



STEM διδακτικές δραστηριότητες προγραμματισμού, κατασκευών και physical computing

Διπλωματική εργασία

Γκουργκούτας Χαράλαμπος

Επιβλέπων καθηγητής: Σταμούλης Γεώργιος

Φεβρουάριος 2023

Υπεύθυνη δήλωση περί ακαδημαϊκής δεοντολογίας και πνευματικών δικαιωμάτων

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ρητά ότι η παρούσα διπλωματική εργασία, καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας αυτής, αποτελούν αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλουν οποιασδήποτε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχουν 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. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή/και πηγές άλλων συγγραφέων αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας την διπλωματική μου εργασία θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή πρώτης βαθμίδας και Κοσμήτορα της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Γεώργιο Σταμούλη, που είχε την επίβλεψη της διπλωματικής αυτής εργασίας, όχι μόνο για την ουσιαστική καθοδήγηση που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκειά της, αλλά και για την απεριόριστη υποστήριξη του, μέσω του θεσμού του συμβούλου καθηγητή, από την πρώτη στιγμή που έγινε η εισαγωγή μου στο Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, ενθαρρύνοντας με να ξεπεράσω κάθε εμπόδιο και στηρίζοντας κάθε προσπάθειά μου.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Ψηφιακών Συστημάτων της Σχολής Τεχνολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Απόστολο Ξενάκη για την πλούσια βιβλιογραφία που έθεσε υπόψη μου σχετικά με τα περιβάλλοντα εκπαίδευσης STEM και την υποστήριξή του σε όλα τα στάδια υλοποίησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Ιδιαίτερα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή του 1^{ου} Πειραματικού Γυμνασίου Βόλου, Ηλεκτρολόγο Μηχανικό και υπονήφιο Διδάκτορα του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Αντώνιο Πλαγερά για την αμέριστη βοήθεια και υποστήριξή του στην υλοποίηση της εκπαιδευτικής έρευνας και στην ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου και τις ευχαριστίες μου στους γονείς μου, σταθερούς και αθόρυβους συμπαραστάτες σε όλα τα βήματα της ζωής μου μέχρι σήμερα.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	3
Περίληψη	5
1. Εισαγωγή.....	6
2. Το εκπαιδευτικό περιβάλλον STEM	7
2.1 Η παιδαγωγική διάσταση του STEM	9
3. Πώς μαθαίνουν οι μαθητές	10
4. Η μεθοδολογία της έρευνας	11
5. Σχεδιασμός και οργάνωση της διδακτικής παρέμβασης	12
5.1 Τα χαρακτηριστικά του νέου μαθησιακού περιβάλλοντος	12
5.2 Το εποπτικό και εργαστηριακό υλικό	13
5.2.1 Η πλακέτα Arduino	14
5.2.2 ΤοArduBlock	14
5.2.3 ΤοTinkercard	16
5.2.4 Εξαρτήματα και υλικά που απαιτήθηκαν	16
5.3 Οι ενότητες της διδακτικής παρέμβασης	19
5.3.1 Οι δραστηριότητες της 1 ^{ης} διδακτικής ενότητας	21
5.3.2 Οι δραστηριότητες της 2 ^{ης} διδακτικής ενότητας	23
5.3.3 Οι δραστηριότητες της 3 ^{ης} διδακτικής ενότητας	25
6. Αποτελέσματα - Συμπεράσματα	28
Βιβλιογραφία	31
Ξένη Βιβλιογραφία	31
Ελληνική Βιβλιογραφία	33

Περίληψη

Οι μεγάλες κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές αλλαγές μέσα στις δύο τελευταίες δεκαετίες και η πολυπλοκότητα τους σε παγκόσμιο επίπεδο, οδήγησε σε μια διαδικασία ενσωμάτωσης της επιστήμης, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών απαιτώντας νέες δεξιότητες για τους πολίτες του 21^{ου} αιώνα, όπως ο ψηφιακός και ο τεχνολογικός αλφαριθμητισμός, η υπολογιστική σκέψη και ο προγραμματισμός. Η εισαγωγή της μεθοδολογίας STEM στην εκπαίδευση αποτελεί μια καινοτόμο και διεπιστημονική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης που συνδυάζει και εφαρμόζει σε επίπεδο τάξης τις τέσσερις παραπάνω επιστήμες, θέτοντας σε εφαρμογή τις εκπαιδευτικές πολιτικές STEM των αναπτυγμένων χωρών, οι οποίες χαρακτήρισαν την επιστημολογία STEM ως υψηλής προτεραιότητας για την εκπαίδευση των μαθητών και των μαθητριών όλων των βαθμίδων εκπαίδευσης. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο σχεδιασμός, η υλοποίηση και η αξιολόγηση μιας διδακτικής παρέμβασης εποικοδομητικού και συνεργατικού τύπου σε εκπαιδευτικό περιβάλλον STEM για μαθητές και μαθήτριες της Γ΄ τάξης του Γυμνασίου, έχοντας κάνει χρήση των αρχών που διέπουν την σύγχρονη παιδαγωγική επιστήμη και την διδακτική. Παράλληλα με το βαθμό κατανόησης των εννοιών που μελετήθηκαν, διερευνήθηκε και ο βαθμός συνεργασίας, επικοινωνίας και ικανοποίησης των μαθητών/ριών μέσα στο νέο αυτό εκπαιδευτικό περιβάλλον. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι υπήρξαν σημαντικά οφέλη για τους/ις μαθητές/ριες τόσο σε μαθησιακό επίπεδο όσο και σε επίπεδο ανάπτυξης νέων δεξιοτήτων σε ατομικό και συλλογικό επίπεδο.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: επιστημολογία STEM, μοντελοποίηση, προγραμματισμός με Arduino, ArduBlock, συνεργατική μάθηση.

1. Εισαγωγή

Στον σύγχρονο κόσμο η χρήση της τεχνολογίας και των ψηφιακών μέσων είναι συνυφασμένη με την καθημερινότητα των ανθρώπων. Οι νέες γενιές εκπαιδεύονται από πολύ νωρίς στη χρήση τους τόσο στο οικογενειακό όσο και στο ευρύτερο κοινωνικό περιβάλλον, αποκτώντας δεξιότητες πολύ διαφορετικές από αυτές που απαιτούνταν να αποκτήσουν οι παλαιότερες γενιές. Η σύγχρονη πραγματικότητα επέβαλε αλλαγές στους βασικούς στόχους της εκπαίδευσης, η οποία αποτυπώνεται στα αναλυτικά προγράμματα και στα προγράμματα σπουδών των αναπτυγμένων χωρών ανά την υφήλιο. Έτσι, ο ψηφιακός και ο τεχνολογικός αλφαριθμητισμός, η υπολογιστική σκέψη και ο προγραμματισμός των ηλεκτρονικών υπολογιστών έχουν ενταχθεί ήδη στις δεξιότητες που πρέπει να χαρακτηρίζουν τον πολίτη του 21^{ου} αιώνα (Binkley et al., 2012).

Η αλλαγή αυτή έφερε γενικότερες αλλαγές στον τομέα της εκπαίδευσης, καθώς νέες αξίες αναδείχθηκαν όπως η συνεργατικότητα, η ανάπτυξη κριτικής και δημιουργικής σκέψης, η ανάπτυξη επικοινωνιακών δεξιοτήτων, κλπ. Σε αυτή την κατεύθυνση συνέβαλαν και οι έρευνες που διεξήχθησαν γύρω από την εγκεφαλική λειτουργία σε σχέση με το φαινόμενο της μάθησης και τη λειτουργία της μνήμης που διαμόρφωσαν τις σύγχρονες θεωρίες μάθησης και τις σύγχρονες διδακτικές προσεγγίσεις (Schunk, 2012). Αναπτύχθηκαν έτσι νέα περιβάλλοντα μάθησης και νέα εκπαιδευτικά προγράμματα που λαμβάνουν υπόψη τους τις μελέτες αυτές, που περιγράφουν το πώς γίνεται η οικοδόμηση της νέας γνώσης (Novak, 1993), καθώς και τη σημασία των προϋπαρχουσών εμπειριών και αντιλήψεων στην οικοδόμηση αυτή (Ausubel, 1963; Ausubel, 1968; Novak, 1984). Επιπλέον καταδεικνύουν τους παράγοντες που συμβάλλουν θετικά στην ανάπτυξη θεμελιωδών δεξιοτήτων για την μελλοντική τους πορεία, όπως η εφευρετικότητα, η προσαρμοστικότητα, η ανάπτυξη της μαθηματικής σκέψης και η ικανότητα επίλυσης προβλημάτων (OECD, 2003, 2009).

Η εκπαίδευση STEM αποτελεί ένα δυναμικό περιβάλλον μάθησης και εκπαίδευσης το οποίο βοηθά τους εκπαιδευόμενους κάθε ηλικίας, να εμπλουτίσουν αλλά και να μετασχηματίσουν προϋπάρχουσες γνώσεις και εμπειρίες τους, επιλύοντας προβλήματα και εξάγοντας συμπεράσματα, εφαρμόζοντας αρχές που έμαθαν στους τομείς των Φυσικών Επιστημών (Science), της Τεχνολογίας (Technology), της Μηχανικής (Engineering) και των Μαθηματικών (Mathematics) [NRC, 2011], από τα αρχικά των οποίων πήρε και το όνομά της το 2001 από το National Science Foundation (NSF) των ΗΠΑ [Bybee, 2010]. Επομένως η εκπαίδευση STEM αποτελεί μια καινοτόμο και διεπιστημονική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης που συνδυάζει και εφαρμόζει σε επίπεδο τάξης τις τέσσερις παραπάνω επιστήμες, παράγοντας νέο εκπαιδευτικό υλικό και προάγοντας παράλληλα τη δημιουργικότητα, την κριτική σκέψη και την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων των εκπαιδευομένων. Ταυτόχρονα οι εκπαιδευόμενοι μαθαίνουν να συνεργάζονται,

να επικοινωνούν και να καινοτομούν μέσα από τη σχεδίαση και κατασκευή νέων προϊόντων, όπως ακριβώς συμβαίνει και στην πραγματική οικονομία.

Στην εργασία αυτή γίνεται μία προσπάθεια να σχεδιαστεί, να υλοποιηθεί και να αξιολογηθεί μια διδακτική παρέμβαση επικοινωνιακού και συνεργατικού τύπου στο πλαίσιο των μαθημάτων της Τεχνολογίας και της Πληροφορικής της Γ΄ Γυμνασίου σε εκπαιδευτικό περιβάλλον STEM. Σκοπός της είναι να αναδείξει τις δυνατότητες που παρέχει ένα τέτοιο καινοτόμο περιβάλλον σε μαθητές της βασικής εκπαίδευσης και όχι μόνο, βοηθώντας τους να αποκτήσουν δεξιότητες της Επιστήμης Υπολογιστών και ειδικότερα δεξιότητες τόσο στους τομείς των αλγορίθμων όσο και της σχεδίασης, ανάλυσης και κατασκευής υλικού αυτοματοποιημένων υπολογιστικών συστημάτων για τη μηχανική εκτέλεση αλγορίθμων. Σημαντικό τμήμα της είναι η εισαγωγή και ενασχόληση των μαθητών με τον προγραμματισμό που αποτελεί ένα βασικό κομμάτι της Επιστήμης Υπολογιστών, όχι ως αυτοσκοπό, αλλά ως βασική δεξιότητα των πολιτών του 21^{ου} αιώνα στην καθημερινή τους ζωή.

Στη συνέχεια, θα περιγραφεί και θα αναλυθεί το εκπαιδευτικό περιβάλλον STEM, η παιδαγωγική του διάσταση και η σημαντική συμβολή του στην κατανόηση, στην εμπέδωση και γενικότερα στην αφομοίωση της επιστημονικής γνώσης, σύμφωνα με τις υπάρχουσες θεωρίες για τα σύγχρονα περιβάλλοντα μάθησης και τη παραγωγή εκπαιδευτικού υλικού μέσα σε αυτά. Τέλος, θα περιγραφεί και θα αναλυθεί η καινοτόμος διδακτική παρέμβαση που σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, καθώς και τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από αυτήν.

2. Το εκπαιδευτικό περιβάλλον STEM

Η βιολόγος Judith A. Ramaley ήταν η πρώτη που χρησιμοποίησε τον όρο STEM το 2001 στις ΗΠΑ, όταν συμπεριέλαβε σε μία ενοποιημένη διδασκαλία τις Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία, την Μηχανική και τα Μαθηματικά. Λίγο αργότερα, το 2009, ο πρόεδρος Μπαράκ Ομπάμα έχοντας ως στόχο να ωθήσει τους φοιτητές στις ΗΠΑ σε υψηλά επιστημονικά και μαθηματικά επιτεύγματα και στην καινοτομία, επένδυσε στην αύξηση της εκπαίδευσης STEM, προετοιμάζοντας 100.000 νέους εκπαιδευτικούς μέχρι το 2021 για να την εφαρμόσουν. Το πρόγραμμά του που ονομάστηκε “Educate to Innovate” συνδυάστηκε με την ανάδειξη και την προώθηση της Υπολογιστικής Επιστήμης, η οποία αξιοποιεί τον προγραμματισμό στις επιστήμες του STEM με ένα τριτοβάθμιο ολιστικό για να επιλύει αυθεντικά προβλήματα. Παράλληλα, το Εθνικό Ίδρυμα Επιστημών (National Science Foundation) των ΗΠΑ έθεσε δύο βασικούς στόχους: α) την ενίσχυση των τεχνολογικών και μηχανικών αλλαγών σε εθνικό επίπεδο για να είναι παγκοσμίως ανταγωνιστική η χώρα και β) την γνωριμία των βασικών αρχών της επιστημολογίας STEM σε κάθε μαθητή και σε

κάθε σπουδαστή στις ΗΠΑ, έτσι ώστε να καταστεί εγγράμματος πολίτης και να είναι σε θέση όταν ενηλικιωθεί να βρει μια αξιοπρεπή θέση εργασίας. Το 2014 ιδρύθηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο το Εθνικό Κέντρο STEM (National STEM Centre) με σκοπό να παρέχει δωρεάν διαδικτυακά εργαλεία και πηγές για την εκπαίδευση μαθητών και εκπαιδευτικών στην πρακτική STEM. Το γεγονός αυτό οδήγησε την Ευρωπαϊκή Ένωση να πραγματοποιήσει μια σειρά ερευνών που κατέγραψαν τις χαμηλές επιδόσεις των μαθητών και των μαθητριών σε θέματα Φυσικών Επιστημών και Μαθηματικών, καθώς και την αδυναμία των εκπαιδευτικών να εκπαιδεύσουν τους/ις μαθητές/ριες σε δραστηριότητες STEM, αφού και οι ίδιοι δεν ήταν καταρτισμένοι (European Commission, 2015). Τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών επηρέασαν με τη σειρά τους τη χάραξη της εκπαιδευτικής πολιτικής όλων των χωρών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο να εισάγουν στα εκπαιδευτικά τους συστήματα την εκπαίδευση STEM, αφού την έθεσε και επίσημα ως προτεραιότητα σε όλη την Ευρώπη (European Parliament, 2015). Το 2017 ο πρόεδρος D. J. Trump με προεδρικό μνημόνιο εισήγαγε στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση την εκπαίδευση STEM και την Επιστήμη Υπολογιστών με σκοπό να εφοδιάσει τους Αμερικανούς με δεξιότητες που θα τους έδιναν πρόσβαση σε καλές και σταθερές δουλειές.

