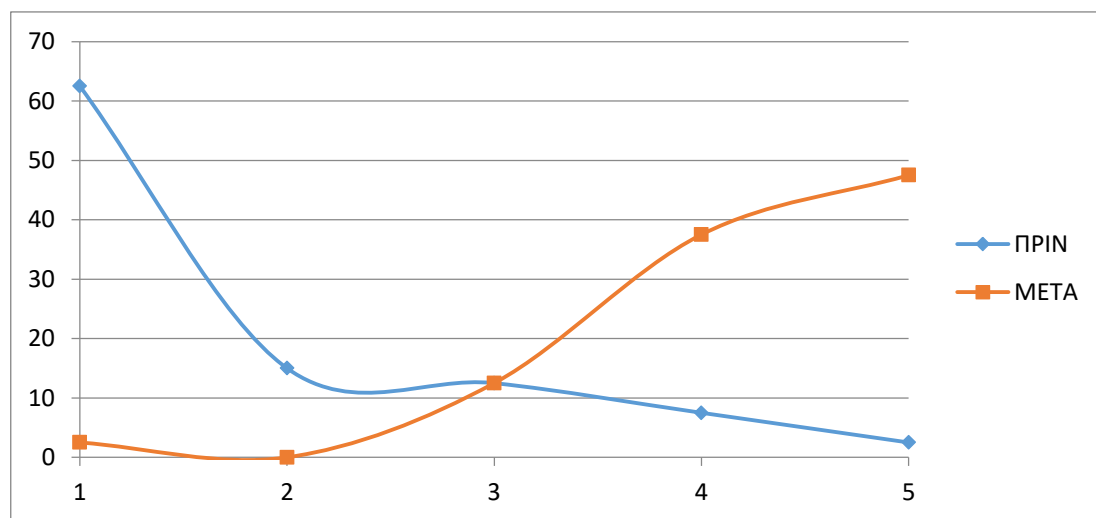
Σχήμα 18 Ικανότητα κατασκευής απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

19. Πόσο καλά γνωρίζεις τι είναι το LED;

Οι μαθητές πριν την παρέμβαση απάντησαν σε ποσοστό 85% ότι γνώριζαν το LED Καθόλου έως Μέτρια με Μέση τιμή 2,4. Στη συνέχεια, οι απαντήσεις των μαθητών διαφοροποιήθηκαν όπως ήταν αναμενόμενο σε ποσοστό 97,5% Μέτρια έως Πάρα πολύ και Μέση τιμή 4,3 και μεταβολή $\Delta\bar{x} = 1,9$. Οι περισσότεροι μαθητές γνωρίζουν πλέον για πρώτη φορά τι είναι το LED.

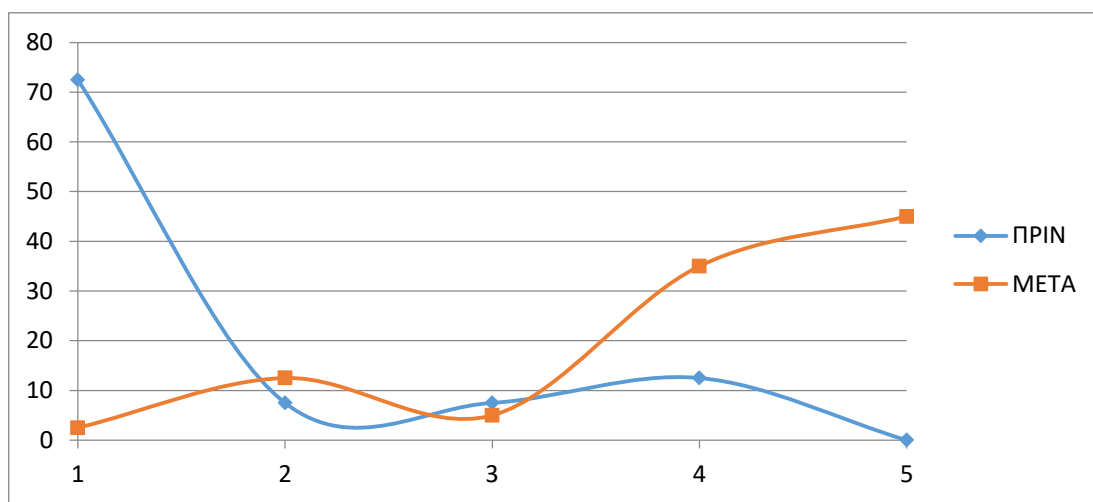
**Σχήμα 19 Γνώση του LED****20. Πόσο καλά γνωρίζεις πως συνδέεται το LED για να λειτουργήσει;**

Αρχικά, οι μαθητές μην έχοντας προηγούμενη γνώση του LED απαντούν σε ποσοστό 90% Καθόλου έως Μέτρια με Μέση τιμή 1,7. Στη συνέχεια, έχοντας ολοκληρώσει τον κύκλο μαθημάτων απαντούν σε ποσοστό 97,5% Μέτρια έως Πολύ καλά και Μέση τιμή 4,3. Η μεταβολή της Μέσης τιμής είναι $\Delta\bar{x} = 2,6$. Μέσα από το διάγραμμα διαφαίνεται ξεκάθαρα η επαφή και γνώση των μαθητών με το LED και τη συνδεσμολογία του.

**Σχήμα 20 Γνώση της συνδεσμολογίας του LED**

21. Πόσο καλά γνωρίζεις τι είναι το pin;

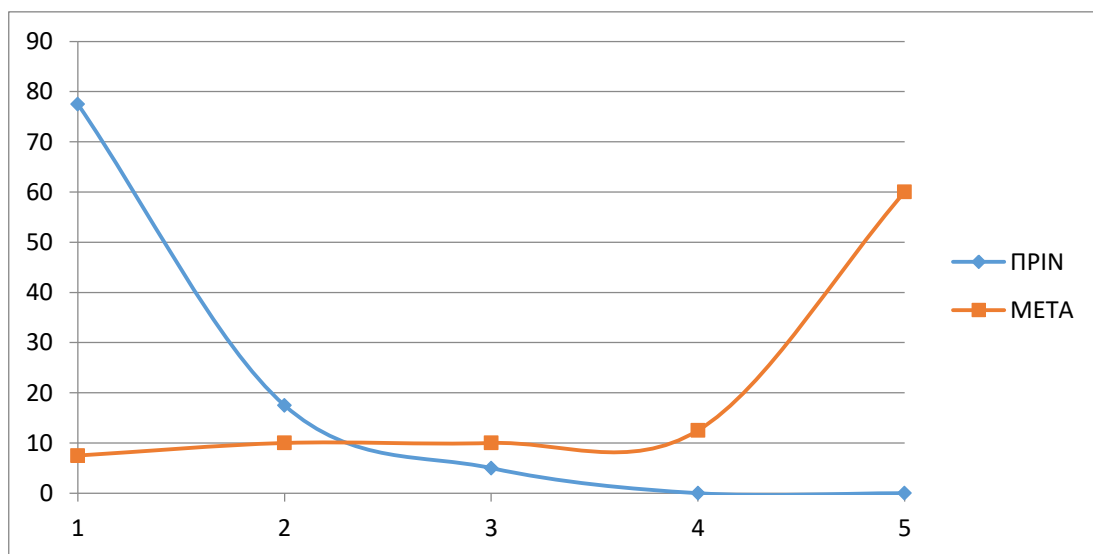
Αρχικά, το 87,5% των μαθητών απαντούν ότι γνωρίζουν το pin από Καθόλου έως Μέτρια με Μέση τιμή 1,6. Έπειτα μετατοπίζεται δεξιότερα η καμπύλη και το 85% των μαθητών απαντούν Μέτρια έως Πάρα πολύ και Μέση τιμή 4,1. Αναμενόμενη και πάλι η αύξηση $\Delta\bar{x} = 2,5$ διότι οι περισσότεροι πλέον μαθητές γνωρίζουν μέσα από τις δραστηριότητες την ύπαρξη και χρήση του pin.



Σχήμα 21 Γνώση του pin

22. Πόσο καλά γνωρίζεις να ξεχωρίζεις το αρσενικό από το θηλυκό pin ;

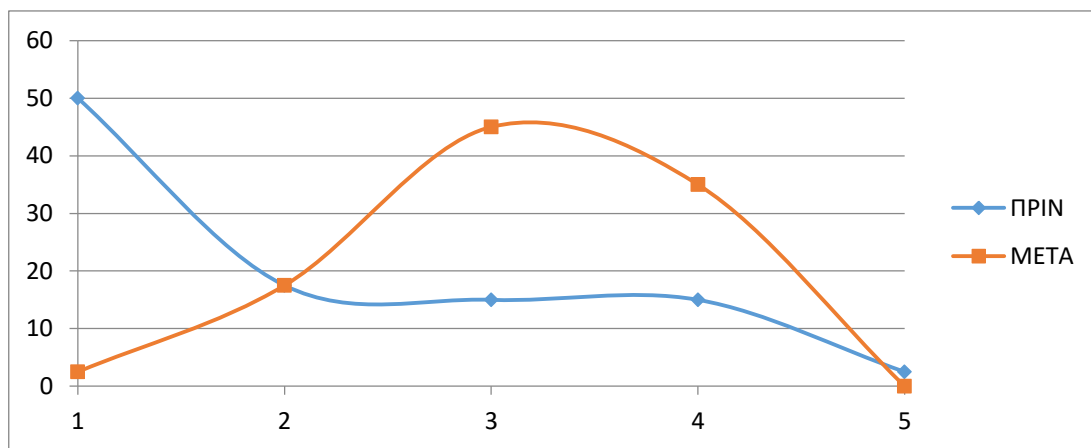
Πριν την παρέμβασή μας οι μαθητές σε ποσοστό 100% δεν αναγνωρίζουν το αρσενικό και θηλυκό pin (Μέση τιμή 1,3) ενώ στη συνέχεια, το 92,5% μπορούν να ξεχωρίσουν από Λίγο έως Πάρα πολύ το αρσενικό από το θηλυκό pin (Μέση τιμή 4,1). Η μεταβολή της Μέσης τιμής είναι $\Delta\bar{x} = 2,8$ απεικονίζει την εξοικείωση των μαθητών με τα pin.