Στην Ελλάδα, τα τελευταία χρόνια άρχισαν να υλοποιούνται κάποιες δράσεις, κυρίως από ιδιωτικά σχολεία, πάνω στην εκπαίδευση STEM, ενώ ελάχιστα Πανεπιστήμια, μεταξύ αυτών και το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, δημιούργησαν μεταπτυχιακά προγράμματα και προγράμματα ετήσιας επιμόρφωσης για να επιμορφώσουν κυρίως εκπαιδευτικούς που με τη σειρά τους θα εισήγαγαν πρακτικές STEM σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Ήδη από το 2018, αρκετά δημόσια σχολεία ξεκίνησαν να υλοποιούν δράσεις και ανάλογα projects προσανατολισμένα στην επιστημολογία STEM μέσα από τα ευρωπαϊκά προγράμματα e Twinning και Erasmus, ενώ το 2021 το STEM εντάχθηκε επίσημα στα προγράμματα σπουδών (ΑΠΣ) της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης μέσω του πλαισίου προγράμματος σπουδών των Εργαστηρίων Δεξιοτήτων (ΦΕΚ 3567/4-8-2021). Επιπλέον, πολλοί ιδιώτες επένδυσαν επιχειρηματικά στη δημιουργία ιδιωτικών κέντρων εκμάθησης εκπαιδευτικής ρομποτικής και STEM, καθώς πολλοί γονείς επιλέγουν πια αυτού του είδους τις δραστηριότητες για να απασχολήσουν δημιουργικά τα παιδιά τους στον ελεύθερο χρόνο τους. Τέλος, το 2017 ιδρύθηκε το μη κερδοσκοπικό επιστημονικό σωματείο με το όνομα Ελληνική Εκπαιδευτική Ένωση STEM (E3STEM) με σκοπό την ανάπτυξη της επιστημολογίας του STEM σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, την ανάπτυξη της μεθοδολογίας εφαρμογής του STEM, αλλά και υπολογιστικών και τεχνολογικών εργαλείων, εκπαιδευτικών αντικειμένων και εφαρμογών που σχετίζονται με το STEM.

2.1 Η παιδαγωγική διάσταση του STEM

Η επιστημολογία του STEM αξιοποιεί εργαλεία από διάφορα επιστημονικά πεδία με ένα ολιστικό, διεπιστημονικό τρόπο, μεταφέροντας έννοιες, μοντέλα και μεθοδολογικές προσεγγίσεις από τα πεδία αυτά. Αν και η εκπαίδευση STEM επικεντρώθηκε αρχικά στην ενοποίηση της διδασκαλίας των επιστημονικών αυτών πεδίων, δηλαδή των Φυσικών Επιστημών, των Μαθηματικών, της Τεχνολογίας και της Μηχανικής με στόχο τα καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα στους τομείς αυτούς, γρήγορα έγινε κατανοητό ότι «η ανάπτυξη ενός εννοιολογικού πλαισίου για την εκπαίδευση STEM απαιτεί βαθιά κατανόηση της πολυπλοκότητας που περιβάλλει τον τρόπο με τον οποίο μαθαίνουν οι άνθρωποι, ειδικά όταν διδάσκονται και μαθαίνουν STEM» (Kelley & Knowles, 2016). Η έρευνα επίσης έδειξε ότι η διδασκαλία της εκπαίδευσης STEM ενισχύεται όταν ο εκπαιδευτικός έχει επαρκή γνώση και του περιεχομένου των επιμέρους αντικειμένων αλλά και του τομέα της παιδαγωγικής επιστήμης (Nadelson et al., 2012).

Βασικός προσανατολισμός της επιστημολογίας του STEM, που στηρίζεται στην εγκάρσια διεπιστημονικότητα (transdisciplinary), είναι η επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων που συναντώνται στην καθημερινή ζωή με την αξιοποίηση εργαλείων που προσφέρουν διάφορα επιστημονικά πεδία. Με τον τρόπο αυτό συνδέεται η νέα γνώση που αποκτούν οι μαθητές και οι μαθήτριες με εφαρμογές του πραγματικού κόσμου, γεγονός που δεν είναι πάντα κατανοητό σ' αυτούς/ές. Επιπλέον, η εκπαίδευση με δραστηριότητες STEM οδηγεί μέσα από τη δημιουργία συνδέσεων μεταξύ φαινομενικά ασύνδετων πληροφοριών που τους είναι ήδη γνωστές, στη διεύρυνση της σκέψης τους και στην πρόταση καινοτόμων και δημιουργικών λύσεων, όταν αντιμετωπίζουν μία κατάσταση προβληματισμού. Παράλληλα κινεί το ενδιαφέρον τους καθώς οι δραστηριότητες STEM προσεγγίζουν τα προβλήματα διερευνητικά, είναι βασισμένες στο ανακαλυπτικό μοντέλο διδασκαλίας και έχοντας ενσωματώσει την επιστήμη των μηχανικών και τις ιδιαιτερότητες της, εστιάζουν σ' αυτό που ονομάζουμε design thinking στην εκπαίδευση, δηλαδή μια προσέγγιση στη μάθηση, στη συνεργασία και στην επίλυση προβλημάτων (problem solving learning), η οποία συνδέεται άμεσα με την Υπολογιστική Σκέψη. Στην πράξη, η διαδικασία του design thinking είναι ένα δομημένο πλαίσιο που εντοπίζει τις προκλήσεις, συλλέγει πληροφορίες, δημιουργεί πιθανές λύσεις, βελτιώνει τις αρχικές ιδέες και δοκιμάζει λύσεις (Psycharis, 2018).

Επομένως, ένα αναλυτικό πρόγραμμα που στηρίζεται στην επιστημολογία STEM αποτελεί ιδανική λύση για την επίτευξη καλύτερων μαθησιακών αποτελεσμάτων μέσω βιωματικής μάθησης (Plageras, 2019) από τη μια και εκπαίδευση σε δεξιότητες υψηλού επιπέδου από την άλλη, όπως η επικοινωνία, η συνεργατικότητα, η ικανότητα επίλυσης προβλημάτων, η ανάπτυξη κριτικής σκέψης και η δημιουργικότητα. Καθώς όλα τα παραπάνω συνδυάζονται με τις καθημερινές εμπειρίες των

μαθητών/ριών προσδίδει κίνητρα για μάθηση, αυξάνει την αυτοπεποίθησή τους και δημιουργεί συναισθήματα ευχαρίστησης και ενθουσιασμού.

3. Πώς μαθαίνουν οι μαθητές

Από την ανασκόπηση της διεθνούς και της ελληνικής βιβλιογραφίας γνωρίζουμε ότι η μάθηση και η γνωστική εξέλιξη ενός ανθρώπου προσδιορίζονται κοινωνικά (Vygotsky, 1978) και δεν πραγματοποιούνται σε κοινωνικό ή πολιτισμικό κενό (Mercer, 1995). Ο κοινωνικός εποικοδομητισμός είναι μια θεωρία μάθησης που ενσωματώνει τις παραπάνω παραδοχές και υποστηρίζει ότι η γνώση δεν μεταβιβάζεται ούτε μεταφέρεται από άτομο σε άτομο με παθητική αποδοχή όσων διδάσκει ένας εκπαιδευτικός (Driver, 1989), αλλά οικοδομείται εσωτερικά μέσω της κοινωνικής αλληλεπίδρασης. Η ενεργοποίηση της μάθησης γίνεται όταν οι μαθητές και οι μαθήτριες αναλαμβάνουν δράση για την επίλυση προβλημάτων (Wheatley, 1991). Κάθε νέα δεξιότητα αναπτύσσεται πρώτα σε διαπροσωπικό επίπεδο μέσα από το διάλογο με κάποιο πιο έμπειρο και στη συνέχεια η νέα δεξιότητα εσωτερικεύεται σταδιακά από τον ίδιο το/η μαθητή/ρια. Όταν οι μαθητές/ριες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους ενεργοποιούνται εγκεφαλικές γνωστικές διεργασίες που επεξεργάζονται κάθε νέα πληροφορία κι έτσι οικοδομούν τη νέα γνώση, δηλαδή ο διάλογος μεταξύ των μαθητών/ριών ενεργοποιεί μηχανισμούς μάθησης.

Η καρδιά του κοινωνικού εποικοδομητισμού είναι η συνεργατική μάθηση (Κόκοτας & Πήλιουρας, 2003). Ένας μεγάλος αριθμός ερευνών έχει δείξει ότι η συνεργατική μάθηση κινητοποιεί τους/ις μαθητές/ριες, αναπτύσσει τη σκέψη και την κοινωνικότητα τους και αναπτύσσει τις γνωστικές και μεταγνωστικές τους δεξιότητες (Σταυρίδου, 2000). Η διάδραση μέσα σε μία ομάδα εργασίας διευκολύνεται εκτός από τη χρήση της γλώσσας και από τη διαμεσολάβηση εργαλείων και τεχνημάτων, τα οποία ενισχύουν την οικοδόμηση της γνώσης μεταξύ των συνεργατών (Stahl, 2002). Τέτοια εργαλεία μπορούν να θεωρηθούν και οι ψηφιακές τεχνολογίες, όπως τα λογισμικά μοντελοποίησης και προσομοίωσης, οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, οι κατασκευές STEM, κλπ. Ο J. Dewey ήταν ο πρώτος που τεκμηρίωσε θεωρητικά και εφάρμοσε συνεργατικές στρατηγικές για την οργάνωση μιας τάξης, ενώ παράλληλα επεδίωξε την εφαρμογή της διερευνητικής μάθησης.

Εξίσου, σημαντική για την επίτευξη της μάθησης είναι η επιλογή των δραστηριοτήτων, οι οποίες πρέπει να είναι κατάλληλες για την ηλικία των μαθητών/ριών, αλλά και να έχουν σχέση με τα βιώματα και την καθημερινή τους ζωή, ώστε να έχει νόημα η ενασχόλησή τους με αυτές (Βοσνιάδου, 2001). Οι δραστηριότητες πρέπει να δομούνται με αυξανόμενο βαθμό δυσκολίας έτσι ώστε οι μαθητές/ριες να διευρύνουν το γνωστικό τους πεδίο και να αποκτούν μεγαλύτερη εμπειρία. Ωστόσο, οι στόχοι πρέπει να είναι ρεαλιστικοί και στο πλαίσιο των δυνατοτήτων τους, για να είναι εφικτή η επιτυχία και να αυξάνονται έτσι τα εσωτερικά κίνητρα, η επιμονή και η

αποφασιστικότητα τους στη διεκπεραίωση του έργου. Η ενεργοποίηση των εσωτερικών κινήτρων είναι πολύ σημαντική για τη διαδικασία της μάθησης.

Εμπόδιο για την αφομοίωση της νέας γνώσης αποτελούν οι προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών/ριών που πολύ συχνά είναι είτε λανθασμένες είτε δεν έχουν κατανοηθεί επαρκώς. Έτσι όταν έρχονται σε επαφή με τη νέα γνώση μπαίνουν σε μια διαδικασία γνωστικής σύγκρουσης μεταξύ της παλιάς και της νεοαποκτηθείσας γνώσης. Η αναδιοργάνωση της γνωστικής δομής δεν είναι μια εύκολη διαδικασία, ενώ πολύ συχνά οι μαθητές/ριες επιστρέφουν στις λανθασμένες τους απόψεις μετά από λίγο χρονικό διάστημα, διαμορφώνοντας έτσι λανθασμένες αντιλήψεις. Είναι λοιπόν σημαντικό η επιστημονική γνώση να παρουσιάζεται με σαφήνεια και να εξηγείται επαρκώς με πολλά παραδείγματα και με τη χρήση μοντέλων (Justi & Gilbert, 2002; Psycharis, Kalovrektis & Xenakis, 2020) έτσι ώστε να μπορεί η νέα εμπειρία να ενσωματώνεται και να τροποποιείται η προϋπάρχουσα γνώση (Thompson, 1985). Εξίσου σημαντική για να επιτευχθεί η εννοιολογική αλλαγή είναι η διαμόρφωση κατάλληλων αναλυτικών προγραμμάτων που άπτονται των ενδιαφερόντων των μαθητών/ριών, περιλαμβάνουν θέματα και υλικά που κινούν το ενδιαφέρον τους και εξάπτουν τη φαντασία τους και υλοποιούνται μέσα σε κατάλληλα διαμορφωμένα περιβάλλοντα μάθησης.

4. Η μεθοδολογία της έρευνας

Από τη μελέτη της βιβλιογραφίας εξήχθησαν χρήσιμα συμπεράσματα τόσο για τις δυνατότητες του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος STEM όσο και για τον τρόπο που η γνώση αυτή αφομοιώνεται από τους μαθητές και τις μαθήτριες. Όλα τα παραπάνω ελήφθησαν υπόψη για το σχεδιασμό και την υλοποίηση μιας καινοτόμου διδακτικής παρέμβασης στο μάθημα της Πληροφορικής και της Τεχνολογίας της Γ΄ Γυμνασίου, με κατασκευή και χρήση κατασκευών STEM που πραγματοποίησαν οι ίδιοι/ες οι μαθητές/ριες. Συγκεκριμένα, υλοποιήθηκαν τρεις δίωρες διδασκαλίες εποικοδομητικού και συνεργατικού τύπου, μία δίωρη ανά εβδομάδα, στις οποίες οι μαθητές/ριες την πρώτη ώρα επιδόθηκαν στις κατασκευές και την δεύτερη ώρα τις προγραμματίσαν για να λειτουργήσουν, κάνοντας χρήση προηγούμενων γνώσεων και αποκτώντας ταυτόχρονα νέες, μέσα από τη δυνατότητα που θα τους/ις δόθηκε να τις εφαρμόσουν στην πράξη σε ένα νέο περιβάλλον εργασίας. Σύμφωνα με το πρόγραμμα σπουδών του Γυμνασίου, στο ωρολόγιο πρόγραμμα προβλέπεται μία ώρα Τεχνολογίας και μία ώρα Πληροφορικής εβδομαδιαίως, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για τρεις συνεχείς εβδομάδες για την υλοποίηση της διδακτικής αυτής παρέμβασης. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές και οι μαθήτριες κατά την πρώτη ώρα της Τεχνολογίας εκπαιδεύονταν αρχικά στο σχεδιασμό με το λογισμικό Tinkercard και στη συνέχεια με τη χρήση της τεχνολογίας Arduino και άλλων υλικών, στη συνδεσμολογία και στη γενικότερη κατασκευή διαφόρων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Κατά τη δεύτερη ώρα της Πληροφορικής, μάθαιναν πώς να

προγραμματίζουν την πλακέτα Arduino με τη βοήθεια ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή και του προγραμματιστικού περιβάλλοντος ArduBlock, ώστε να θέτουν σε λειτουργία τις κατασκευές αυτές. Σταδιακά οι μαθητές και οι μαθήτριες εκπαιδεύονταν στην κατασκευή και στον προγραμματισμό όλο και πολυπλοκότερων έργων, που βρίσκουν εφαρμογές στην καθημερινή ζωή, γεγονός που έκανε το όλο εγχείρημα πιο ελκυστικό. Η διδασκαλία πραγματοποιήθηκε σε συνεργασία με τους εκπαιδευτικούς Πληροφορικής και Τεχνολογίας των τμημάτων και έλαβαν μέρος εκατό (100) μαθητές και μαθήτριες της Γ΄ τάξης δημόσιου Γυμνασίου της πόλης του Βόλου.

Οι στόχοι της έρευνας ήταν: α) Να σχεδιαστεί, να υλοποιηθεί και να αξιολογηθεί μια διδακτική παρέμβαση εποικοδομητικού και συνεργατικού τύπου στο πλαίσιο των μαθημάτων της Τεχνολογίας και της Πληροφορικής σε εκπαιδευτικό περιβάλλον STEM ώστε να βοηθήσει τους μαθητές και τις μαθήτριες της Γ΄ Γυμνασίου να προάγουν τις υπάρχουσες γνώσεις τους σε θέματα Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας, Μηχανικής και Προγραμματισμού και να τις εφαρμόσουν στην πράξη μέσα από δραστηριότητες που σχετίζονται με την καθημερινή ζωή και β) Να διαπιστωθεί ο βαθμός κατανόησης των εννοιών που μελετήθηκαν κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης με τη δημιουργία απόψεων επιστημονικά αποδεκτών, αλλά και ο βαθμός συνεργασίας, επικοινωνίας και ικανοποίησης των μαθητών/ριών μέσα στο νέο αυτό εκπαιδευτικό περιβάλλον.

Για την αξιολόγηση της διδακτικής παρέμβασης σχεδιάστηκε ένα δομημένο ερωτηματολόγιο με ερωτήσεις ανοικτού και κλειστού τύπου, το οποίο δόθηκε στους μαθητές στο τέλος της διδακτικής αυτής παρέμβασης, με σκοπό να αποτυπώσει τόσο τα μαθησιακά αποτελέσματα όσο και την ικανοποίηση των μαθητών από όλη τη διαδικασία υλοποίησής της σε σχέση με ένα παραδοσιακό περιβάλλον διδασκαλίας.

5. Σχεδιασμός και οργάνωση της διδακτικής παρέμβασης

Στην συνέχεια θα παρουσιάσουμε το νέο αναλυτικό πρόγραμμα της διδακτικής παρέμβασης που σχεδιάσαμε, διάρκειας τριών δίωρων διδακτικών ενοτήτων. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται και αναλύονται τα χαρακτηριστικά του νέου μαθησιακού περιβάλλοντος που σχεδιάστηκε για την υλοποίηση της διδακτικής παρέμβασης, το εποπτικό και εργαστηριακό υλικό που χρησιμοποιήθηκε, καθώς και το περιεχόμενο των τριών διδακτικών ενοτήτων.

5.1 Τα χαρακτηριστικά του νέου μαθησιακού περιβάλλοντος

Για την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης σχεδιάστηκε ένα καινοτόμο μαθησιακό περιβάλλον που έλαβε υπόψη του τις αρχές της θεωρίας του κοινωνικού εποικοδομητισμού (Wheatly, 1991; Driver & Oldham, 1986; Duit & Treagust, 1998; Vygotsky, 1978), της συνεργατικής μάθησης (Johnson & Johnson, 1990; Cohen, 1994; Lazarowitz & Hertz –Lazarowitz, 1998) και της συστημικής προσέγγισης της διδασκαλίας (Carr et al., 1998; Harty, 1993).

Για τις ανάγκες της διδασκαλίας οι μαθητές και οι μαθήτριες χωρίστηκαν σε ομάδες των 4 – 5 ατόμων, οι οποίες ήταν μικτές ως προς το φύλο, την εθνικότητα και την επίδοση και ο χώρος της τάξης διευθετήθηκε ανάλογα. Κάθε ομάδα είχε στη διάθεσή της ένα πάγκο εργασίας που σχηματίστηκε με τη συνένωση θρανίων, ένα λάπτοπ εφοδιασμένο με τα κατάλληλα λογισμικά και προγράμματα και τα εξαρτήματα και τα υλικά που απαιτούνταν για την κάθε κατασκευή. Αντίστοιχα, ο εκπαιδευτικός είχε στη διάθεσή του πάνω στην έδρα του ένα λάπτοπ και ένα προβολικό μηχάνημα, έτσι ώστε να προβάλλει στον λευκοπίνακα σχέδια, εικόνες ή εντολές προγραμματισμού, διευκολύνοντας το έργο των μαθητών και των μαθητριών. Τον υπόλοιπο διαθέσιμο χρόνο περιφέρονταν από ομάδα σε ομάδα ώστε να παρατηρεί ή να διευκολύνει το έργο τους απαντώντας στις ερωτήσεις – απορίες που του διατύπωναν. Με τον τρόπο αυτό ήταν σε θέση να ακούει τις απόψεις που εξέφραζαν οι μαθητές/ριες μέσα σε κάθε ομάδα, τις αιτιολογήσεις των επιλογών που έκαναν στις διάφορες φάσεις των κατασκευών και του προγραμματισμού τους, αλλά και τον τρόπο που ξεπερνούσαν τις δυσκολίες που αντιμετώπιζαν κατά την εκτέλεση των έργων που τους ανατέθηκαν.

Συνεπώς, στο πλαίσιο της συστημικής προσέγγισης της διδασκαλίας επιχειρήθηκαν αλλαγές σε πολλούς επιμέρους παράγοντες που την επηρεάζουν τόσο σε οργανωτικό όσο και σε κοινωνικό επίπεδο. Έτσι αναδιοργανώθηκε χωροταξικά και λειτουργικά ο χώρος εργασίας μέσα στην σχολική τάξη, το αναλυτικό πρόγραμμα που εφαρμόστηκε, ο ρόλος των ενεργούντων υποκειμένων μέσα σε αυτήν, δηλαδή των εκπαιδευτικών και των εκπαιδευομένων, ακόμη και η υλικοτεχνική υποδομή που χρησιμοποιήθηκε σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία. Η αλλαγή που επιχειρήθηκε στη διδακτική μέθοδο που εφαρμόστηκε, επέφερε ταυτόχρονα αλλαγές στη μορφή της επικοινωνίας αλλά και της αλληλεπίδρασης μέσα στην τάξη και μέσα από αυτή προσπάθησε να τροποποιήσει παγιωμένες στάσεις και αντιλήψεις τόσο των εκπαιδευτικών όσο και των μαθητών/ριών για ευρύτερα θέματα που απασχολούν την εκπαιδευτική κοινότητα, όπως η εισαγωγή νέων γνώσεων και νέων καινοτόμων μεθόδων διδασκαλίας που κάνουν πιο ελκυστική τη σχολική τάξη. Επομένως, επιχειρήθηκε μία ολιστική αλλαγή στα χαρακτηριστικά του νέου μαθησιακού περιβάλλοντος που διαμορφώθηκε έτσι ώστε να οδηγηθούν σε ατομικές αλλαγές τα μέλη που δρουν και εργάζονται μέσα σ' αυτό το εκπαιδευτικό περιβάλλον, δηλαδή οι εκπαιδευτικοί, οι μαθητές και οι μαθήτριες.

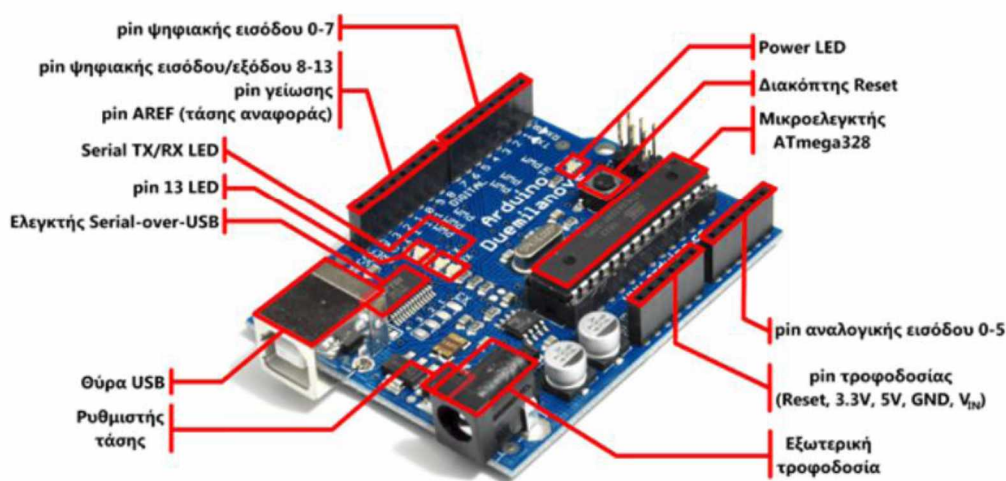
5.2 Το εποπτικό και εργαστηριακό υλικό

Για την υλοποίηση της καινοτόμου διδακτικής παρέμβασης οι μαθητές και οι μαθήτριες υλοποίησαν τρία διδακτικά σενάρια, συμμετέχοντας ενεργά σε ομαδικές δραστηριότητες STEM κατά τη διάρκεια των οποίων δημιούργησαν κατασκευές, τις οποίες στη συνέχεια προγραμματίσαν για να επιτελέσουν συγκεκριμένες λειτουργίες. Αρχικά ήρθαν σε επαφή με τα απαιτούμενα υλικά και εξαρτήματα και στη συνέχεια διδάχθηκαν το ρόλο του καθενός σε μια κατασκευή STEM, αλλά

και τη συνδεσμολογία τους. Επιπλέον, γνώρισαν και χρησιμοποίησαν προγράμματα μοντελοποίησης εικονικών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και περιβάλλοντα προγραμματισμού τα οποία ήταν κατάλληλα για την ηλικία τους και εύκολα στη διαχείρισή τους ανάλογα με τις προϋπάρχουσες γνώσεις τους και έχοντας στη διάθεσή τους κατάλληλο υλικοτεχνικό εξοπλισμό.

5.2.1 Η πλακέτα Arduino

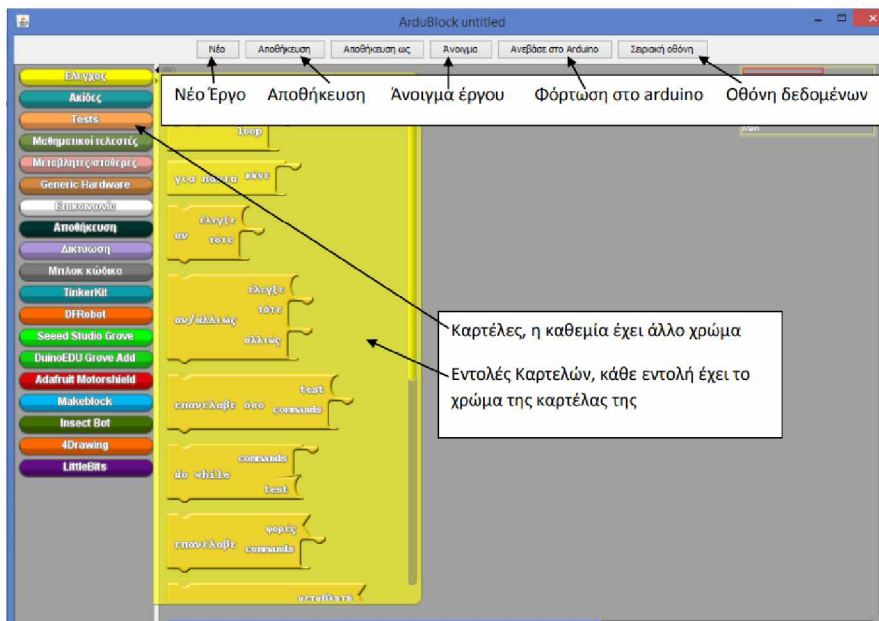
Η πλακέτα Arduino (Εικόνα 1) είναι μία πλακέτα «ανοικτού κώδικα», με ενσωματωμένο μικροεπεξεργαστή, η οποία μπορεί να προγραμματιστεί με τη γλώσσα προγραμματισμού Wiring, δηλαδή μια παραλλαγή της γλώσσας προγραμματισμού C/C++ για μικροελεγκτές AVR που υποστηρίζει όλες τις βασικές δομές της C και μερικά χαρακτηριστικά της C++, χρησιμοποιώντας ένα τυπικό API (Application Programming Interface) που είναι γνωστό ως Γλώσσα Προγραμματισμού Arduino. Διαθέτει ψηφιακές και αναλογικές ακίδες εισόδου/εξόδου (I/O), οι οποίες μπορούν να συνδεθούν με διάφορες πλακέτες επέκτασης (“shields”) ή πίνακες breadboard και άλλα κυκλώματα. Επίσης, διαθέτει διασυνδέσεις σειριακής επικοινωνίας όπως USB (Universal Serial Bus) για την φόρτωση προγραμμάτων. Αποτελεί ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (Integrated Development Environment) και ταυτόχρονα ένα εργαλείο γραμμής εντολών και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ανεξάρτητων διαδραστικών αντικειμένων ή να συνδεθεί με ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσω προγραμμάτων.