Σχήμα 22 Γνώση της διαφοράς αρσενικού και θηλυκού pin

23. Πόσο άνετα αισθάνεσαι με τη γραφή κώδικα για να προγραμματίσεις μια συσκευή;

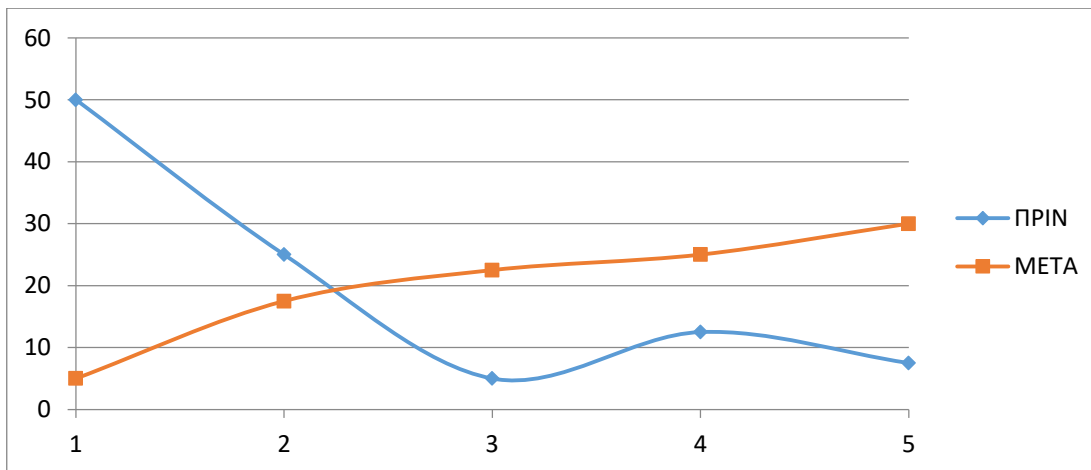
Πριν από τα μαθήματα οι μαθητές γνωρίζουν σε ποσοστό 17,5% από Αρκετά έως Πάρα πολύ τη γραφή κώδικα (Μέση τιμή 2). Μετά το πέρας των μαθημάτων το 80% των μαθητών γνωρίζουν από Μέτρια έως Πάρα πολύ τη γραφή κώδικα (Μέση τιμή 3,1). Το διάγραμμα δείχνει την μετατόπιση της καμπύλης δεξιότερα, την μεγάλη αύξηση των τιμών 3 και 4 και ταυτόχρονα το μηδενισμό σχεδόν του ποσοστού των μαθητών που δεν γνωρίζουν καθόλου τη γραφή κώδικα.



Σχήμα 23 Γνώση γραφής κώδικα

24. Πόσο καλά γνωρίζεις τον αλγόριθμο που ακολουθεί το φανάρι κυκλοφορίας;

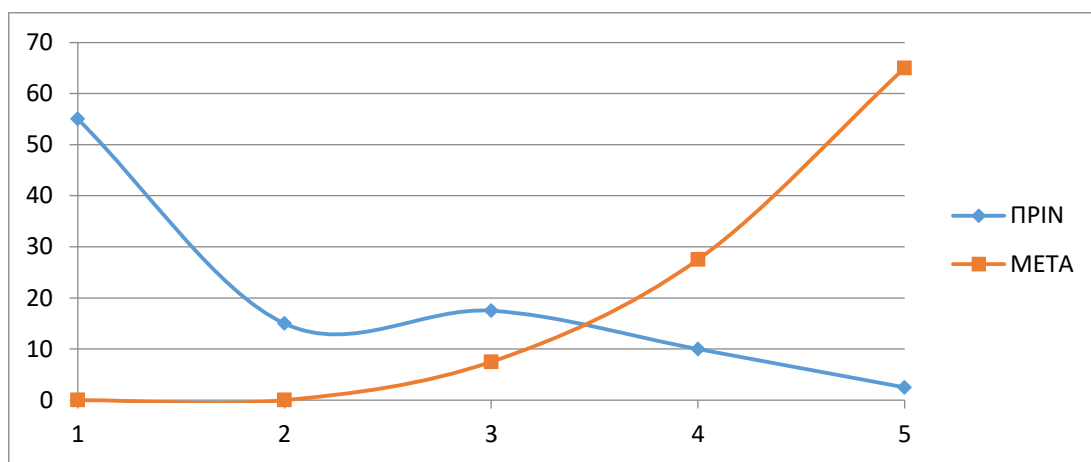
Ο αλγόριθμος λειτουργίας των φαναριών κυκλοφορίας δεν είναι κάτι με το οποίο ασχολείται στη καθημερινή του ζωή ένας μέσος μαθητής. Αυτό διαφαίνεται στο ποσοστό 80% των μαθητών που απάντησαν Καθόλου έως Μέτρια με Μέση τιμή 2. Όμως μετά το πέρας των μαθημάτων παρατηρείται ποσοστό 77,5% να δηλώνει Μέτρια έως Πάρα πολύ με Μέση τιμή 3,6. Αυτή η μεταβολή, $\Delta\bar{x} = 1,6$, οφείλεται στην ενασχόληση των μαθητών με την δραστηριότητα κατασκευής φαναριών κυκλοφορίας με Arduino και LED.



Σχήμα 24 Γνώση του αλγόριθμου που χρησιμοποιεί το φανάρι κυκλοφορίας

25. Πόσο σε ενθαρρύνει η προοπτική να δημιουργήσεις δικά σου έργα με Arduino;

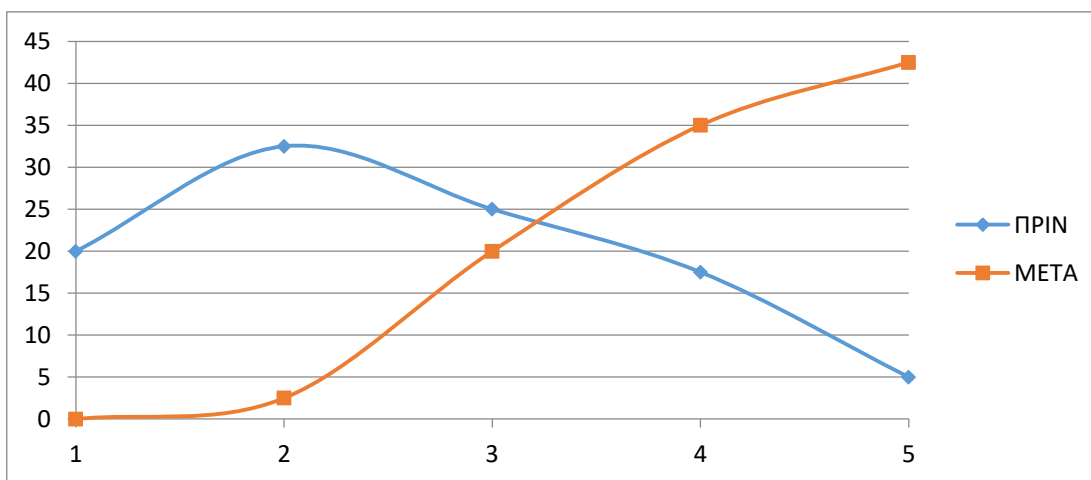
Αρχικά, οι μαθητές απάντησαν σε ποσοστό 87,5% Καθόλου έως Μέτρια με Μέση τιμή 1,9. Στη συνέχεια το 100% απαντά Μέτρια έως Πάρα πολύ με Μέση τιμή 4,6 και σημαντική μεταβολή $\Delta\bar{x} = 2,7$. Στο διάγραμμα διαφαίνεται ξεκάθαρα ο ενθουσιασμός των μαθητών με την προοπτική να δημιουργήσουν δικά τους έργα. Στην πράξη, οι μαθητές μετά τις πρώτες κατασκευές αναζητούν νέες ιδέες για να τα υλοποιήσουν.



Σχήμα 25 Η προοπτική δημιουργίας έργων με Arduino

26. Πόσο σε ενδιαφέρει να παρακολουθήσεις και άλλα σχετικά προγράμματα στο μέλλον;

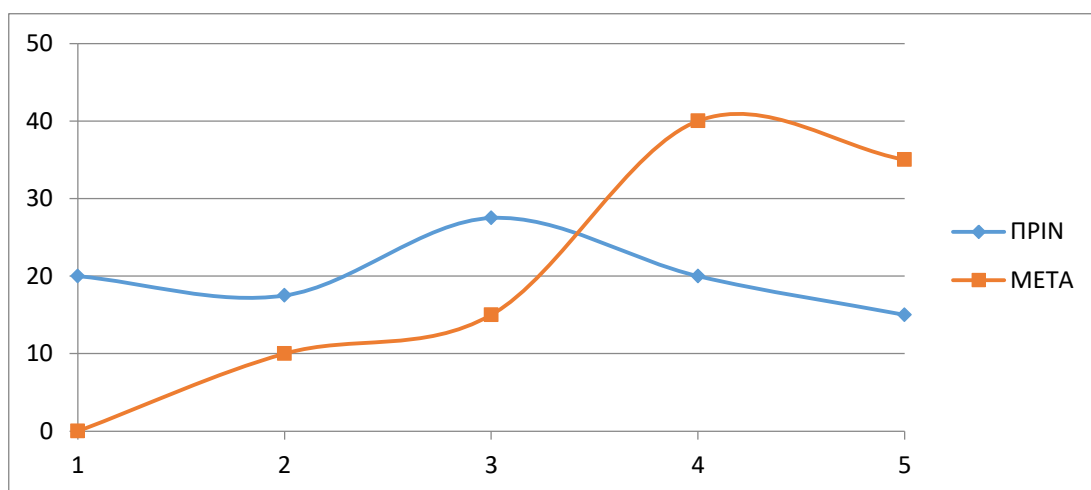
Αρχικά, οι μαθητές δεν δείχνουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την παρακολούθηση άλλων σχετικών προγραμμάτων στο μέλλον. Σε ποσοστό 77,5% απαντούν Καθόλου έως Μέτρια με Μέση τιμή 2,6. Στη συνέχεια όμως, σε ποσοστό 97,5% δηλώνουν Μέτρια έως Πάρα πολύ με Μέση τιμή 4,2. Στο διάγραμμα διαφαίνεται η αλλαγή στάσης των μαθητών απέναντι σε τέτοιου είδους προγράμματα. Είναι αξιοσημείωτο, το σχεδόν μηδενικό ποσοστό των απαντήσεων Καθόλου και Λίγο.



Σχήμα 26 Ενδιαφέρον για παρακολούθηση και άλλων σχετικών προγραμμάτων

27. Πόσο θεωρείς ότι αυτά τα μαθήματα θα σε προετοιμάσουν για μελλοντικές σπουδές ή εργασία στην τεχνολογία;

Αρχικά, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών (27,5%) απάντησαν Μέτρια με Μέση τιμή 2,9. Στη συνέχεια, είναι εμφανείς η αύξηση του ποσοστού των μαθητών που απάντησαν Αρκετά έως Πάρα πολύ (75%) με Μέση τιμή 4. Η μεταβολή αυτή δείχνει την αναγνώριση εκ μέρους των μαθητών της αξίας των μαθημάτων και τη χρησιμότητά τους στο μέλλον.



Σχήμα 27 Απόκτηση εφοδίων για μελλοντικές σπουδές ή εργασία στην τεχνολογία

4.2 Σύγκριση των αποτελεσμάτων ερωτηματολογίων έναρξης-λήξης

Για την επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιούμε πίνακες και διαγράμματα σε υπολογιστικό φύλλο Excel. Υπολογίζουμε για κάθε μία από τις ερωτήσεις (πριν και μετά), τη Μέση τιμή των απαντήσεων καθώς και τη Διάμεσο.

Για τη Μέση Τιμή χρησιμοποιούμε τη σχέση: $\bar{x} = \frac{\sum x_i f_i}{\sum f_i}$ Όπου: x_i είναι οι τιμές των απαντήσεων (1, 2, 3, 4, 5), f_i είναι τα αντίστοιχα ποσοστά των απαντήσεων και $\sum f_i$ είναι το άθροισμα των ποσοστών (100%).

Η Διάμεσος είναι ένα μέτρο κεντρικής τάσης που χρησιμοποιείται για να περιγράψει την κατανομή ενός συνόλου δεδομένων. Ορίζεται ως η τιμή που χωρίζει τα δεδομένα σε δύο ίσα μέρη, δηλαδή το 50% των τιμών είναι μικρότερο ή ίσο με αυτήν και το άλλο 50% είναι μεγαλύτερο ή ίσο με αυτήν.

Κάνοντας τους παραπάνω υπολογισμούς συμπληρώνουμε τον πίνακα 4.3 ο οποίος περιέχει στην πρώτη στήλη τη Μέση τιμή, στη δεύτερη τη Διάμεσο και στην τρίτη την Επικρατούσα τιμή των απαντήσεων «πριν». Στην τέταρτη στήλη περιέχει τη Μέση τιμή, στην πέμπτη τη Διάμεσο και στην έκτη την Επικρατούσα τιμή των απαντήσεων «μετά». Στην έβδομη, όγδοη και ένατη στήλη περιέχει τις διαφορές στις τιμές «πριν και μετά».

Πίνακας τιμών στατιστικής μελέτης

A/A	\bar{x} Mean	Διάμεσος Median	Επικρατούσα τιμή Mode	\bar{x} Mean	Διάμεσος Median	Επικρατούσα τιμή Mode	Δx	$\Delta(\text{Median})$	$\Delta(\text{Mode})$
1	3,8	4	4	4,3	4	4	0,5	0	0
2	4,1	4	4	4,5	4	5	0,4	0	1
3	3,2	3	4	3,9	3	3,5	0,7	0	-0,5
4	3,2	3	4	4,0	4	4	0,8	1	0
5	3,4	3	3	4,1	4	5	0,7	1	2
6	3,0	3	3	4,0	4	5	1,0	1	2
7	1,3	1	1	4,4	4	4	3,1	3	3
8	3,6	3	3	4,3	4	5	0,7	1	2
9	4,0	4	3	4,3	4	4,5	0,3	0	1,5
10	2,6	2	2	4,3	4	5	1,7	2	3
11	3,5	3	4	4,2	4	4	0,7	1	0
12	1,5	1	1	4,2	4	4	2,7	3	3
13	1,6	1	1	4,6	5	5	3,0	4	4
14	2,8	3	3	4,2	4	4	1,3	1	1
15	1,2	1	1	3,8	4	4	2,6	3	3
16	1,2	1	1	3,6	4	4	2,4	3	3
17	1,2	1	1	4,0	4	4	2,8	3	3
18	2,4	3	3	4,2	4	5	1,8	1	2
19	2,4	2	2	4,3	4	5	1,9	2	3
20	1,7	1	1	4,3	4	5	2,6	3	4
21	1,6	1	1	4,1	4	5	2,5	3	4
22	1,3	1	1	4,1	5	5	2,8	4	4
23	2,0	1	1	3,1	3	3	1,1	2	2
24	2,0	1	1	3,6	3	5	1,6	2	4
25	1,9	1	1	4,6	5	5	2,7	4	4
26	2,6	2	2	4,2	4	5	1,6	2	3
27	2,9	3	3	4,0	4	4	1,1	1	1

Πίνακας 4.3 Στατιστική μελέτη των απαντήσεων

4.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων των ερωτηματολογίων έναρξης-λήξης

Η εκπαίδευση STEM έχει γίνει ένας από τους βασικούς πυλώνες της σύγχρονης διδασκαλίας, ενισχύοντας την κριτική σκέψη, την επίλυση προβλημάτων και τη δημιουργικότητα των μαθητών. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα STEM είχε ως σκοπό να ενισχύσει τη γνώση και τις δεξιότητες των μαθητών στις θετικές επιστήμες, τη ρομποτική και τον προγραμματισμό μέσω της χρήσης του Arduino. Επεδίωκε την προώθηση της βιωματικής και ομαδοσυνεργατικής μάθησης, την εφαρμογή της ανακαλυπτικής - διερευνητικής μεθόδου και την απομυθοποίηση του λάθους. Είχε επίσης ως σκοπό την επαφή της σχολικής κοινότητας με την τοπική κοινωνία, ωθώντας τους μαθητές να συντάξουν ερευνητικές ομάδες για να διερευνήσουν αληθινά προβλήματα με σκοπό να τους παρέχουν τεχνολογικές λύσεις.

Για την αξιολόγηση του αντίκτυπου του προγράμματος, οι μαθητές απάντησαν σε 27 ερωτήσεις πριν και μετά την παρέμβαση. Οι απαντήσεις κυμαίνονταν από 1-Καθόλου έως 5-Πάρα πολύ, επιτρέποντας τη σύγκριση της εξέλιξής τους. Η σύγκριση των δύο πινάκων (4.1 και 4.2) αποκαλύπτει σημαντικές αλλαγές στις απαντήσεις των συμμετεχόντων μετά την ολοκλήρωση των μαθημάτων. Μελετώντας τον πίνακα 4.3, ο οποίος περιέχει Μέση τιμή, Διάμεσο και Επικρατούσα τιμή πριν και μετά την παρέμβαση, καταλήγουμε στα παρακάτω συμπεράσματα.

1. Αύξηση των υψηλότερων απαντήσεων (4-Αρκετά & 5-Πάρα πολύ): Πριν από τη σειρά μαθημάτων, οι περισσότερες μέσες τιμές κυμαίνονταν κοντά στο 3 - 4, με αρκετές απαντήσεις στο 1 ή 2. Μετά τη σειρά μαθημάτων, οι μέσες τιμές αυξήθηκαν σημαντικά, κυρίως πάνω από το 4. Αυτό δείχνει ότι οι συμμετέχοντες απέκτησαν μεγαλύτερη κατανόηση και υιοθέτησαν θετικότερη στάση.
2. Μετατόπιση της Διαμέσου: Αρχικά, η διάμεσος ήταν συνήθως 3-Μέτρια ή 4-Αρκετά. Στη συνέχεια, η διάμεσος μετακινήθηκε προς το 4 και 5, κάτι που δείχνει ότι η πλειοψηφία των συμμετεχόντων είχε υψηλότερες απαντήσεις μετά.
3. Μείωση των χαμηλών απαντήσεων (1-Καθόλου & 2-Λίγο): Στον αρχικό πίνακα, υπήρχαν αρκετές περιπτώσεις όπου οι συμμετέχοντες επέλεξαν 1 ή 2. Μετά την παρέμβαση, οι χαμηλές απαντήσεις σχεδόν εξαφανίστηκαν, δείχνοντας ότι οι συμμετέχοντες βελτίωσαν τις γνώσεις τους ή άλλαξαν αντιλήψεις.
4. Σταθερότητα στις απαντήσεις μετά την παρέμβαση: Πριν, οι απαντήσεις ήταν διάσπαρτες μεταξύ 1 έως 5. Μετά, οι απαντήσεις συγκεντρώθηκαν κυρίως στο 4 και 5, μετατοπίζοντας το διάγραμμα προς τα δεξιά, δείχνοντας ομοιογένεια στις αντιλήψεις.

Από τα αποτελέσματα, τεκμαίρεται ότι ο κύκλος μαθημάτων είχε σημαντικό θετικό αντίκτυπο στις γνώσεις και τη στάση των συμμετεχόντων, οδηγώντας σε μεγαλύτερη κατανόηση και θετική αλλαγή στάσεων.

Αναλυτικότερα διαφαίνεται από τα αποτελέσματα της ανάλυσης ότι η παρέμβαση ήταν επιτυχημένη ως προς τους βασικούς της **στόχους** του προγράμματος:

A. Βελτίωση Κατανόησης και Γνώσεων

Οι μέσες τιμές αυξήθηκαν σε σχεδόν όλες τις ερωτήσεις, δείχνοντας ότι οι συμμετέχοντες απέκτησαν νέες γνώσεις και βαθύτερη κατανόηση. Αυτό σημαίνει ότι το εκπαιδευτικό πρόγραμμα κατάφερε να μεταδώσει αποτελεσματικά τις πληροφορίες και να σημειωθεί σημαντική βελτίωση στην αντίληψη των μαθητών. Το ποσοστό των μαθητών που γνώριζαν τι είναι το STEM πριν από το πρόγραμμα ήταν χαμηλό (Μέση τιμή 1,3). Μετά την παρέμβαση, το ποσοστό αυξήθηκε θεαματικά, (Μέση τιμή 4,4). Παρόμοια αύξηση σημειώθηκε στη χρήση Η/Υ και τεχνολογικών εργαλείων στη διδασκαλία. Συνεπώς, το πρόγραμμα έδωσε την ευκαιρία στους μαθητές να γνωρίσουν την STEM εκπαίδευση και τη ρομποτική. Το πρόγραμμα εμπλουτίζοντας τις γνώσεις τους πέτυχε:

- ✓ κατανόηση της σημασίας των δεξιοτήτων του 21ου αιώνα
- ✓ κατανόηση βασικών αρχών φυσικής, μηχανικής, και ηλεκτρονικής
- ✓ κατανόηση βασικών λειτουργιών και τα τεχνικών χαρακτηριστικών της μικροπλακέτας Arduino UNO
- ✓ αναγνώριση της αποτελεσματικότητας της STEM εκπαίδευσης
- ✓ αναγνώριση της σημασίας της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών
- ✓ ανάπτυξη δεξιοτήτων STEM ενισχύοντας τις διεπιστημονικές γνώσεις καθώς και την αναλυτική και κριτική σκέψη
- ✓ εξοικείωση των μαθητών με τον προγραμματισμό και την αλγοριθμική σκέψη
- ✓ χρήση διαφορετικών διδακτικών μεθόδων μέσω της STEM εκπαίδευσης

B. Απόκτηση δεξιοτήτων προγραμματισμού και ρομποτικής

Το πρόγραμμα STEM έδωσε ιδιαίτερη έμφαση στο Arduino και στον προγραμματισμό. Πριν την παρέμβαση, οι περισσότεροι μαθητές είχαν ελάχιστη εξοικείωση με το Arduino (Μέση τιμή 1,2). Μετά την παρέμβαση, οι γνώσεις τους βελτιώθηκαν δραστικά, (Μέση τιμή 3,8). Αντίστοιχη βελτίωση καταγράφηκε στη γνώση του λογισμικού Arduino IDE καθώς και των αισθητήρων. Οι μαθητές επέκτησαν δεξιότητες:

- ✓ συναρμολόγησης και χειρισμού ενός απλού ρομποτικού συστήματος με Arduino
- ✓ προγραμματισμού βασικών λειτουργιών σε Arduino
- ✓ εφαρμογής βασικών αρχών ηλεκτρονικής και φυσικής για δημιουργία κυκλωμάτων
- ✓ πειραματισμού με διαφορετικούς κώδικες προγραμματισμού για έλεγχο του Arduino
- ✓ σχεδιασμού και κατασκευής ενός STEM project βασισμένο σε Arduino
- ✓ κατανόηση των διαδικασιών σχεδιασμού και πειραματισμού μίας συσκευής βασισμένης στο Arduino

Γ. Θετική Αλλαγή Στάσεων και αξιών

Πριν από τα μαθήματα, υπήρχε σημαντική διακύμανση στις απαντήσεις, με αρκετούς να επιλέγουν χαμηλές τιμές (1 ή 2). Μετά την παρέμβαση, οι περισσότερες απαντήσεις συγκεντρώθηκαν στο 4 και 5, κάτι που δείχνει ότι οι συμμετέχοντες δήλωσαν μεγαλύτερη κατανόηση και απέκτησαν μεγαλύτερη εμπιστοσύνη στο αντικείμενο. Η ομαδική εργασία ήταν ένα σημαντικό στοιχείο του προγράμματος. Οι μαθητές, αρχικά, είχαν μια ουδέτερη στάση απέναντι στη συνεργασία. Στο τέλος, δήλωσαν μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση, ευκολία συνεργασίας, άρα εξέλιξη των κοινωνικών τους δεξιοτήτων, πέτυχαίνοντας:

- ✓ ανάπτυξη ενδιαφέροντος για τη STEM εκπαίδευση και την τεχνολογία
- ✓ υιοθέτηση θετικής στάσης απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες
- ✓ ενίσχυση της δημιουργικότητας και τη φαντασίας των μαθητών μέσω της σχεδίασης και ανάπτυξης καινοτόμων λύσεων
- ✓ καλλιέργεια ομαδικότητας και συνεργασίας μέσα από ομαδοσυνεργατικές δραστηριότητες
- ✓ υιοθέτηση θετικής στάσης απέναντι στην επίλυση προβλημάτων μέσα από τον πειραματισμό
- ✓ ανάπτυξη αυτονομίας και υπευθυνότητας στη λήψη αποφάσεων
- ✓ εκτίμηση από τους μαθητές της σημασίας της τεχνολογίας και της ρομποτικής
- ✓ από τη μαθησιακή εμπειρία να εντοπιστούν τα οφέλη της STEM εκπαίδευσης στη ζωή των μαθητών
- ✓ ανάπτυξη της αυτοπεποίθησης, ανεξαρτησίας και αυτοενδυνάμωσης των μαθητών
- ✓ ανάπτυξη ενδιαφέροντος για τις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία

Δ. Επιτυχία της Παρέμβασης - Μεταγνωστικές Δεξιότητες

Η στατιστική ανάλυση δείχνει ξεκάθαρη βελτίωση των απαντήσεων μετά τα μαθήματα. Αυτό σημαίνει ότι η εκπαιδευτική παρέμβαση ήταν επιτυχημένη και είχε

σημαντικό θετικό αντίκτυπο στη μάθηση και την αντίληψη των συμμετεχόντων. Βελτιώθηκε η ικανότητα των μαθητών να αναγνωρίζουν, να ελέγχουν και να ρυθμίζουν τη διαδικασία της μάθησής τους. Το πρόγραμμα πέτυχε:

- ✓ ανάπτυξη δεξιοτήτων αυτορρύθμισης των μαθητών (να γνωρίζουν πότε χρειάζονται περισσότερη εξάσκηση ή νέα προσέγγιση σε ένα πρόβλημα)
- ✓ επιλογή από τους μαθητές των κατάλληλων στρατηγικών μάθησης (δοκιμή και σφάλμα, ανάλυση δεδομένων, αναζήτηση πληροφοριών)
- ✓ βελτίωση των στρατηγικών τους στην επίλυση προβλημάτων μέσω της δοκιμής και προσαρμογής του προγραμματισμού στο Arduino
- ✓ αξιολόγηση από τους μαθητές της εφαρμοσιμότητας των γνώσεών τους σε πραγματικές συνθήκες, όπως η χρήση ρομποτικής στην καθημερινή ζωή

Το πρόγραμμα αυτό προσέβλεπε στην ενασχόληση των μαθητών με την εκπαιδευτική ρομποτική και την STEM εκπαίδευση. Από τις απαντήσεις των ερωτηματολογίων παρατηρούμε ότι η διάμεσος αυξήθηκε, ενώ μειώθηκε η διασπορά των απαντήσεων. Αυτό αποδεικνύει ότι οι συμμετέχοντες κατανόησαν με παρόμοιο τρόπο το υλικό, γεγονός που υποδηλώνει αποτελεσματική διδασκαλία, νέες γνώσεις, νέες αντιλήψεις ενώ διαφαίνεται ότι το πρόγραμμα STEM των οκτώ εβδομάδων πέτυχε και τους βασικούς σκοπούς του.

- ✓ διερεύνηση της συμβολής της STEM εκπαίδευσης και της εκπαιδευτικής ρομποτικής στην ανάπτυξη δεξιοτήτων του 21ου αιώνα στους μαθητές
- ✓ μεταβολής της μαθησιακής πορείας, των στάσεων και της αυτοπεποίθησης των μαθητών σε σχέση με τη ρομποτική και τις θετικές επιστήμες γενικότερα
- ✓ αποτελεσματικότητα του συγκεκριμένου προγράμματος
- ✓ προώθηση της βιωματικής και ομαδοσυνεργατικής μάθησης
- ✓ εφαρμογή της ανακαλυπτικής - διερευνητικής μεθόδου
- ✓ απομυθοποίηση του λάθους
- ✓ επαφή της σχολικής κοινότητας με την τοπική κοινωνία, ωθώντας τους μαθητές να συντάξουν ερευνητικές ομάδες για να διερευνήσουν πραγματικά προβλήματα με σκοπό να τους παρέχουν τεχνολογικές λύσεις
- ✓ Μελλοντική προοπτική και ενδιαφέρον για την τεχνολογία

Οι μαθητές ρωτήθηκαν αν θα ήθελαν να ασχοληθούν με την τεχνολογία στο μέλλον και να συνεχίσουν τη συμμετοχή τους σε παρόμοια προγράμματα. Πριν την παρέμβαση, οι απαντήσεις ήταν μεταξύ 2 και 3 ενώ μετά οι περισσότεροι μαθητές δήλωσαν έντονο ενδιαφέρον με Μέση τιμή 4,2.

4.4 Συμπεράσματα της έρευνας

Η έρευνα είχε ως στόχο να αξιολογήσει την επίδραση της STEM εκπαίδευσης στις αντιλήψεις, τη γνώση και τις δεξιότητες των μαθητών. Τα βασικά χαρακτηριστικά της περιλαμβάνουν τη βιωματική μάθηση, τη χρήση τεχνολογικών εργαλείων, τη συνεργασία και την ανάπτυξη πρακτικών δεξιοτήτων μέσα από την επίλυση προβλημάτων. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν μέσω του ερωτηματολογίου πριν και μετά την παρέμβαση δείχνουν σημαντική βελτίωση σε όλες τις πτυχές που εξετάστηκαν. Αναλυτικότερα παρατίθενται τα συμπεράσματα της έρευνας ανα ερευνητικό ερώτημα:

A. Περιγραφικά ερωτήματα

- Τι είναι η STEM εκπαίδευση και ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά της;

Από την έρευνα προκύπτει ότι οι μαθητές απέκτησαν μεγαλύτερη κατανόηση του τι είναι η STEM εκπαίδευση, καθώς η Μέση τιμή στο σχετικό ερώτημα αυξήθηκε από 1,3 σε 4,4, δείχνοντας ότι η παρέμβαση ήταν ιδιαίτερα αποτελεσματική.

- Ποια είναι τα κύρια εργαλεία και τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στη STEM εκπαίδευση;

Τα δεδομένα της έρευνας δείχνουν ότι η γνώση των μαθητών για το Arduino και το προγραμματιστικό του περιβάλλον αυξήθηκε σημαντικά (από 1,2 σε 3,8 και 3,6 αντίστοιχα), αποδεικνύοντας ότι η έκθεσή τους σε αυτές τις τεχνολογίες συνέβαλε στην εξοικείωσή τους με την πρακτική εφαρμογή της μηχανικής και του προγραμματισμού.

- Ποιες δεξιότητες του 21ου αιώνα αναπτύσσονται μέσω της STEM εκπαίδευσης;

Η έρευνα επιβεβαίωσε ότι μέσω STEM δραστηριοτήτων αναπτύσσονται δεξιότητες όπως η κριτική σκέψη, η συνεργασία, η δημιουργικότητα και η ικανότητα επίλυσης προβλημάτων. Η άνεση των μαθητών στη συνεργασία σε ομάδες αυξήθηκε από 2,6 σε 4,3, δείχνοντας ότι οι ομαδοσυνεργατικές δραστηριότητες συνέβαλαν σημαντικά στην καλλιέργεια επικοινωνιακών και κοινωνικών δεξιοτήτων.

- Πώς εφαρμόζεται η STEM εκπαίδευση στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα;

Η έρευνα δείχνει ότι η ενσωμάτωση STEM δραστηριοτήτων είναι ελλιπής στην παραδοσιακή εκπαιδευτική διαδικασία, καθώς το αρχικό επίπεδο γνώσης των μαθητών ήταν χαμηλό. Μετά την παρέμβαση, η αντίληψη των μαθητών για τη σημασία της STEM εκπαίδευσης βελτιώθηκε σημαντικά, αποδεικνύοντας την ανάγκη για μεγαλύτερη και ουσιαστικότερη ενσωμάτωσή της στο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών.

B. Συγκριτικά ερωτήματα

- Υπάρχει διαφορά στην κατανόηση των εννοιών των Φυσικών Επιστημών μεταξύ μαθητών που διδάσκονται με τη μέθοδο STEM και εκείνων που διδάσκονται με παραδοσιακές μεθόδους;

Τα δεδομένα υποδηλώνουν ότι η κατανόηση των θετικών επιστημών αυξήθηκε σημαντικά μεταξύ των μαθητών που συμμετείχαν στη STEM εκπαίδευση. Η ικανότητά τους να συνδέουν τις επιστήμες μεταξύ τους αυξήθηκε από 4,1 σε 4,5, ενώ η αντίληψή τους για την πρακτική εφαρμογή των γνώσεων τους στην καθημερινή ζωή από 3,2 σε 4,0.

- Υπάρχουν διαφοροποιήσεις στην απόδοση των μαθητών που εργάζονται ατομικά έναντι εκείνων που εργάζονται ομαδοσυνεργατικά;

Οι μαθητές που εργάστηκαν ομαδοσυνεργατικά έδειξαν μεγαλύτερη βελτίωση στην αυτοπεποίθηση και στην κατανόηση των STEM εννοιών. Η άνεση συνεργασίας αυξήθηκε από 2,6 σε 4,3, επιβεβαιώνοντας ότι η συνεργασία αποτελεί σημαντικό στοιχείο της επιτυχίας της STEM εκπαίδευσης.

- Ποια είναι η διαφορά στην αντίληψη των μαθητών για τα λάθη τους πριν και μετά τη συμμετοχή τους;

Οι μαθητές έδειξαν μεγαλύτερη αποδοχή του λάθους ως μέρους της μαθησιακής διαδικασίας, με σημαντική αύξηση στη θετική στάση τους απέναντι στην επίλυση προβλημάτων μέσα από δοκιμές.

- Πώς διαφέρει η ανάπτυξη της κριτικής σκέψης μεταξύ μαθητών που συμμετέχουν σε διερευνητικές δραστηριότητες και εκείνων που ακολουθούν πιο καθοδηγούμενες προσεγγίσεις;

Η ανάπτυξη κριτικής σκέψης ενισχύθηκε σημαντικά μέσω των διερευνητικών δραστηριοτήτων. Οι μαθητές που συμμετείχαν σε STEM προγράμματα ανέφεραν αυξημένη ικανότητα ανάλυσης και δημιουργικότητας.

Γ. Συσχετιστικά ερωτήματα

- Ποια είναι η σχέση μεταξύ της χρήσης βιωματικών STEM δραστηριοτήτων και της αύξησης του ενδιαφέροντος των μαθητών για τις Θετικές Επιστήμες;

Το ενδιαφέρον των μαθητών για τις Θετικές Επιστήμες αυξήθηκε σημαντικά, με τη μέση τιμή στο σχετικό ερώτημα να αυξάνεται από 3,8 σε 4,3.

- Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της ομαδοσυνεργατικής μάθησης και της ανάπτυξης επικοινωνιακών δεξιοτήτων των μαθητών;

Η έρευνα δείχνει ότι υπάρχει συσχέτιση, καθώς η ικανότητα συνεργασίας αυξήθηκε από 2,6 σε 4,3, γεγονός που αποδεικνύει τη σημασία των συνεργατικών μεθόδων μάθησης.

- Πώς επηρεάζουν οι STEM δραστηριότητες την αυτοπεποίθηση των μαθητών;

Οι μαθητές ανέφεραν υψηλότερα επίπεδα αυτοπεποίθησης, ειδικά σε τομείς που σχετίζονται με την τεχνολογία και τον προγραμματισμό.

- Πώς επηρεάζουν οι STEM δραστηριότητες τη στάση των μαθητών έναντι των Φ.Ε.;

Η στάση των μαθητών απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες έγινε πιο θετική, με περισσότερους μαθητές να ενδιαφέρονται για μελλοντικές σπουδές σε σχετικούς τομείς.

Δ. Διερευνητικά ερωτήματα

- Ποιες είναι οι αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με την εφαρμογή της STEM εκπαίδευσης;

Η έρευνα δείχνει ότι οι μαθητές είχαν αρχικά περιορισμένη γνώση για τη STEM εκπαίδευση, όπως φαίνεται από τη χαμηλή αρχική μέση τιμή (1,3) στο σχετικό ερώτημα. Ωστόσο, μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων, η μέση τιμή αυξήθηκε σε 4,4, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι μαθητές όχι μόνο κατανόησαν τη σημασία της STEM εκπαίδευσης αλλά ανέπτυξαν και μια θετική στάση απέναντί της. Αυτό επιβεβαιώνει ότι η εμπειρική μάθηση και η χρήση τεχνολογικών εργαλείων τους βοήθησαν να αναγνωρίσουν τη χρησιμότητά της στην καθημερινή ζωή και στις μελλοντικές τους σπουδές.

- Πώς αντιλαμβάνονται οι μαθητές τον ρόλο του λάθους ως μέρος της μαθησιακής διαδικασίας στις STEM δραστηριότητες;

Η αρχική στάση των μαθητών απέναντι στα λάθη ήταν αρνητική, καθώς οι περισσότεροι τα αντιμετώπιζαν ως αποτυχία. Ωστόσο, μετά την ενασχόληση με STEM δραστηριότητες, οι μαθητές έμαθαν να βλέπουν τα λάθη ως μέρος της μαθησιακής διαδικασίας. Αυτό φαίνεται από την αύξηση της αυτοπεποίθησής τους στον προγραμματισμό και στην κατασκευή ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, όπου η δοκιμή και το σφάλμα είναι αναπόσπαστα στοιχεία. Οι μαθητές έδειξαν μεγαλύτερη προθυμία να πειραματιστούν και να αναζητήσουν λύσεις μέσα από την ανατροφοδότηση και την επανεξέταση των λαθών τους.

- Ποιοι είναι οι μεγαλύτεροι περιορισμοί ή δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί κατά την εφαρμογή της STEM εκπαίδευσης;

Αν και η έρευνα εστιάζει κυρίως στις αντιλήψεις των μαθητών, έμμεσα στοιχεία καθώς και εμπειρικά δεδομένα δείχνουν ότι οι μεγαλύτερες δυσκολίες στην εφαρμογή της STEM εκπαίδευσης είναι:

- I. Έλλειψη υποδομών και εξοπλισμού: Η χρήση εργαλείων όπως το Arduino και οι αισθητήρες απαιτεί τεχνικό εξοπλισμό, ο οποίος δεν είναι πάντα διαθέσιμος στα σχολεία.
- II. Έλλειψη επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών: Η χαμηλή εξοικείωση των μαθητών με το Arduino πριν την παρέμβαση (μέση τιμή 1,2) υποδηλώνει ότι οι μαθητές δεν είχαν προηγούμενη επαφή με τέτοιες δραστηριότητες, πιθανώς λόγω έλλειψης σχετικής επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών.
- III. Ανάγκη για περισσότερο χρόνο διδασκαλίας: Οι μαθητές χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να εξοικειωθούν με τις STEM δραστηριότητες, κάτι που μπορεί να είναι δύσκολο να ενσωματωθεί στα ήδη επιβαρυνμένα σχολικά προγράμματα. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα υλοποιήθηκε σε ώρες εκτός σχολικού ωραρίου.

E. Επεξηγηματικά ερωτήματα

- Πώς η χρήση της εκπαιδευτικής ρομποτικής μέσω STEM εκπαίδευσης διευκολύνει την εμπέδωση εννοιών φυσικής και προγραμματισμού;

Η εκπαιδευτική ρομποτική, όπως η χρήση του Arduino, βοήθησε τους μαθητές να κατανοήσουν πρακτικές εφαρμογές της φυσικής και του προγραμματισμού. Τα δεδομένα δείχνουν ότι η γνώση των μαθητών σχετικά με το προγραμματιστικό περιβάλλον του Arduino αυξήθηκε από 1,2 σε 3,6, ενώ η κατανόηση των αισθητήρων του Arduino από 1,2 σε 4,0. Αυτό σημαίνει ότι οι μαθητές απέκτησαν πρακτικές δεξιότητες και κατανόησαν την αλληλεπίδραση μεταξύ ηλεκτρονικών εξαρτημάτων και προγραμματισμού, κάτι που δεν επιτυγχάνεται εύκολα με παραδοσιακές διδακτικές μεθόδους.

- Με ποιον τρόπο η διερευνητική μάθηση ενισχύει την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης και της δημιουργικότητας των μαθητών;

Η διερευνητική μάθηση απαιτεί από τους μαθητές να αναζητούν λύσεις, να κάνουν υποθέσεις και να πειραματίζονται. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι μαθητές ανέπτυξαν κριτική σκέψη και αυτοπεποίθηση στην επίλυση προβλημάτων, καθώς η μέση τιμή για την ικανότητά τους να κατανοούν και να εφαρμόζουν τις επιστημονικές έννοιες στην καθημερινότητα αυξήθηκε από 3,2 σε 4,0. Επιπλέον, η δημιουργικότητα των μαθητών εκφράστηκε μέσω της κατασκευής δικών τους έργων, καθώς η προοπτική να δημιουργήσουν δικά τους έργα με το Arduino έγινε πιο ελκυστική (από 1,9 σε 4,6).

- Πώς η ομαδοσυνεργατική μάθηση συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση των εννοιών στις STEM δραστηριότητες;

Η ομαδοσυνεργατική μάθηση αποδείχθηκε καθοριστικός παράγοντας στην καλύτερη κατανόηση των STEM εννοιών. Τα δεδομένα δείχνουν ότι οι μαθητές που συμμετείχαν σε ομαδικές δραστηριότητες είχαν μεγαλύτερη αύξηση στην κατανόηση και εφαρμογή των εννοιών της τεχνολογίας και της μηχανικής. Η ικανότητά τους να συνεργάζονται αυξήθηκε από 2,6 σε 4,3, γεγονός που υποδηλώνει ότι η αλληλεπίδραση με τους συμμαθητές τους βοήθησε να ξεπεράσουν δυσκολίες και να κατανοήσουν καλύτερα τις έννοιες.

4.5 Προτάσεις

Βασισμένοι στα αποτελέσματα της ανάλυσης, μπορούμε να προτείνουμε τα εξής:

- Ενσωμάτωση της STEM εκπαίδευσης στα σχολικά προγράμματα:

Η επιτυχία του προγράμματος δείχνει ότι η εισαγωγή STEM δραστηριοτήτων στην εκπαιδευτική διαδικασία μπορεί να βελτιώσει τη μάθηση και την εμπλοκή των μαθητών. Ενσωμάτωση των STEM δραστηριοτήτων σε όλα τα σχολεία που θα περιλαμβάνει STEM μαθήματα από το Δημοτικό, ανάπτυξη διαθεματικών προγραμμάτων που συνδυάζουν τη Φυσική, τη Χημεία, τη Βιολογία, τα Μαθηματικά και την Πληροφορική στο Γυμνάσιο και δημιουργία STEM εργαστηρίων και βιωματικών δραστηριοτήτων σε όλες τις βαθμίδες.

- Περισσότερα πρακτικά εργαστήρια και διαθεματικές δραστηριότητες:

Η μάθηση μέσω εφαρμογής είναι πιο αποτελεσματική από τη θεωρητική διδασκαλία, γι' αυτό είναι σημαντικό να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση σε πειραματικές δραστηριότητες.

- Ενίσχυση της επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών στις STEM πρακτικές:

Για την αποτελεσματική εφαρμογή της STEM εκπαίδευσης, είναι σημαντικό να επιμορφωθούν οι εκπαιδευτικοί στις σύγχρονες διδακτικές πρακτικές, στις νέες τεχνολογίες, στον προγραμματισμό και στη ρομποτική.

- Βελτίωση της υλικοτεχνικής υποδομής στα σχολεία:

Διάθεση εξοπλισμού, όπως Arduino, ρομποτικά κιτ, αισθητήρες και 3D εκτυπωτές. Δημιουργία STEM εργαστηρίων με ηλεκτρονικούς υπολογιστές και σύγχρονο εκπαιδευτικό λογισμικό.

- Προώθηση της συνεργατικής μάθησης και των STEM διαγωνισμών:

Οι μαθητές θα μπορούσαν να συμμετέχουν σε διαγωνισμούς ρομποτικής ή προγραμματισμού, ενισχύοντας το ενδιαφέρον τους μέσα από ρεαλιστικές προκλήσεις.

4.6 Προβληματισμοί

- Ανισότητα στην πρόσβαση στη STEM εκπαίδευση

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα είναι η ανισότητα στην πρόσβαση των μαθητών σε ποιοτικά STEM προγράμματα. Σχολεία σε απομακρυσμένες ή οικονομικά ασθενέστερες περιοχές συχνά δεν διαθέτουν εξοπλισμό, όπως Arduino, 3D εκτυπωτές, αισθητήρες και υπολογιστές, κάτι που δημιουργεί μαθησιακές ανισότητες μεταξύ των μαθητών διαφορετικών περιοχών.

- Έλλειψη τυποποιημένου STEM προγράμματος στην εκπαίδευση

Η STEM εκπαίδευση εφαρμόζεται σε πολλά σχολεία μέσα από μεμονωμένες πρωτοβουλίες, κυρίως ιδιωτικές, αλλά δεν υπάρχει ένα εθνικό, καθολικά αποδεκτό πρόγραμμα σπουδών που να την ενσωματώνει πλήρως σε όλες τις βαθμίδες. Αυτό οδηγεί σε ασυνέχεια και διαφοροποιήσεις στον τρόπο που οι μαθητές εκτίθενται στη STEM μάθηση.

- Δυσκολία στην αξιολόγηση της STEM μάθησης

Η παραδοσιακή αξιολόγηση (τεστ, εξετάσεις) δεν αντικατοπτρίζει πλήρως τις δεξιότητες που αναπτύσσουν οι μαθητές στις STEM δραστηριότητες. Αντί για απομνημόνευση, οι μαθητές καλούνται να σχεδιάσουν, να πειραματιστούν και να επιλύσουν προβλήματα.

- Αντίσταση στην αλλαγή από το παραδοσιακό εκπαιδευτικό σύστημα

Η εφαρμογή STEM απαιτεί αλλαγή στη νοοτροπία εκπαιδευτικών και μαθητών. Το παραδοσιακό σύστημα βασίζεται σε παθητική μάθηση, ενώ το STEM απαιτεί έρευνα, πειραματισμό και συνεργασία. Ορισμένοι εκπαιδευτικοί μπορεί να δυσκολεύονται να υιοθετήσουν τις νέες μεθόδους, είτε λόγω έλλειψης επιμόρφωσης είτε λόγω χρόνου.

- Έλλειψη χρόνου στο σχολικό πρόγραμμα

Το ήδη φορτωμένο σχολικό πρόγραμμα δεν αφήνει περιθώρια για επιπλέον STEM δραστηριότητες. Οι μαθητές συχνά αντιμετωπίζουν μεγάλη πίεση από τα υπόλοιπα μαθήματα, και οι εκπαιδευτικοί δυσκολεύονται να αφιερώσουν χρόνο σε STEM μάθηση.

- Στερεότυπα φύλου στις STEM επιστήμες

Παρά την πρόοδο, εξακολουθούν να υπάρχουν στερεότυπα φύλου που αποτρέπουν πολλά κορίτσια από το να επιλέξουν επαγγέλματα STEM. Η έρευνα δείχνει ότι σε μικρή ηλικία τα κορίτσια έχουν εξίσου μεγάλο ενδιαφέρον για την τεχνολογία, αλλά στην εφηβεία αρχίζουν να απομακρύνονται. Αυτό συνδέεται με κοινωνικές αντιλήψεις, έλλειψη γυναικείων προτύπων και περιορισμένες προσδοκίες.

- Έλλειψη σύνδεσης STEM εκπαίδευσης με την αγορά εργασίας

Παρά την αυξανόμενη σημασία των STEM δεξιοτήτων, πολλοί μαθητές δεν αντιλαμβάνονται πώς συνδέεται η STEM εκπαίδευση με τις μελλοντικές επαγγελματικές τους επιλογές. Στην έρευνα, η πρόθεση των μαθητών να ακολουθήσουν STEM καριέρα αυξήθηκε σημαντικά μετά την παρέμβαση, αλλά χρειάζονται περισσότερες δράσεις που να συνδέουν τη STEM μάθηση με πραγματικές επαγγελματικές προοπτικές.

5. Γενικά συμπεράσματα

Η STEM εκπαίδευση αποτελεί μια καινοτόμο εκπαιδευτική προσέγγιση, η οποία προωθεί τη διεπιστημονική γνώση και την ανάπτυξη δεξιοτήτων του 21ου αιώνα, όπως η κριτική σκέψη, η επίλυση προβλημάτων, η δημιουργικότητα και η συνεργασία. Μέσα από την πρακτική εφαρμογή της επιστήμης και της τεχνολογίας, οι μαθητές αναπτύσσουν μια περισσότερο hands-on προσέγγιση στη μάθηση, η οποία τους βοηθά να κατανοήσουν σε βάθος τις έννοιες που διδάσκονται. Η συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης, η οποία επικεντρώθηκε στην ενσωμάτωση της STEM εκπαίδευσης στη διδακτική των φυσικών επιστημών μέσω της εκπαιδευτικής ρομποτικής και της χρήσης του Arduino, έδειξε ότι οι μαθητές βελτίωσαν σημαντικά τις γνώσεις και τις δεξιότητές τους. Η ανάλυση των δεδομένων πριν και μετά την παρέμβαση αποκάλυψε ότι οι μαθητές όχι μόνο απέκτησαν μεγαλύτερη εξοικείωση με την τεχνολογία και τον προγραμματισμό, αλλά επίσης ανέπτυξαν δεξιότητες συνεργασίας και δημιουργικής σκέψης. Η χρήση της εκπαιδευτικής ρομποτικής και η ενεργός ενασχόληση των μαθητών με τη λύση πραγματικών προβλημάτων ενισχύει την ικανότητά τους στη λήψη αποφάσεων και στην προετοιμασία τους ως ενεργοί πολίτες.

Η STEM εκπαίδευση αποδεικνύεται ιδιαίτερα αποτελεσματική, καθώς συνδέει τη θεωρία με την πράξη, ενθαρρύνει τη διερευνητική μάθηση και προσφέρει στους μαθητές ένα δυναμικό και διαδραστικό περιβάλλον μάθησης. Οι μαθητές δεν είναι απλοί αποδέκτες γνώσης, αλλά συμμετέχουν ενεργά στη διαδικασία, κατασκευάζοντας, προγραμματίζοντας και επιλύοντας πραγματικά προβλήματα. Συνολικά, η STEM εκπαίδευση αναδεικνύεται ως ένα πολύτιμο εργαλείο για τη σύγχρονη εκπαίδευση, καθώς βοηθά τους μαθητές να αναπτύξουν τις δεξιότητες και τη νοοτροπία που απαιτεί η ψηφιακή εποχή. Η επιτυχία της συγκεκριμένης παρέμβασης επιβεβαιώνει ότι η ενσωμάτωση της STEM προσέγγισης στο σχολικό περιβάλλον μπορεί να ενισχύσει το ενδιαφέρον των μαθητών για την τεχνολογία και την επιστήμη, προετοιμάζοντάς τους για το μέλλον συνδέοντας τη STEM εκπαίδευση με πραγματικές επαγγελματικές προοπτικές και δεξιότητες του 21ου αιώνα.

Βιβλιογραφία

- Barrows, H. S. (1986, November). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education: Volume 20*, σσ. 481–486.
- Brunner, J. (1996). *The Culture of Education*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Chambers, J. M., & Carbonaro, M. (2003, January). Designing, Developing, and Implementing a Course on LEGO Robotics for Technology Teacher Education. *Journal of Technology and Teacher Education*, σσ. Volume 11, Issue 2.
- DeBoer, G. E. (1991). *A History of Ideas in Science Education: Implications for Practice*. . New York: Teachers College Press.
- DeCoito, I. (2014). Focusing on Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) in the 21st Century. *Ontario Professional Surveyor*, σσ. 34-36.
- Dewey, J. (1997). *Experience and Education*. USA: Free Press.
- Ellison, N. (2024, Sept 9). *Seymour Papert South African-born mathematician and computer scientist*. Ανάκτηση από Encyclopaedia Britannica: <https://www.britannica.com/biography/Seymour-Papert>
- European Commission. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Brussels, Belgium: European Communities.
- FOUNDATION, L. (n.d.). Logo History.
- Gagne', R. M. (1975). *Essentials of Learning for Instruction*. Michigan: Dryden Press.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). *STEM Integration in K-12 education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. Wasington, DC: The National Academies Press.
- Hsu, Y., & Fang, S. (2019). *Asia - Pasific STEM Teaching Practices - From Theoretical Frameworks to Practices*. Springer.
- Ismail, L. I., Verhoeven, T., Dambre, J., & Wyffels, F. (2019, IOYNIOΣ). Leveraging Robotics Research for Children with Autism: A Review. *International Journal of Social Robotics*.
- LAUR, D. (2019). *Authentic Project-Based Learning in Grades 9–12: Standards-Based Strategies and Scaffolding for Success*. USA: Eye On Education.
- National Academies of Science Engineering Medicine. (2005). *Rising Above the Gathering Storm: Energizing and Employing America for a Brighter Economic Future*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Commission on Excellence in Education. (1983). *A Nation at Risk: The Imperative for Educational Reform. United States Department of Education*. Michigan: University of Michigan Library.
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council. (2014). *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. Washington, DC: The National Academy Press.
- Papert, S. A. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books.
- Physical Science Study Committee. (1960). *PSSC Physics*. Boston: D.C. Heath and Company.
- Plattner, H., Meinel, C., & Leifer, L. (2011). *Design thinking : understand - improve - apply*. Berlin: Springer.

- President Barack Obama. (March 23, 2015). *Fact Sheet*. Washington, DC: The White House.
- Rudolph, J. L. (2002). *Scientists in the Classroom: The Cold War Reconstruction of American Science Education*. New York: Palgrave.
- Schwab, K. (2017). *The Fourth Industrial Revolution*. New York: Crown Publishing Group.
- Sweller, J. (2011). Cognitive Load Theory. *Psychology of Learning and Motivation*. σσ. Vol. 55, pp. 37-76.
- Thomas, J. W. (2000). *A REVIEW OF RESEARCH ON PROJECT-BASED LEARNING*. San Rafael, California : The Autodesk Foundation.
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st Century Skills: Learning for Life in Our Times*. New Jersey, USA: John Wiley & Sons.
- Watson, A. D., & Watson, G. H. (2013, OCTOBER). Transitioning STEM to STEAM: Reformation of Engineering Education. *THE JOURNAL FOR QUALITY & PARTICIPATION*, σσ. 1-4.
- Yakman, G., & Lee, H. (2012, August 31). Exploring the Exemplary STEAM Education in the U.S. as a Practical Educational Framework for Korea. *Journal of The Korean Association For Science Education*, σσ. 1072-1086, Vol. 32, No.6.
- Αθανασίου, Α. (2020). *Δεξιότητες του 21ου αιώνα*. Ρόδος: Πτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Αντωνίου, Α. (2020). *Η χρήση της Ρομποτικής στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση*. Θεσσαλονίκη: Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας.
- Γκιόλμας, Α., Παπαναγιώτου, Ζ., Χαλκίδης, Α., Κατσιαμπούρα, Γ., Σκορδούλης, Κ., Μπόικος, Η., και συν. (2023). Πυρανόμετρο κατασκευασμένο με τεχνικές Εκπαιδευτικής Ρομποτικής και η «διάχυσή» του σε κοινότητα χρηστών φυσικού προγραμματισμού. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 16(1-6), 111-121.
- Δημητριάδης, Σ. (2015). *Θεωρίες μάθησης και εκπαιδευτικό λογισμικό*. ΑΘΗΝΑ: Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις.
- Καλοδήμος, Δ., & Κατσίγιαννη, Ε. (2015). Οι Δεξιότητες του 21ου Αιώνα. *ΚΕΣΥΠ Λαμίας*. Λαμία.
- Μανδρίκας, Α., Στεφανίδου, Κ., Κυριάκου, Κ., & Σκορδούλης, Κ. (2023). Scientific Practices In The Context Of STEM Education: A Case Study In Primary Education. *Journal of STEM Education: Innovation and Research*, σ. Vol. 24 No. 3.
- Ματσαγγούρας, Η. (2000). Η ομαδοσυνεργατική διδασκαλία: «Γιατί», «Πώς», «Πότε» και «για Ποιους». *Διήμερο Επιστημονικό Συμπόσιο: "Η εφαρμογή της ομαδοκεντρικής διδασκαλίας-Τάσεις και εφαρμογές"*. Θεσσαλονίκη.
- Πολίτη, Ε., Καρατράντου, Α., & Παναγιωτακόπουλος, Χ. (2021). Μελέτη της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας με μεθοδολογία STEM από μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, σσ. 14, 75-93.
- Σκορδούλης, Κ., & Στεφανίδου, Κ. (2021). *Διδακτική Μεθοδολογία των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: ΠΡΟΠΟΜΠΟΣ.
- Ψυχάρης, Σ. (2016, January). Inquiry Based-Computational Experiment, Acquisition of Threshold Concepts and Argumentation in Science and Mathematics Education. *Journal of Educational Technology & Society*, Volume 19.

Παράρτημα Α: «Ερωτηματολόγιο Έναρξης - Pretest»

1. Πόσο σου αρέσουν οι θετικές επιστήμες (Χημεία, Βιολογία, Φυσική, Μαθηματικά, Πληροφορική);
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
2. Σε τι βαθμό πιστεύεις ότι οι θετικές επιστήμες συνδέονται μεταξύ τους;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
3. Πόσο εύκολη είναι για εσένα η εκμάθηση των θετικών επιστημών;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
4. Σε τι βαθμό πιστεύεις πως μπορείς να κατανοήσεις το περιεχόμενο των θετικών επιστημών και να το συνδέσεις με την καθημερινή ζωή;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
5. Θα σε ενδιέφερε να ασχοληθείς με τον τομέα των θετικών επιστημών και της τεχνολογίας;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
6. Πόσο πιστεύεις ότι οι γνώσεις που παίρνεις από τις θετικές επιστήμες σε βοηθάνε στην επίλυση προβλημάτων που συναντάς στην καθημερινή ζωή;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
7. Γνωρίζεις τι είναι η εκπαίδευση STEM;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
8. Πόσο εξοικειωμένος/η είσαι με τη χρήση Ηλεκτρονικών Υπολογιστών (Η/Υ).
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
9. Πιστεύεις ότι εάν ο/η καθηγητής/τρια χρησιμοποιεί τεχνολογικά εργαλεία (π.χ. υπολογιστή, προτζέκτορα, κτλ.) στη διδασκαλία του, οι μαθητές/τριες κατανοούν καλύτερα το μάθημα;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
10. Πόσο σημαντικό θεωρείς στη διάρκεια των μαθημάτων στο σχολείο να έχεις την ευκαιρία να συνεργαστείς με συμμαθητές/τριές σου για μια εργασία;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
11. Πόσο άνετα νιώθεις να συνεργάζεσαι με άλλους σε ομαδικές εργασίες;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
12. Πόσο πιστεύεις ότι θα ωφεληθείς από τα μαθήματα STEM που πραγματοποιούνται στο σχολείο;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ

13. Πόσο πιστεύεις ότι θα απολαύσεις τη συμμετοχή σου στο πρόγραμμα STEM;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
14. Πόσο ενδιαφέρεσαι για την τεχνολογία και τη ρομποτική γενικότερα;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
15. Πόσο καλά γνωρίζεις το Arduino;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
16. Πόσο καλά γνωρίζεις το λογισμικό προγραμματισμού του Arduino (IDE);
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
17. Πόσο καλά γνωρίζεις και κατανοείς τη λειτουργία των αισθητήρων του Arduino;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
18. Πόσο ικανός/ή νιώθεις να κατασκευάσεις ένα απλό ηλεκτρονικό κύκλωμα;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
19. Πόσο καλά γνωρίζεις τι είναι το LED;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
20. Πόσο καλά γνωρίζεις πως συνδέεται το LED για να λειτουργήσει;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
21. Πόσο καλά γνωρίζεις τι είναι το pin;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
22. Πόσο καλά γνωρίζεις να ξεχωρίζεις το αρσενικό από το θηλυκό pin ;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
23. Πόσο άνετα αισθάνεσαι με τη γραφή κώδικα για να προγραμματίσεις μια συσκευή;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
24. Πόσο καλά γνωρίζεις τον αλγόριθμο που ακολουθεί το φανάρι κυκλοφορίας;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
25. Πόσο σε ενθαρρύνει η προοπτική να δημιουργήσεις δικά σου έργα με Arduino;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
26. Πόσο σε ενδιαφέρει να παρακολουθήσεις και άλλα σχετικά προγράμματα στο μέλλον;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
27. Πόσο θεωρείς ότι αυτά τα μαθήματα θα σε προετοιμάσουν για μελλοντικές σπουδές ή εργασία στην τεχνολογία;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ

Παράρτημα Β: «Ερωτηματολόγιο Λήξης - Posttest»

1. Πόσο σου αρέσουν οι θετικές επιστήμες (Χημεία, Βιολογία, Φυσική, Μαθηματικά, Πληροφορική);
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
2. Σε τι βαθμό πιστεύεις ότι οι θετικές επιστήμες συνδέονται μεταξύ τους;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
3. Πόσο εύκολη είναι για εσένα η εκμάθηση των θετικών επιστημών;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
4. Σε τι βαθμό πιστεύεις πως μπορείς να κατανοήσεις το περιεχόμενο των θετικών επιστημών και να το συνδέσεις με την καθημερινή ζωή;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
5. Θα σε ενδιέφερε να ασχοληθείς με τον τομέα των θετικών επιστημών και της τεχνολογίας;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
6. Πόσο πιστεύεις ότι οι γνώσεις που παίρνεις από τις θετικές επιστήμες σε βοηθάνε στην επίλυση προβλημάτων που συναντάς στην καθημερινή ζωή;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
7. Μετά την παρακολούθηση των μαθημάτων γνωρίζεις πλέον τι είναι η εκπαίδευση STEM;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
8. Μετά την παρακολούθηση των μαθημάτων πόσο εξοικειωμένος/η είσαι με τη χρήση Η/Υ ;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
9. Πιστεύεις ότι εάν ο/η καθηγητής/τρια χρησιμοποιεί τεχνολογικά εργαλεία (π.χ. υπολογιστή, προτζέκτορα, κτλ.) στη διδασκαλία του, οι μαθητές/τριες κατανοούν καλύτερα το μάθημα;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
10. Πόσο σημαντικό θεωρείς στη διάρκεια των μαθημάτων στο σχολείο να έχεις την ευκαιρία να συνεργαστείς με συμμαθητές/τριές σου για μια εργασία;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
11. Πόσο άνετα νιώθεις να συνεργάζεσαι με άλλους σε ομαδικές εργασίες;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
12. Πόσο θεωρείς ότι ωφελήθηκες από τα μαθήματα STEM που πραγματοποιήθηκαν στο σχολείο;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ

13. Πόσο θεωρείς ότι απόλαυσες τη συμμετοχή σου στο πρόγραμμα STEM;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
14. Πόσο ενδιαφέρεσαι για την τεχνολογία και τη ρομποτική γενικότερα;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
15. Μετά την παρακολούθηση των μαθημάτων πόσο καλά γνωρίζεις το Arduino;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
16. Τώρα πόσο καλά γνωρίζεις το λογισμικό προγραμματισμού του Arduino (IDE);
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
17. Τώρα πόσο καλά γνωρίζεις και κατανοείς τη λειτουργία των αισθητήρων του Arduino;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
18. Τώρα πόσο ικανός/ή νιώθεις να κατασκευάσεις ένα απλό ηλεκτρονικό κύκλωμα;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
19. Μετά την παρακολούθηση των μαθημάτων πόσο καλά γνωρίζεις τι είναι το LED;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
20. Τώρα πόσο καλά γνωρίζεις πως συνδέεται το LED για να λειτουργήσει;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
21. Μετά την παρακολούθηση των μαθημάτων πόσο καλά γνωρίζεις τι είναι το pin;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
22. Τώρα πόσο καλά γνωρίζεις να ξεχωρίζεις το αρσενικό από το θηλυκό pin ;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
23. Τώρα πόσο άνετα αισθάνεσαι με τη γραφή κώδικα για να προγραμματίσεις μια συσκευή;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
24. Τώρα πόσο καλά γνωρίζεις τον αλγόριθμο που ακολουθεί το φανάρι κυκλοφορίας;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
25. Πόσο σε ενθαρρύνει η προοπτική να δημιουργήσεις δικά σου έργα με Arduino;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
26. Πόσο σε ενδιαφέρει να παρακολουθήσεις και άλλα σχετικά προγράμματα στο μέλλον;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ
27. Πόσο θεωρείς ότι αυτά τα μαθήματα θα σε προετοιμάσουν για μελλοντικές σπουδές ή εργασία στην τεχνολογία;
1-καθόλου, 2-λίγο, 3- μέτρια, 4- αρκετά, 5- πάρα πολύ

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.