Εικόνα 1. Η πλακέτα Arduino

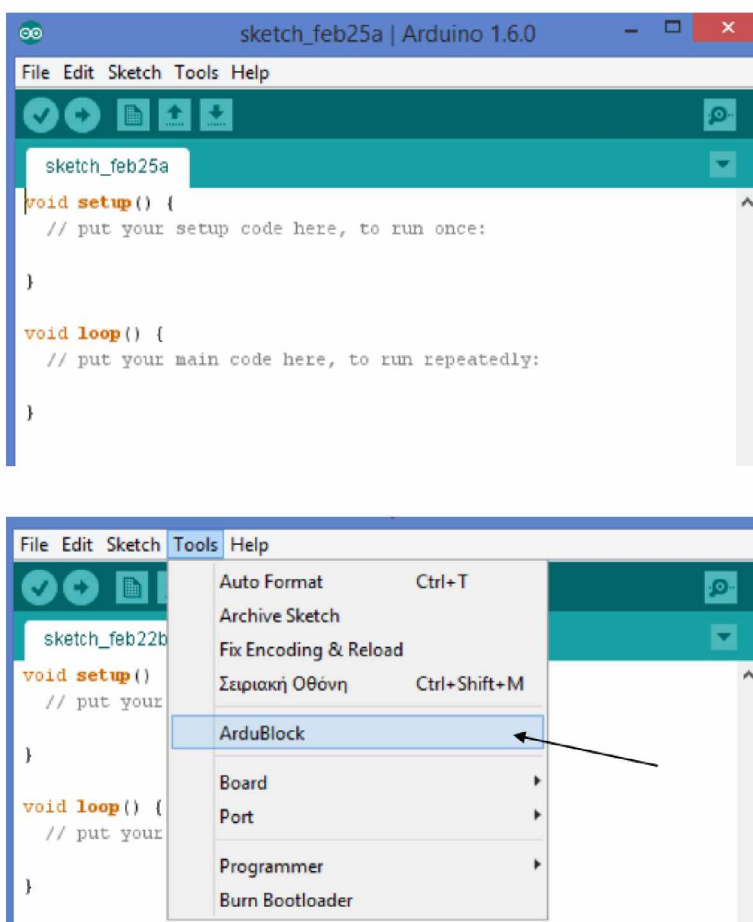
5.2.2 Το ArduBlock

Το ArduBlock είναι ένα περιβάλλον προγραμματισμού που σχεδιάστηκε για να διευκολύνει τον προγραμματισμό στο περιβάλλον Arduino IDE, αποφεύγοντας λάθη στη γραφή του κώδικα και στη σύνταξη των εντολών. Το ArduBlock συνδυάζει έτοιμα μπλοκ κώδικα και με τη χρήση της τεχνικής “drag and drop” («σύρε και άφησε») επιτρέπει στον χρήστη τον οπτικό προγραμματισμό (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Το περιβάλλον εργασίας του ArduBlock

Το ArduBlock μπορεί να ενσωματωθεί στο περιβάλλον προγραμματισμού του Arduino και συγκεκριμένα στο μενού των εργαλείων (Εικόνα 3).



5.2.3 Το Tinkercard

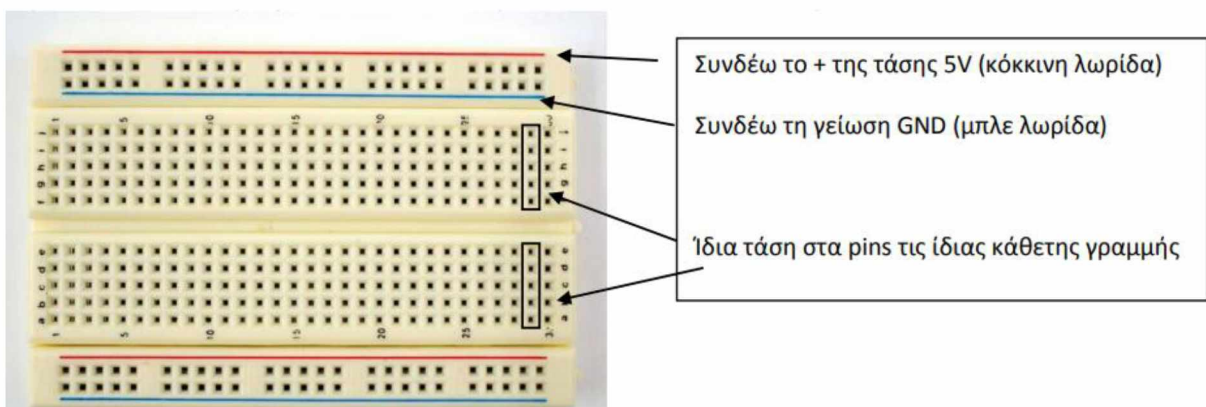
Το Tinkercard είναι ένα διαδικτυακό πρόγραμμα μοντελοποίησης 3D το οποίο διατίθεται δωρεάν. Ιδρύθηκε ως εταιρεία το 2010 στην Ευρωπαϊκή Ένωση από τον Kai Backman, πρώην μηχανικό της Google και συνιδρυτή τον Mikko Mononen. Κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το 2011 για να δημιουργεί μοντέλα για τρισδιάστατη εκτύπωση και για να βοηθήσει στην εισαγωγή της στερεομετρίας στα σχολεία με εποικοδομητικό τρόπο, επιτρέποντας στους χρήστες τη δημοσίευση των σχεδίων τους με άδεια Creative Commons. Το 2012 μετέφερε την έδρα της στο Σαν Φρανσίσκο. Τον Μάιο του 2013 η Autodesk ανακοίνωσε την εξαγορά της Tinkercard μεταφέροντας χρήστες της και χαρακτηριστικά των προγραμμάτων της στην Tinkercard. Το 2017 και το 2018 προσέθεσε δύο νέες κατηγορίες στις δυνατότητες του, την κατηγορία ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και την κατηγορία των τρισδιάστατων κινούμενων μοντέλων, αντίστοιχα.

5.2.4 Εξαρτήματα και υλικά που απαιτήθηκαν

Για τις κατασκευές που δημιούργησαν οι μαθητές κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης απαιτήθηκαν, εκτός από την πλακέτα Arduino, διάφορα υλικά και εξαρτήματα τα οποία περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω:

➤ Το Breadboard

Το breadboard (Εικόνα 4) είναι ένα εξάρτημα που χρησιμοποιείται για την κατασκευή ηλεκτρικών κυκλωμάτων χωρίς να απαιτείται καμία συγκόλληση. Η επιφάνεια του είναι γεμάτη τρύπες, οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους ανά πέντε και πάνω σε αυτές τοποθετούμε τους ακροδέκτες διαφόρων εξαρτημάτων που αποτελούν το κύκλωμα. Κάθε κάθετη λωρίδα διαθέτει πέντε τρύπες οι οποίες, κάτω από την πλαστική επιφάνεια, συνδέονται μεταξύ τους σε σειρά με αγώγιμες μεταλλικές γραμμές, επιτρέποντας τη ροή του ρεύματος σε κάθε εξάρτημα που συνδέεται σε αυτές.



Εικόνα 4. Το Breadboard

➤ Οι φωτοδιόδοι (LEDs)

Οι φωτοδιόδοι ή LEDs (Light Emmiting Diode) είναι μικρά φωτάκια που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή κυκλωμάτων (Εικόνα 5). Τα κυκλώματα που κατασκευάζονται με arduino έχουν τάση τροφοδοσίας 5V, γεγονός που οδηγεί τα LEDs σε υπερφόρτωση και κάψιμο. Για το λόγο αυτό, δεν συνδέουμε τα LEDs απευθείας στην τάση, αλλά παρεμβάλλουμε μία κατάλληλη αντίσταση, ώστε να ανάψουν σωστά και να μην καούν. Τα LEDs έχουν δύο ποδαράκια στο κάτω μέρος τους που δεν έχουν το ίδιο μήκος. Το ένα είναι πιο μακρύ από το άλλο και συνδέεται στο θετικό πόλο της πηγής τροφοδοσίας (5V), ενώ το πιο κοντό πόδι συνδέεται πρώτα με την αντίσταση στην ίδια κάθετη πεντάδα τρυπών του breadboard και στη συνέχεια με τη γείωση (GND) της πλακέτας arduino. Επειδή τα LEDs έχουν πολικότητα, είναι σημαντικό να συνδέονται πάντα κατ' αυτόν τον τρόπο, δηλαδή το μακρύ πόδι με το θετικό πόλο και το πιο κοντό με τη γείωση, διαφορετικά δεν θα αφήσουν το ρεύμα να περάσει από μέσα τους και δεν θα λειτουργήσουν και σε κάποιες περιπτώσεις θα καούν αν το ανάστροφο ρεύμα στα άκρα της είναι μεγάλο. Τέλος, τα LEDs κυκλοφορούν στην αγορά σε διάφορα χρώματα, όπως κόκκινο, πράσινο, μπλε, κλπ, ανάλογα με το μήκος κύματος του φωτός που εκπέμπουν όταν περνάει ρεύμα από μέσα τους, το οποίο είναι σταθερό από τον κατασκευαστή τους.



Εικόνα 5. Φωτοδιόδος (LED)

➤ Οι αντιστάσεις

Ο ρόλος των αντιστάσεων, όπως το λέει και η ίδια η λέξη, είναι να μειώνουν την τάση του ρεύματος όταν αυτή περνάει μέσα από αυτές. Οι αντιστάσεις (Εικόνα 6) διαφέρουν μεταξύ τους, ανάλογα με την μείωση της τάσης που επιτυγχάνουν, καθώς άλλες μειώνουν την τάση περισσότερο και άλλες λιγότερο. Μονάδα μέτρησης μιας αντίστασης είναι το Ohm. Όσα περισσότερα Ohm είναι μια αντίσταση τόσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση στην τάση του ρεύματος.



Εικόνα 6. Αντίσταση

➤ Τα καλώδια

Τα καλώδια χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση των διαφόρων εξαρτημάτων με το breadboard ή με το Arduino. Υπάρχουν τρεις τύποι καλωδίων ανάλογα με το πώς καταλήγουν στις άκρες τους, δηλαδή είτε με ακίδα (Male) είτε με τρύπα (Female). Εάν και στις δύο άκρες τους έχουν ακίδες χαρακτηρίζονται ως M/M, εάν έχουν τρύπες ως F/F και τέλος αν από την μία άκρη έχουν ακίδα και από την άλλη τρύπα, τότε χαρακτηρίζονται ως M/F (Εικόνα 7).

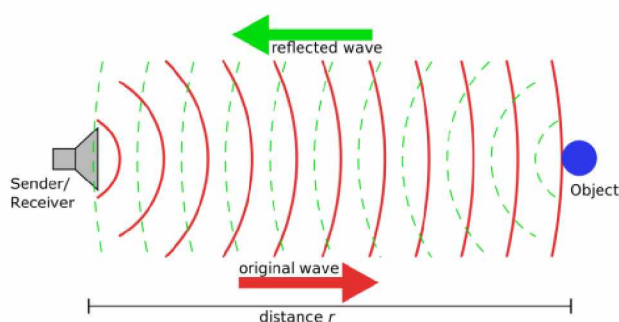
Τα καλώδια έχουν διάφορα χρώματα και έχουμε τη δυνατότητα να επιλέξουμε όποιο χρώμα θέλουμε για την κατασκευή ενός κυκλώματος. Όμως είναι καλό να χρησιμοποιούμε μαύρο καλώδιο όταν κάνουμε σύνδεση με τη γείωση και κόκκινο καλώδιο όταν κάνουμε σύνδεση με την τάση των 5V. Επίσης, εάν απαιτείται προέκταση σε κάποιο καλώδιο, καλό είναι το καλώδιο που συνδέουμε ως προέκταση να έχει το ίδιο χρώμα με το αρχικό.



Εικόνα 7. Διάφοροι τύποι καλωδίων

➤ Αισθητήρας απόστασης (υπερηχητικός αισθητήρας)

Για να μετρήσουμε μια απόσταση με ηλεκτρονικά μέσα χρησιμοποιούμε τη μέθοδο της ανάκλασης των υπερήχων. Οι υπέρηχοι είναι ηχητικά κύματα με συχνότητα πάνω από 20.000Hz που μεταδίδονται στον αέρα, άρα δεν ανήκουν στο φάσμα συχνοτήτων που ακούει το ανθρώπινο αυτί, δηλαδή 20Hz έως 20.000Hz. Λειτουργούν όπως ακριβώς τα ραντάρ και τα σόναρ, στέλνουν δηλαδή ένα ηχητικό κύμα πάνω στον στόχο και εκτιμούν την απόσταση από την αντανάκλαση του ήχου σε αυτόν. Για να το πετύχουν μετρούν το χρόνο που κάνει το σήμα για να φτάσει από τον αισθητήρα στο αντικείμενο και να επιστρέψει πάλι πίσω (Εικόνα 8).



Εικόνα 8. Σχηματική αναπαράσταση μέτρησης απόστασης με υπερήχους

Στη διδακτική παρέμβαση χρησιμοποιήσαμε ένα υπερηχητικό αισθητήρα HC-SR04 (Εικόνα 9), ο οποίος μετράει την απόσταση σε εμπόδια που βρίσκονται σε απόσταση μεταξύ 2cm και 400cm με ακρίβεια 3mm, είναι φθηνός, εύκολος στο χειρισμό του και έχει μικρή κατανάλωση (τροφοδοτείται ακόμη και από μπαταρίες). Επιπλέον, είναι μικρός, λειτουργεί με τάση 5V και μπορεί να χρησιμοποιηθεί με το Arduino.

Ο αισθητήρας έχει 4 υποδοχές, η πρώτη είναι η Vcc που συνδέεται με το ρεύμα (5V), η τελευταία συνδέεται με τη γείωση (GND), η 2η υποδοχή (trig) συνδέεται με μια σειριακή θύρα και η 3η υποδοχή (echo) με άλλη σειριακή θύρα. Αποτελείται από δύο υπερηχητικούς transducers από τους οποίους ο ένας λειτουργεί ως πομπός που εκπέμπει ηλεκτρικό σήμα συχνότητας 40KHz με τη μορφή υπερηχητικών παλμών και ο άλλος είναι δέκτης.



Εικόνα 9. Αισθητήρας απόστασης (υπερηχητικός αισθητήρας)

5.3 Οι ενότητες της διδακτικής παρέμβασης

Η διδακτική παρέμβαση, όπως ήδη έχει λεχθεί, αποτελείται από τρεις διδακτικές ενότητες που είναι οι εξής: α) «Φανάρια οδικής κυκλοφορίας ενός και τριών πεδίων», β) «Φανάρια οδικής κυκλοφορίας σε διασταύρωση» και γ) «Μέτρηση απόστασης με υπερηχητικό αισθητήρα». Η σειρά με την οποία υλοποιήθηκαν, επιλέχθηκε έτσι ώστε οι μαθητές και οι μαθήτριες να ξεκινήσουν από πιο απλές κατασκευές και πιο απλά προγραμματιστικά σενάρια και σταδιακά να εμπλακούν σε πιο πολύπλοκα έργα. Όλες οι κατασκευές παραπέμπουν σε καταστάσεις που βιώνει κάποιος στην καθημερινή του ζωή, γεγονός που δίνει κίνητρο στους/ις μαθητές/ριες για ενασχόληση και περαιτέρω διερεύνηση, ώστε να κατανοήσουν πλήρως τη λειτουργία τους.

Στόχοι και των τριών ενοτήτων της διδακτικής παρέμβασης είναι οι μαθητές/ριες:

- να εξοικειωθούν με τα υλικά και τη συνδεσμολογία διατάξεων STEM
- να εισαχθούν στον αλγοριθμικό τρόπο σκέψης και στις αρχές του προγραμματισμού
- να μάθουν να σκέφτονται με λογικά βήματα για να επιλύουν τα προβλήματα που τους ανατίθενται
- να βελτιώσουν την ικανότητα τους να επιλύουν προβλήματα
- να μάθουν να συνεργάζονται μεταξύ τους για να διεκπεραιώσουν ένα έργο

- να αναπτύξουν μεταγνωστικές ικανότητες μέσα από τον αναστοχασμό των σκέψεων και των διαδικασιών που ακολούθησαν για να υλοποιήσουν τα έργα που τους ανατέθηκαν
- να ενισχύσουν την αυτοεκτίμησή τους

Πιο αναλυτικά, στην πρώτη ενότητα οι μαθητές και οι μαθήτριες κατασκεύασαν δύο φωτεινούς σηματοδότες, πρώτα ένα σηματοδότη ενός πεδίου και στη συνέχεια ένα σηματοδότη τριών πεδίων (Εικόνα 10). Η ενότητα αυτή είχε εισαγωγικό χαρακτήρα και έφερε σε επαφή τους μαθητές και τις μαθήτριες με τα υλικά και τον τρόπο που τα συνδέουμε μεταξύ τους για να κατασκευάσουμε ηλεκτρονικά κυκλώματα, αλλά και το πώς τα θέτουμε σε λειτουργία με προγραμματισμό. Δηλαδή οι μαθητές/ριες γνώρισαν και πειραματίστηκαν με διατάξεις STEM σε περιβάλλοντα προγραμματισμού Arduino και ArduBlock και έφτιαξαν λογαριασμό στο διαδικτυακό πρόγραμμα μοντελοποίησης Tinkercard για να εξοικειωθούν με τη χρήση τους.



Εικόνα 10. Φανάρια οδικής κυκλοφορίας ενός και τριών πεδίων

Η δεύτερη ενότητα αποτέλεσε επέκταση της πρώτης ενότητας καθώς έθεσε ένα πιο σύνθετο πρόβλημα στους/ις μαθητές/ριες, δηλαδή την κατασκευή δύο φωτεινών σηματοδοτών τριών πεδίων ο καθένας, που τοποθετούνται σε διασταύρωση και η λειτουργία τους πρέπει να είναι συντονισμένη. Δηλαδή όταν ο ένας σηματοδότης δείχνει πράσινο, ο άλλος πρέπει να δείχνει κόκκινο, όπως ακριβώς και στην πραγματική ζωή. Φυσικά υπάρχει και η πρόκληση της κατασκευής και λειτουργίας του πορτοκαλί σηματοδότη που παρεμβάλλεται μεταξύ πράσινου και κόκκινου.

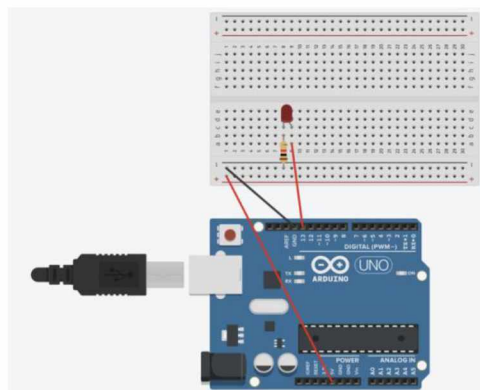
Τέλος, στην τρίτη ενότητα οι μαθητές και οι μαθήτριες μνήθηκαν στην εισαγωγή αισθητήρων σε μια διάταξη STEM με χρήση Arduino. Ο αισθητήρας που χρησιμοποιήθηκε ήταν ένας υπερηχητικός αισθητήρας που μετράει απόσταση μεταξύ του αισθητήρα και ενός εμποδίου, όπως για παράδειγμα το χέρι μας ή ένα βιβλίο. Συγκεκριμένα, οι μαθητές και οι μαθήτριες κατασκεύασαν ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που αποτελούνταν από φωτοδιόδους (LEDs) και ένα υπερηχητικό αισθητήρα HC-SR04 συνδεδεμένα σε μία πλακέτα Arduino. Στη συνέχεια με τη βοήθεια του περιβάλλοντος προγραμματισμού ArduBlock το προγραμμάτισαν έτσι ώστε να ανάβουν οι φωτοδιόδοι διαφορετικών χρωμάτων ανάλογα με την απόσταση που απείχε το κινούμενο εμπόδιο

από τον αισθητήρα. Η τεχνολογία της κατασκευής αυτής χρησιμοποιείται σήμερα σε πολλά είδη καθημερινής χρήσης όπως στα αυτοκίνητα, στις αυτόματες πόρτες, κλπ., γεγονός που παρακίνησε τους μαθητές και τις μαθήτριες να εμπλακούν ενεργά καθ' όλη τη διάρκεια της διδασκαλίας.

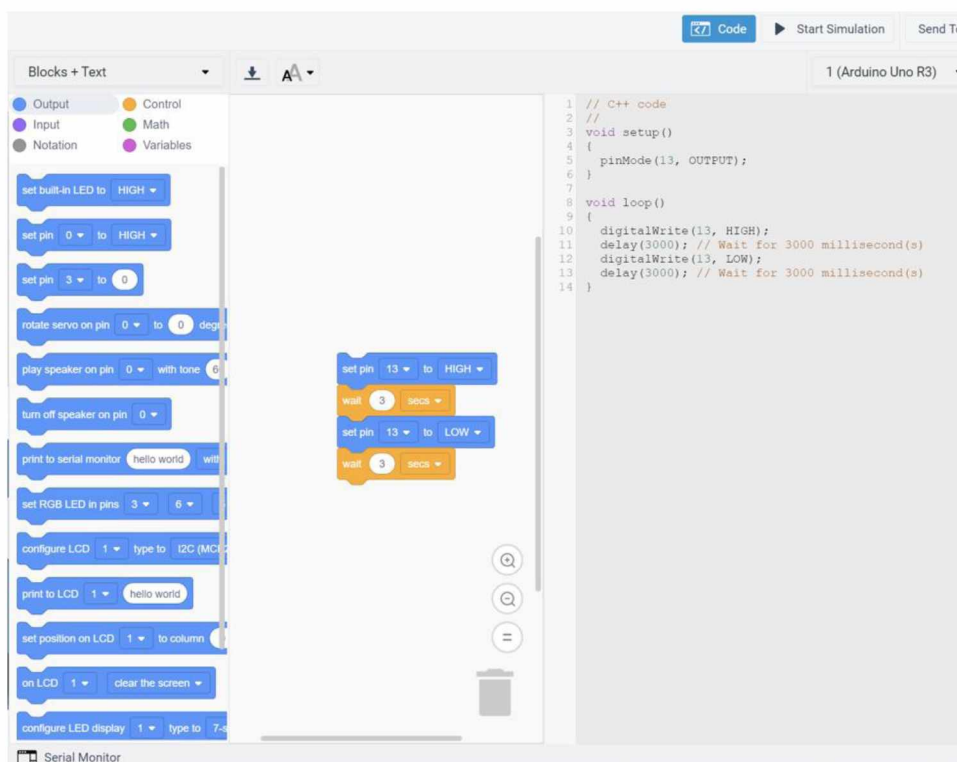
Οι διατάξεις που κατασκευάστηκαν και για τις τρεις ενότητες, μαζί με τους κώδικες προγραμματισμού τους που δημιουργήθηκαν από τους μαθητές και τις μαθήτριες παρατίθενται αναλυτικά στο τέλος της πτυχιακής εργασίας. Πιο αναλυτικά στο Παράρτημα 1 υπάρχουν οι κατασκευές και ο κώδικας που αφορούν την πρώτη ενότητα, στο Παράρτημα 2 οι κατασκευές και ο κώδικας της δεύτερης ενότητας και τέλος στο Παράρτημα 3 οι κατασκευές και ο κώδικας της τρίτης διδακτικής ενότητας.

5.3.1 Οι δραστηριότητες της 1^{ης} διδακτικής ενότητας

Ακολουθεί η πρώτη και εισαγωγική δραστηριότητα της 1^{ης} διδακτικής ενότητας, κατά την οποία οι μαθητές/ριες κατασκεύασαν ένα φωτεινό σηματοδότη ενός πεδίου που ανάβει και σβήνει ανά 3 sec:

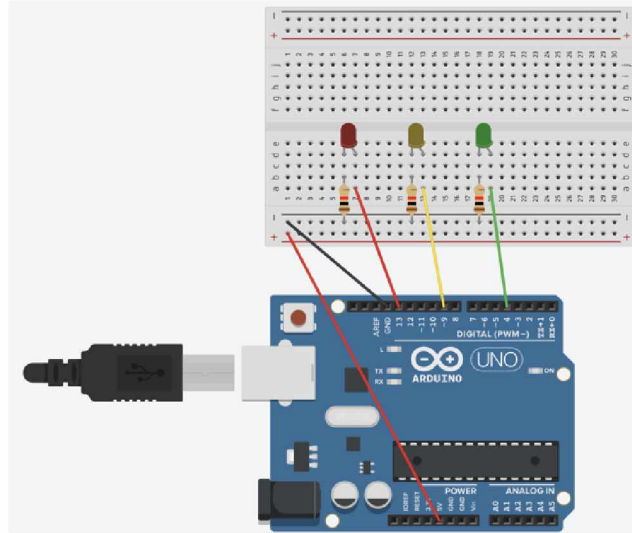


Ο κώδικας προγραμματισμού της σε ArduBlock και Arduino αποτυπώνεται παρακάτω:



```
1 // C++ code
2 //
3 void setup()
4 {
5   pinMode(13, OUTPUT);
6 }
7
8 void loop()
9 {
10  digitalWrite(13, HIGH);
11  delay(3000); // Wait for 3000 millisecond(s)
12  digitalWrite(13, LOW);
13  delay(3000); // Wait for 3000 millisecond(s)
14 }
```

Στη δεύτερη δραστηριότητα της 1^{ης} διδακτικής ενότητας οι μαθητές/ριες κατασκεύασαν ένα φωτεινό σηματοδότη τριών πεδίων στον οποίο η κόκκινη, η πορτοκαλί και η πράσινη φωτοδίοδος (LED) ανάβουν και σβήνουν εναλλάξ. Η κόκκινη και η πράσινη διαρκούν 5 sec ενώ η πορτοκαλί 2 sec κατ' αναλογία της εναλλαγής των ενδείξεων σε ένα κανονικό σηματοδότη του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας (Κ.Ο.Κ.):

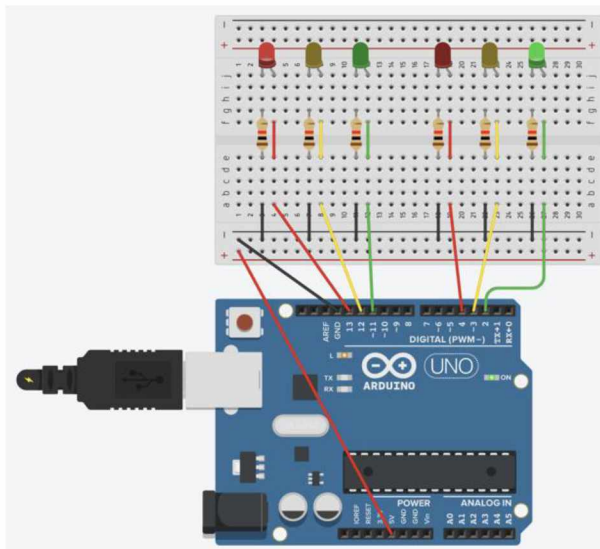


Στη συνέχεια αποτυπώνεται ο κώδικας προγραμματισμού της παραπάνω κατασκευής σε ArduBlock και Arduino:

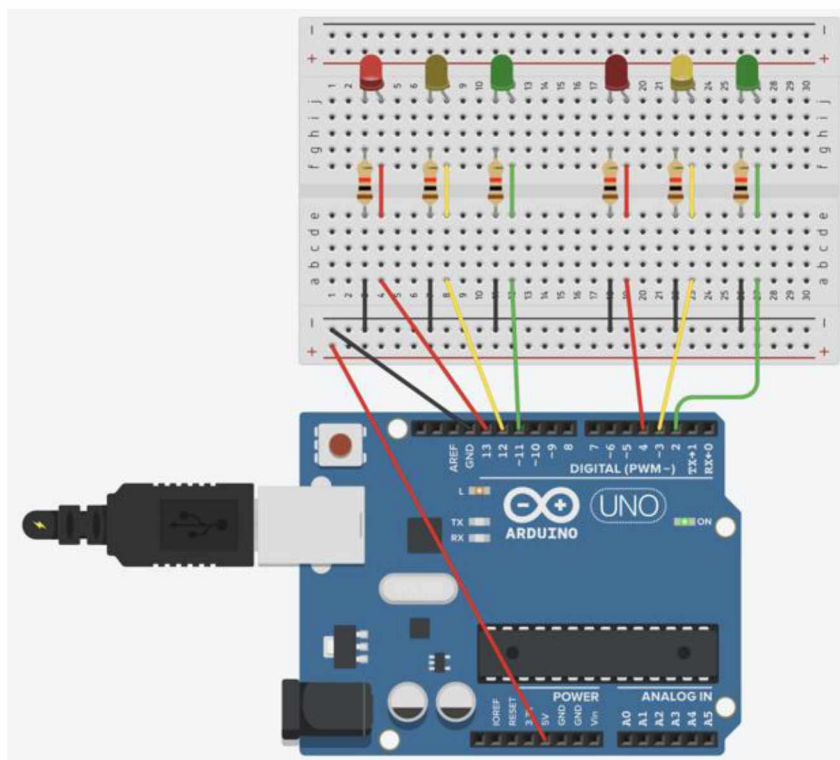
```
1 // C++ code
2 //
3 void setup()
4 {
5   pinMode(4, OUTPUT);
6   pinMode(9, OUTPUT);
7   pinMode(13, OUTPUT);
8 }
9
10 void loop()
11 {
12   digitalWrite(4, HIGH);
13   digitalWrite(9, LOW);
14   digitalWrite(13, LOW);
15   delay(5000); // Wait for 5000 millisecond(s)
16   digitalWrite(4, LOW);
17   digitalWrite(9, HIGH);
18   digitalWrite(13, LOW);
19   delay(2000); // Wait for 2000 millisecond(s)
20   digitalWrite(4, LOW);
21   digitalWrite(9, LOW);
22   digitalWrite(13, HIGH);
23   delay(5000); // Wait for 5000 millisecond(s)
24 }
```

5.3.2 Οι δραστηριότητες της 2¹⁶ διδακτικής ενότητας

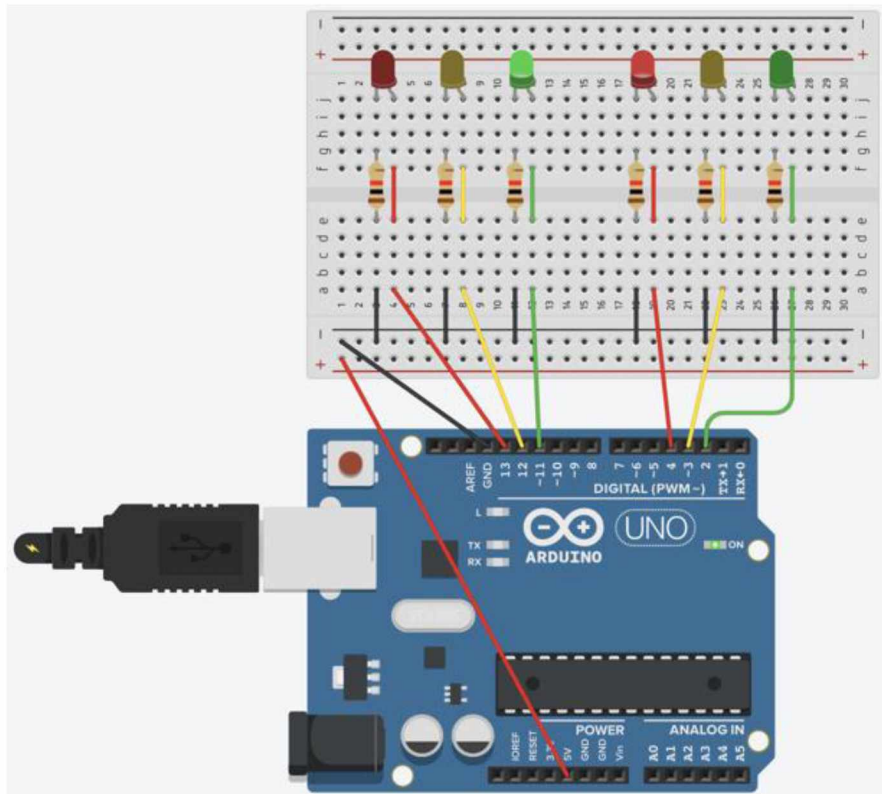
Η 2¹¹ διδακτική ενότητα περιλαμβάνει την κατασκευή μίας μόνο διάταξης STEM με Arduino, αλλά με αναβαθμισμένο βαθμό πολυπλοκότητας. Η κατασκευή αυτή μοντελοποιεί τους φωτεινούς σηματοδότες του Κ.Ο.Κ. σε μία διασταύρωση δρόμων που λειτουργεί συντονισμένα. Έτσι όταν το πρώτο φανάρι είναι κόκκινο, το απέναντι φανάρι είναι πράσινο:



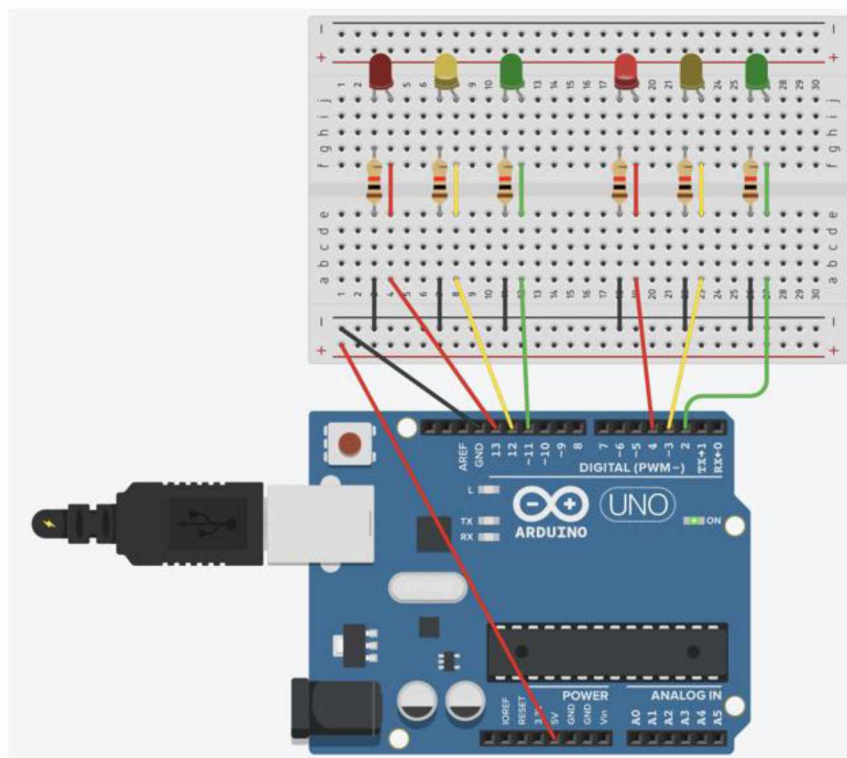
Στη συνέχεια και ενώ το πρώτο φανάρι συνεχίζει να είναι κόκκινο το απέναντι φανάρι γίνεται πορτοκαλί:



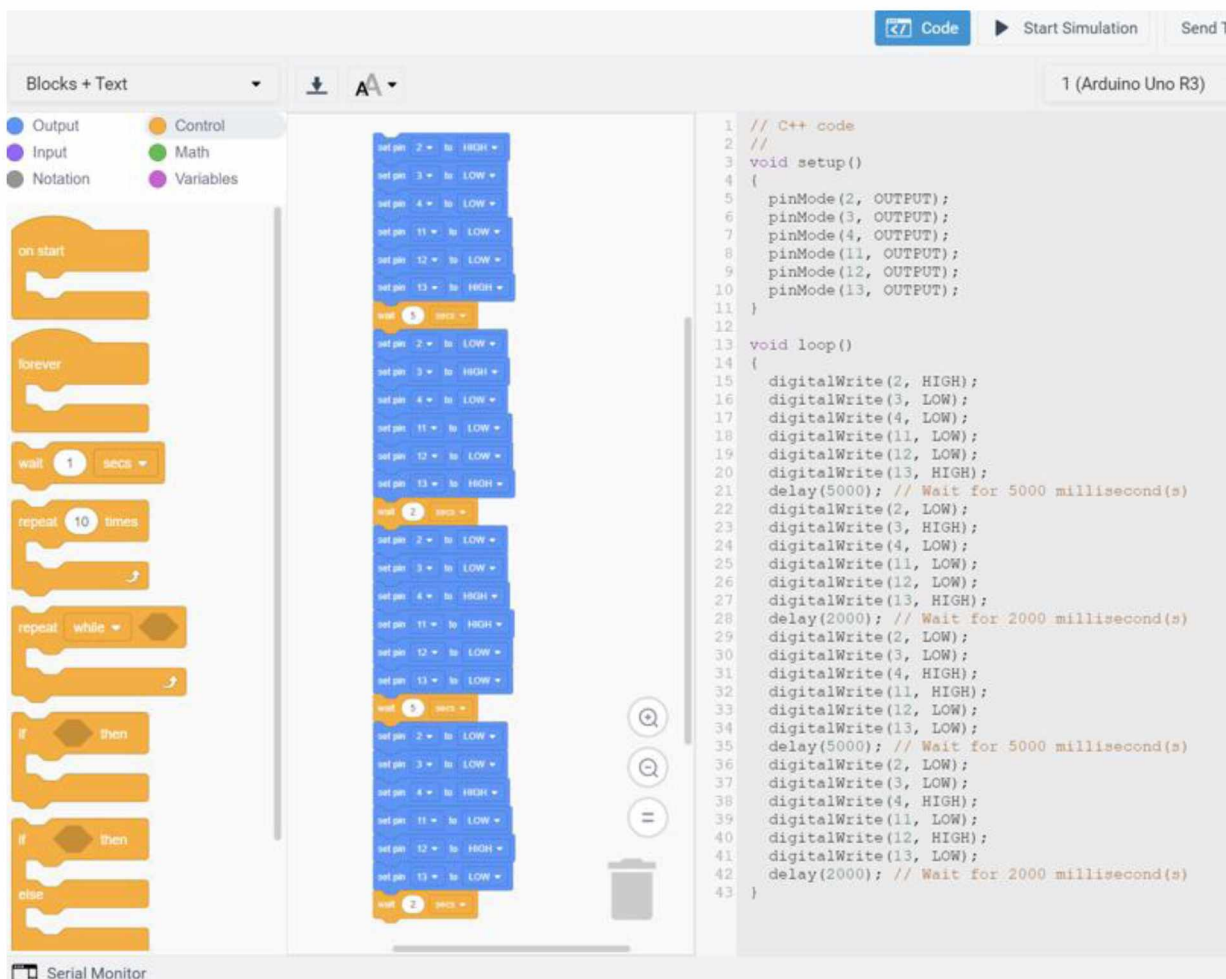
Μετά όταν το πρώτο φανάρι γίνεται πράσινο, το απέναντι φανάρι γίνεται κόκκινο:



Τέλος, το πρώτο φανάρι γίνεται πορτοκαλί ενώ το απέναντι φανάρι συνεχίζει να είναι κόκκινο:



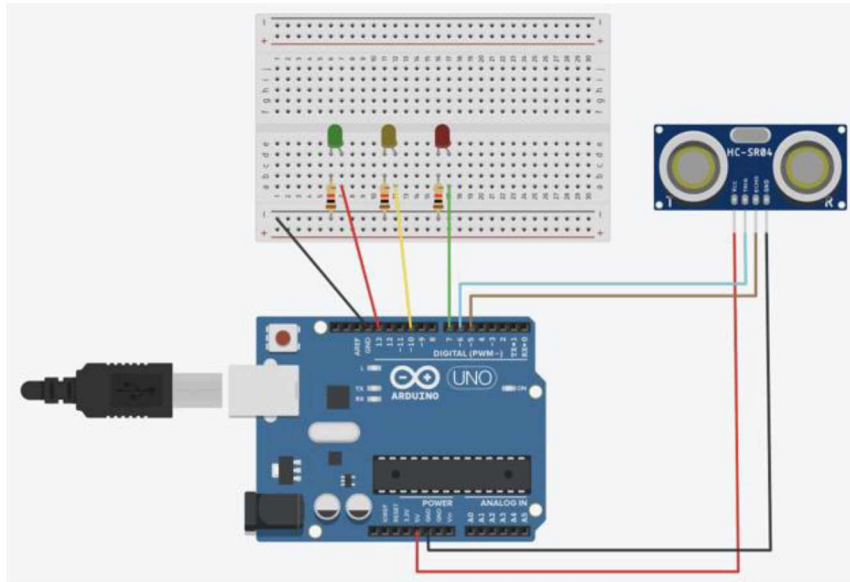
Η εναλλαγή αυτή επαναλαμβάνεται από την αρχή με την ίδια ακριβώς ακολουθία. Ακολουθεί ο κώδικας προγραμματισμού της παραπάνω κατασκευής σε ArduBlock και Arduino:



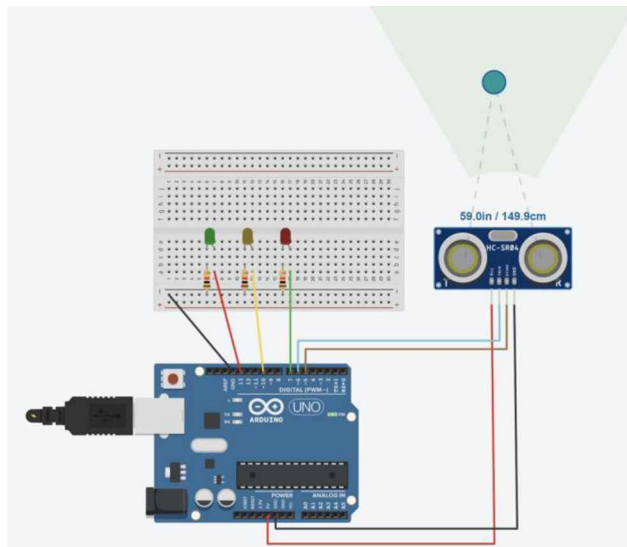
The image shows the Arduino IDE interface. On the left, the 'Blocks + Text' palette is visible with categories: Output, Input, Notation, Control, Math, and Variables. The main workspace contains a sequence of ArduBlock blocks: 'on start', followed by a 'repeat while' loop containing 'set pin 2 to HIGH', 'set pin 3 to LOW', 'set pin 4 to HIGH', 'set pin 11 to LOW', 'set pin 12 to LOW', and 'set pin 13 to HIGH'. This is followed by a 'wait 1 secs' block, then another 'repeat while' loop with 'set pin 2 to LOW', 'set pin 3 to HIGH', 'set pin 4 to LOW', 'set pin 11 to LOW', 'set pin 12 to LOW', and 'set pin 13 to HIGH'. This is followed by a 'wait 2 secs' block, then a third 'repeat while' loop with 'set pin 2 to HIGH', 'set pin 3 to LOW', 'set pin 4 to HIGH', 'set pin 11 to LOW', 'set pin 12 to LOW', and 'set pin 13 to HIGH'. Finally, there is a 'wait 3 secs' block. On the right, the C++ code is displayed, corresponding to the blocks: it sets pins 2, 3, 4, 11, 12, and 13 as OUTPUT. The setup() function is empty. The loop() function contains a sequence of digitalWrite calls and delay functions: digitalWrite(2, HIGH); digitalWrite(3, LOW); digitalWrite(4, LOW); digitalWrite(11, LOW); digitalWrite(12, LOW); digitalWrite(13, HIGH); delay(5000); digitalWrite(2, LOW); digitalWrite(3, HIGH); digitalWrite(4, LOW); digitalWrite(11, LOW); digitalWrite(12, LOW); digitalWrite(13, HIGH); delay(2000); digitalWrite(2, LOW); digitalWrite(3, LOW); digitalWrite(4, HIGH); digitalWrite(11, HIGH); digitalWrite(12, LOW); digitalWrite(13, LOW); delay(5000); digitalWrite(2, LOW); digitalWrite(3, LOW); digitalWrite(4, HIGH); digitalWrite(11, LOW); digitalWrite(12, HIGH); digitalWrite(13, LOW); delay(2000);

5.3.3 Οι δραστηριότητες της 3^{ης} διδακτικής ενότητας

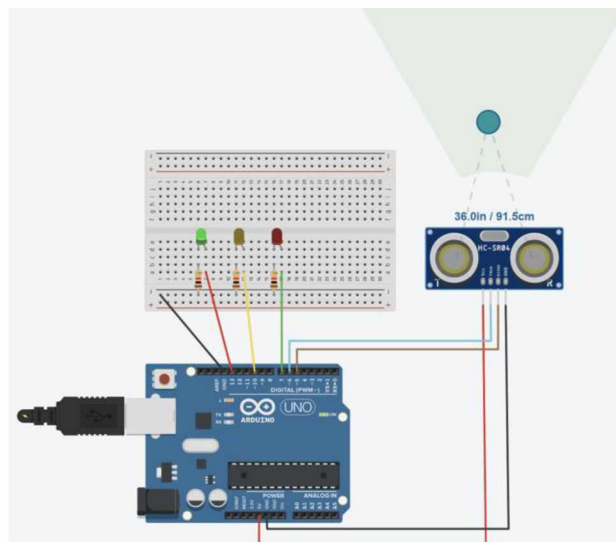
Στην 3^η διδακτική ενότητα περιλαμβάνεται η κατασκευή μίας διάταξης STEM με Arduino, με την οποία οι μαθητές/ριες εισάγονται στη χρήση αισθητήρων στις κατασκευές που υλοποιούν. Είναι πιο σύνθετη, όχι ως προς την πολυπλοκότητα της κατασκευής, αλλά ως προς την διαδικασία προγραμματισμού της. Εισάγονται έτσι νέες εντολές στο περιβάλλον προγραμματισμού ArduBlock, οι οποίες είναι ενδεικτικές της διαδικασίας που ακολουθείται στη χρήση και στον προγραμματισμό αισθητήρων, όταν αυτοί περιλαμβάνονται σε μια κατασκευή STEM με Arduino. Ο αισθητήρας που χρησιμοποιήθηκε στην δραστηριότητα της 3^{ης} και τελευταίας ενότητας της διδακτικής παρέμβασης είναι ένας υπερηχητικός αισθητήρας HC-SR04 που μετράει απόσταση. Πιο συγκεκριμένα δημιουργήθηκε μία κατασκευή με Arduino που περιέχει εκτός από τον αισθητήρα και τρεις φωτοδιόδους (LEDs) τριών διαφορετικών χρωμάτων:



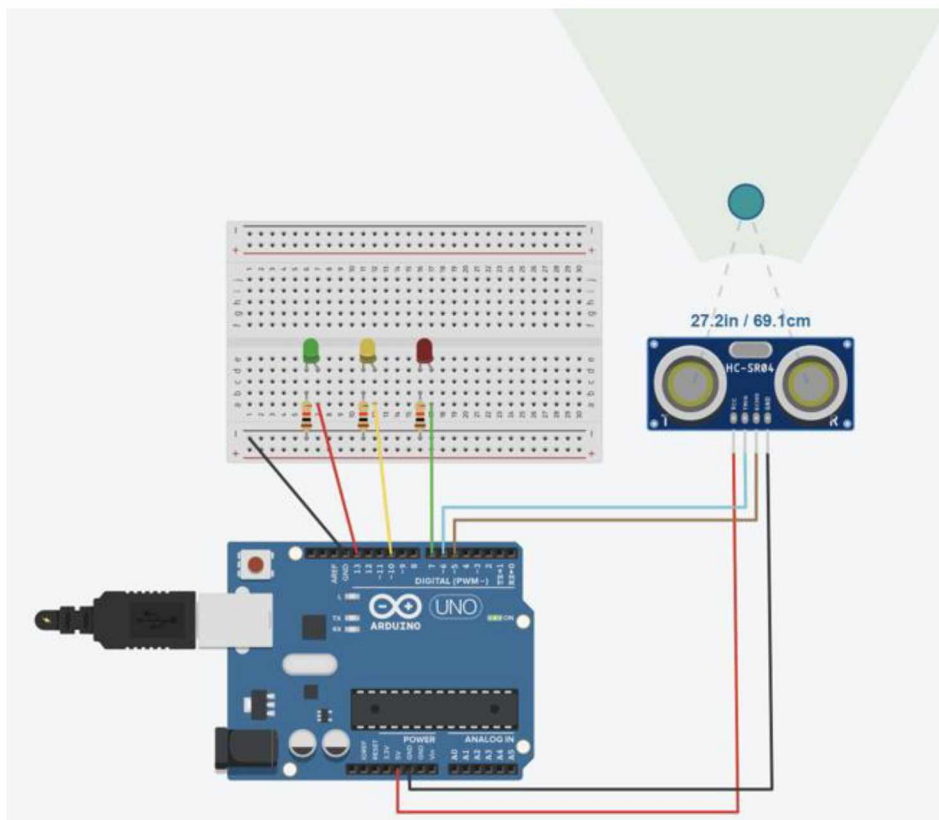
Όταν ένα εμπόδιο που βρίσκεται απέναντι από τον αισθητήρα κινείται προς αυτόν και η απόσταση μεταξύ τους είναι από 101cm και πάνω δεν ανάβει καμία φωτοδίοδος (LED):



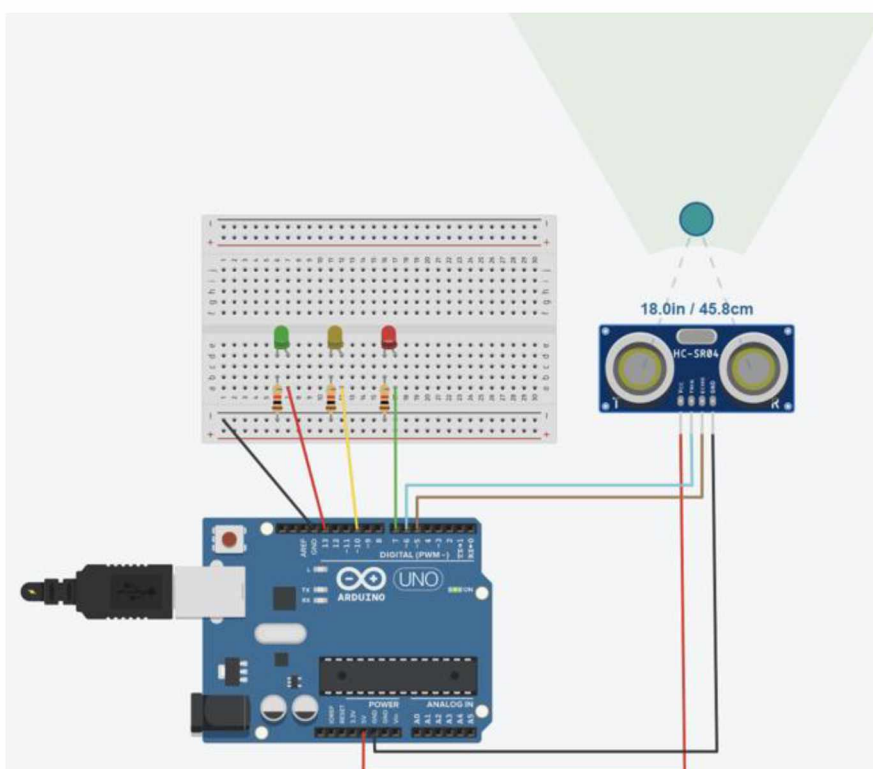
Όταν το εμπόδιο βρίσκεται σε απόσταση από 76-100cm ανάβει μόνο το πράσινο LED:



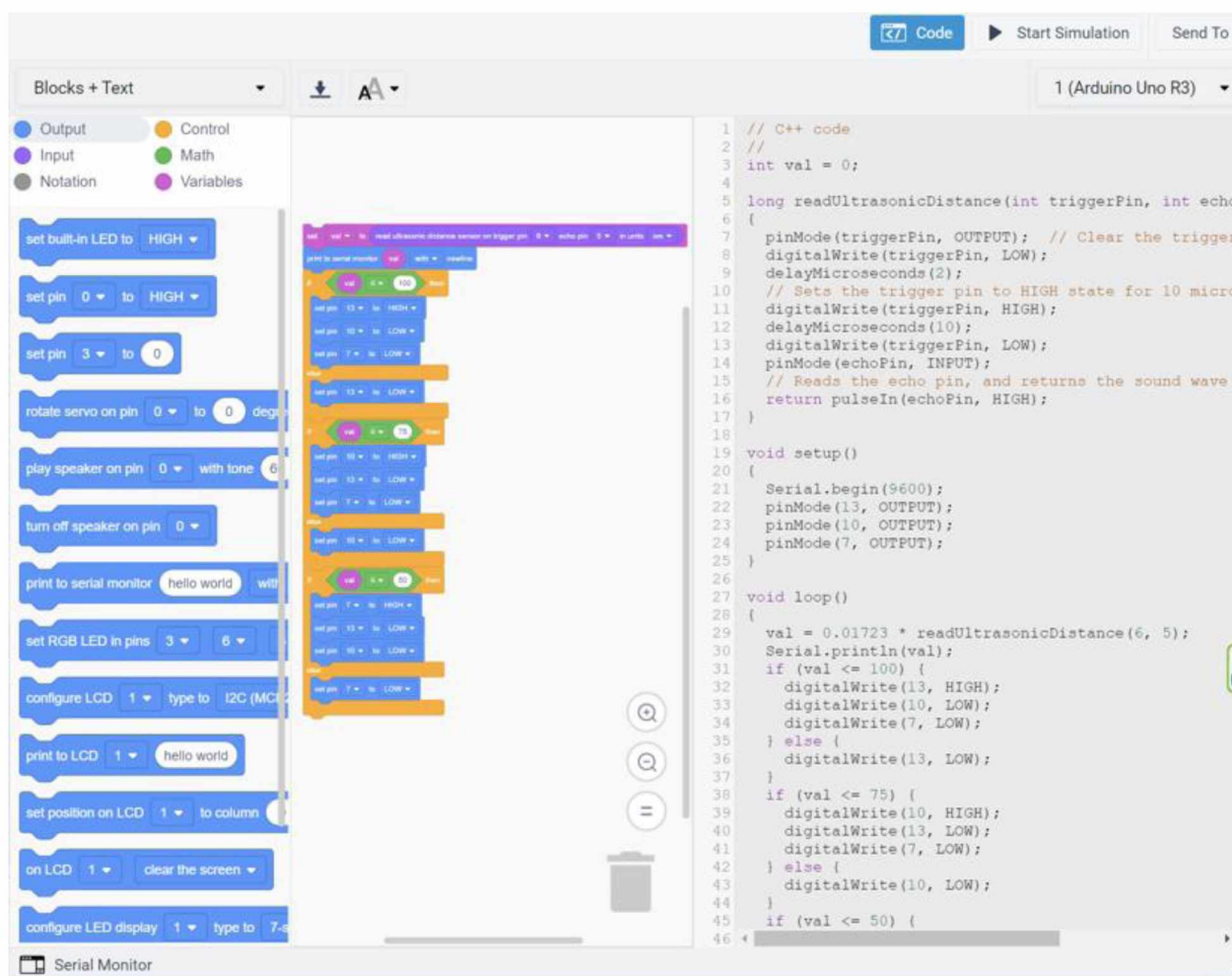
Όταν το εμπόδιο βρίσκεται σε απόσταση από 51-75cm ανάβει μόνο το κίτρινο LED:



Τέλος, όταν το εμπόδιο βρίσκεται σε απόσταση 0-50cm ανάβει μόνο το κόκκινο LED:



Οι μαθητές/ριες ήταν σε θέση να πειραματιστούν μετακινώντας το χέρι τους μπροστά από τον αισθητήρα τότε πλησιάζοντας προς αυτόν και τότε απομακρύνοντας το και έβλεπαν τις τρεις φωτοδιόδους (LEDs) να ανάβουν και να σβήνουν ανάλογα με την απόσταση. Η διαδικασία αυτή συνδέθηκε με το άνοιγμα και το κλείσιμο των αυτόματων πορτών σε διάφορα κτίρια, με τον αισθητήρα για το παρκάρισμα αυτοκινήτων ή την οπισθοπορεία μεγάλων οχημάτων όπου το σήμα αντίδρασης στον αισθητήρα είναι ηχητικό και όχι οπτικό όπως με τις φωτοδιόδους (LEDs). Ακολουθεί ο κώδικας προγραμματισμού της παραπάνω κατασκευής σε ArduBlock και Arduino:



```
1 // C++ code
2 //
3 int val = 0;
4
5 long readUltrasonicDistance(int triggerPin, int echoPin)
6 {
7   pinMode(triggerPin, OUTPUT); // Clear the trigger
8   digitalWrite(triggerPin, LOW);
9   delayMicroseconds(2);
10  // Sets the trigger pin to HIGH state for 10 microseconds
11  digitalWrite(triggerPin, HIGH);
12  delayMicroseconds(10);
13  digitalWrite(triggerPin, LOW);
14  pinMode(echoPin, INPUT);
15  // Reads the echo pin, and returns the sound wave travel time in microseconds
16  return pulseIn(echoPin, HIGH);
17 }
18
19 void setup()
20 {
21   Serial.begin(9600);
22   pinMode(13, OUTPUT);
23   pinMode(10, OUTPUT);
24   pinMode(7, OUTPUT);
25 }
26
27 void loop()
28 {
29   val = 0.01723 * readUltrasonicDistance(6, 5);
30   Serial.println(val);
31   if (val <= 100) {
32     digitalWrite(13, HIGH);
33     digitalWrite(10, LOW);
34     digitalWrite(7, LOW);
35   } else {
36     digitalWrite(13, LOW);
37   }
38   if (val <= 75) {
39     digitalWrite(10, HIGH);
40     digitalWrite(13, LOW);
41     digitalWrite(7, LOW);
42   } else {
43     digitalWrite(10, LOW);
44   }
45   if (val <= 50) {
46
```

6. Αποτελέσματα – Συμπεράσματα

Μετά την ολοκλήρωση της διδακτικής μας παρέμβασης φαίνεται ότι η εκπαίδευση σε περιβάλλον STEM και η εμπλοκή σε δραστηριότητες στα προγραμματιστικά περιβάλλοντα Arduino και ArduBlock αποτέλεσαν την αφορμή για τους μαθητές και τις μαθήτριες ώστε να εμπλακούν ενεργά στην κατασκευή ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και στην υλοποίηση δραστηριοτήτων αυτοματισμού, προγραμματισμού και ρομποτικής. Καθ' όλη τη διάρκεια της διδασκαλίας έδειξαν αμείωτο ενδιαφέρον και ισχυρή θέληση συμμετοχής στο δυναμικό αυτό περιβάλλον μάθησης και εκπαίδευσης. Πειραματίστηκαν με τα νέα για αυτούς εργαλεία και εξαρτήματα, καθώς και με τα

νέα ψηφιακά μέσα μοντελοποίησης και προγραμματισμού και έδειξαν πραγματικό ενδιαφέρον και διάθεση να συνεχίσουν να πειραματίζονται με δραστηριότητες προγραμματισμού και μετά το τέλος της διδασκαλίας, αν και αντιμετώπισαν αρκετές δυσκολίες τόσο στη συνδεσμολογία διατάξεων STEM όσο και στον προγραμματισμό τους. Ωστόσο, η αξιοποίηση της μεθοδολογίας STEM, η δυνατότητα ενασχόλησης σε ένα περιβάλλον γεμάτο προκλήσεις και η εμπλοκή σε βιωματικές δραστηριότητες έδωσε τη δυνατότητα στους μαθητές και στις μαθήτριες αφενός να αξιοποιήσουν τις προϋπάρχουσες γνώσεις τους από τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, των Μαθηματικών και της Πληροφορικής και αφετέρου να τις συνδέσουν με δραστηριότητες της καθημερινής ζωής, γεγονός που βοήθησε στην πεισματική τους προσπάθεια να ξεπεράσουν τα αναδυόμενα προβλήματα.

Εξίσου σημαντικά ήταν τα αποτελέσματα από τη δημιουργία του νέου μαθησιακού περιβάλλοντος που διαμορφώθηκε για την υλοποίηση της διδακτικής παρέμβασης. Οι μαθητές και οι μαθήτριες συνεργάστηκαν αρμονικά μεταξύ τους, συντόνισαν τις δράσεις τους μέσα στην ομάδα και πέτυχαν καλύτερες επιδόσεις και ανώτερες ικανότητες μάθησης από τις προσδοκώμενες (Johnson & Johnson, 2008). Επιπλέον, εξέφρασαν και ανέλυσαν τις σκέψεις τους στην ομάδα, ακόμη και εκείνες που βρίσκονταν σε πρώιμο και ανώριμο στάδιο, επεξεργάστηκαν πληροφορίες και προχώρησαν σε εξηγήσεις πάνω σε θέματα που αφορούσαν το μάθημα και χρησιμοποίησαν κατά δήλωσή τους περισσότερες συνεργατικές στρατηγικές και σε άλλα μαθήματα. Αυτό πιθανόν επιτεύχθηκε διότι συνειδητοποίησαν ότι η επίτευξη των προσωπικών μαθησιακών στόχων δεν ήταν δυνατόν να επιτευχθούν εάν δεν επιτυγχάνονταν οι ομαδικοί. Έτσι, βοηθούσαν ο ένας τον άλλον στην ανάπτυξη νέων δεξιοτήτων με αφορμή την εκπαίδευση σε θεματικές περιοχές STEM και μέσα από την επίλυση των προβλημάτων που παρουσιάζονταν στην διδακτική διαδικασία, ενίσχυσαν την δημιουργικότητά τους, την ανάπτυξη καινοτόμων ιδεών αλλά και τη συνεργατικότητα τους.

Τα οφέλη όμως και η ικανοποίηση από τη δράση μέσα στο νέο αυτό περιβάλλον μάθησης και διδασκαλίας δεν αφορούσε μόνο τους μαθητές και τις μαθήτριες αλλά και τους εκπαιδευτικούς, οι οποίοι βελτίωσαν το επίπεδο τεχνογνωσίας τους καθώς αναζήτησαν πληροφορίες διαδικτυακά και επιμορφώθηκαν με προσωπική τους πρωτοβουλία για να ανταποκριθούν στις προκλήσεις του νέου περιβάλλοντος. Επιπλέον, αύξησαν το ενδιαφέρον τους για τη διδασκαλία καθώς διαπίστωσαν βελτίωση στον τρόπο λειτουργίας της τάξης, κατανόησαν καλύτερα τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές/ριες τους, τους εμπύχωσαν και γενικότερα μέσα από τη διαδικασία αυτή βελτίωσαν συνολικά την αυτοεικόνα τους και πήραν ευχαρίστηση από τη διδασκαλία (Plageras, Stamoulis, Kalovrektis, & Xenakis, (2020).

Συνεπώς, οι δυνατότητες του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος STEM σε συνδυασμό με τη διαμόρφωση ενός συνεργατικού περιβάλλοντος μάθησης και μια ολιστική προσέγγιση της σχολικής

τάξης είναι δυνατόν να επιφέρει σημαντικά οφέλη σε όλους τους συμμετέχοντες στην εκπαιδευτική διαδικασία και εξαιρετικά μαθησιακά αποτελέσματα σε ατομικό και συλλογικό επίπεδο στους μαθητές και στις μαθήτριες, οι οποίοι/ες είναι απαραίτητο να εφοδιαστούν με ιδιαίτερες γνώσεις και δεξιότητες, ιδιαίτερα πάνω σε θέματα της Επιστήμης Υπολογιστών, ως πολίτες του 21^{ου} αιώνα.

Βιβλιογραφία

Ξένη Βιβλιογραφία

- Ausubel, D. (1963). *The Psychology of Meaningful, Verbal Learning*. New York: Grune and Stratton.
- Ausubel, D. (1968). *Educational Psychology. A Cognitive View*. New York: Reinhart.
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M. and Rumble M. (2012). *Defining Twenty-First Century Skills*, in P. Griffin, B. McGaw, & E. Care (Eds.), *Assessment and Teaching of 21st Century Skills*, Springer, pp. 17-66.
- Bybee, R. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-35.
- Carr, A., Jonassen, D., Litzinger, M.E., Marra, R. (1998). Good ideas to foment Educational revolution: the role of systemic change in advancing situated learning, constructivism, and feminist pedagogy. *Educational Technology*, January – February 1998, 5 – 15.
- Cohen, E. (1994). Restructuring the classroom: conditions for productive small groups. *Review of Educational Research*, 64(1), 1 – 35.
- Driver, R. & Oldham, V. (1986). A Constructivist Approach to Curriculum Development. *Studies in Science Education*, 13.
- Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11, 481 – 490.
- Duit, R. & Treagust, D. (1998). Learning in science: from behaviourism towards social constructivism and beyond. In B. J. Fraser and K. G. Tobin (Eds.) *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 3 – 25.
- European Commission (2015). *Addressing Low Achievement in Mathematics and Science, Thematic Working Group on Mathematics, Science and Technology (2010 – 2013)*, Final Report.
- European Parliament (2015). *Encouraging STEM studies for the labour market*. Policy Department A, Economic and Scientific Policy, Employment and Social Affairs.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1990). Cooperative learning and achievement. In S. Sharan (Ed.), *Cooperative learning: Theory and research* (pp. 23–37). New York: Praeger Publishers.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2008). *Social Interdependence Theory and Cooperative Learning: The Teacher's Role*. In R. M. Gillies, A. Ashman, & J. Terwel (Eds.), *Teacher's Role in Implementing Cooperative Learning in the Classroom* (pp. 9-37). New York: Springer. Retrieved from: https://doi.org/10.1007/978-0-387-70892-8_1

- Justi, R. S. & Gilbert, J. K., (2002). Models and modelling in chemical education, In J. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. F. Treagust and J. H. Van Driel (Eds.), *Chemical education: towards research-based practice* (pp. 213 - 234), Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Harty, S. (1993). Project 2061: Systemic Reform of K – 12 Education of Science Literacy, *Journal of Science Education and Technology*, 2(3), 505 – 507.
- Kelley, T.R. & Knowles, J.G. (2016). A Conceptual Framework for Integrated STEM Education. *International Journal of STEM Education*, 3(11). Retrieved from:
<https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Lazarowitz & Hertz – Lazarowitz (1998). *Cooperative learning in the science Curriculum*, in B. Fraser & K. Tobin (Eds) *International Handbook of Science Education*, G. B.: Kluwer Academic Publishers, pp 449 – 469.
- Mercer, N. (1995). *The Guided Construction of Knowledge: talk amongst teachers and learners*. Clevedon: Multilingual Matters Ltd.
- Nadelson, L., Seifert, A., Moll, A., & Coats, B. (2012). i-STEM summer institute: an integrated approach to teacher professional development in STEM. *Journal of STEM Education*, 13(2), 69–83.
- National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering and mathematics*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Novak, J. D. (1984). Application of advances in learning theory and philosophy of science to the improvement of chemistry teaching. *Journal of Chemical Education*, 27, 947 – 949.
- Novak, J. D. (1993). Human Constructivism: A Unification of Psychological and Epistemological Phenomena in Meaning Making. *International Journal of Personal Construct Psychology*, 6, 167 – 193.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2003). *Definition and Selection of Competencies: Theoretical and Conceptual Foundations (DeSeCo), Summary of the final report Key Competencies for a Successful Life and a Well-functioning Society*. Paris: OECD Publishing
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2009). *Creating Effective Teaching and Learning Environments: First Results from TALIS (Teaching And Learning International Survey)*. OECD Publishing – ISBN 978-92-64-05605-3

- Plageras, A. (2019). The Use of Stem in the Educational Process. *Education Journal*, 8(6), 244-248.
doi: [10.11648/j.edu.20190806.12](https://doi.org/10.11648/j.edu.20190806.12)
- Plageras, A., Stamoulis, G., Kalovrektis, K. & Xenakis, A. (2020). Application of Differentiated Teaching in Applied Sciences in Secondary Education. *International Research in Education*, 8(1), 112-123. Retrieved from: <https://doi.org/10.5296/ire.v8i1.16429>
- Psycharis, S. (2018). STEAM in Education: A Literature Review on the role of Computational Thinking, Engineering Epistemology and Computational Science. Computational STEAM Pedagogy (CSP). *Scientific Culture*, 4(2), 51-72.
- Psycharis, S., Kalovrektis, K. & Xenakis, A. (2020). A Conceptual Framework for Computational Pedagogy in STEAM Education: Determinants and Perspectives. *Hellenic Journal of STEM Education*, 1(1), 17-32.
- Schunk, D. H. (2012). *Learning Theories, an Educational Perspective (6th ed.)*. Boston, MA: Pearson Education Inc.
- Stahl, G. (2002). Contributions to a theoretical framework for CSCL. In G. Stahl (Ed.), Computer support for collaborative learning: Foundations for a CSCL community. *Proceedings of CSCL 2002*. (pp. 62-71). Boulder, CO: Lawrence Erlbaum Associates.
Web: <http://GerryStahl.net/cscl/papers/ch15.pdf>
- Thompson, B. (1985). Experience, problem solving and learning mathematics: Considerations in developing mathematics curricula. In Silver E.A. (ed.): *Teaching and Learning mathematical problem solving; Multiple research Perspectives*. Hillsdale N. J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in society: the development of higher psychological Processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wheatley, G. (1991). Constructivist Perspectives in Science and Mathematics Learning. *Science Education*, 75.

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Βοσνιάδου, Σ. (2001). *Πώς μαθαίνουν οι μαθητές*. Διεθνής Ακαδημία της Εκπαίδευσης. Διεθνές Γραφείο της Εκπαίδευσης της Unesco. Αθήνα: Gutenberg.
- Γεωργιτζίκη Ναταλία Θεόκλεια (2019). *Δημιουργώ με το Arduino και προγραμματίζω με το ArduBlock. Δραστηριότητες για το Δημοτικό*. ISBN: 978-618-00-1084-8

- Κόκοτας, Π. & Πήλιουρας, Π. (2003). Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σε ένα συνεργατικό μαθησιακό περιβάλλον. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα και Πράξη*, 4, 14 – 23.
- Σταυρίδου, Ε. (2000). *Συνεργατική μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες. Μία εφαρμογή στο Δημοτικό Σχολείο*. Βόλος: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας.