

Έλεγχος κινητήρων γερανού με χρήση διαδικτυακού περιβάλλοντος Tinkercad και μικροελεγκτή micro:bit στο πλαίσιο της εκπαίδευσης STEM από μαθητές Επαγγελματικού Λυκείου

Κωνσταντίνος Ασημακόπουλος¹, Κωνσταντίνος Σαλπασαράνης², Θωμάς Σπήλιου³

kostasasimakopoulos@gmail.com, salpak@gmail.com, spiliou@sch.gr

¹ Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και Κοινωνικής Εργασίας, Πανεπιστήμιο Πατρών

² Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

³ ΕΠΑΛ Κορυδαλλού

Περίληψη

Η εκπαίδευση STEM θεωρείται ότι συνεισφέρει σημαντικά στην προετοιμασία των μαθητών/τριών για τις δεξιότητες που είναι απαραίτητες στον 21ο αιώνα. Η μηχανική (engineering) μπορεί να αποτελέσει την κατάλληλη πλατφόρμα ώστε να ενσωματώσει τα Μαθηματικά, τις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία. Επιπρόσθετα, η Υπολογιστική Σκέψη έχει αναγνωριστεί ως μια θεμελιώδης δεξιότητα. Το συγκεκριμένο άρθρο διερευνά τις δυνατότητες ενσωμάτωσης του λογισμικού Tinkercad και του μικροελεγκτή micro:bit στην εκπαίδευση STEM, σε συνθήκες πραγματικής τάξης, ιδιαίτερα σε σχέση με τον έλεγχο κινητήρων (σερβοκινητήρων και κινητήρων συνεχούς ρεύματος) γερανού. Περιγράφει τη μεθοδολογία, τα αποτελέσματα, τα συμπεράσματα και την αξιολόγηση της εκπαιδευτικής διαδικασίας που ακολουθήθηκε σε τμήμα της Α' τάξης Επαγγελματικού Λυκείου. Οι μαθητές εργάστηκαν σε ομάδες και ανταποκρίθηκαν θετικά, επιλύοντας το πρόβλημα ελέγχου των κινητήρων που τέθηκε, χρησιμοποιώντας διαστάσεις της Υπολογιστικής Σκέψης και πρακτικές των φυσικών επιστημών και των μηχανικών.

Λέξεις κλειδιά: Υπολογιστική Σκέψη, STEM, Tinkercad, Έλεγχος μηχανής, Micro:bit

Εισαγωγή

Τα εκπαιδευτικά συστήματα κατά τον 20^ο αιώνα έδωσαν ελάχιστη σημασία στην τεχνολογία (Kelley and Knowles, 2016). Από την απαρχή του 21^{ου} αιώνα υποστηρίχθηκε η ανάγκη για τεχνολογικό αλφαριθμητικό των μαθητών ενσωματώνοντας πεδία όπως η φύση της τεχνολογίας, η σχέση τεχνολογίας και κοινωνίας, ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη ικανοτήτων για την κατανόηση του τεχνολογικού κόσμου και η ανάπτυξη εφαρμογών μηχανικής (engineering) (ITEA, 2000/2002/2007). Ο όρος engineering έχει χαρακτήρα ευρύτερο από την τεχνολογία με την έννοια ότι δίνει έμφαση στην ανάπτυξη και ανάλυση μαθηματικών μοντέλων (Hailey et al., 2005). Από τότε, ερευνητές επισημαίνουν την ανάγκη της σχολικής εκπαίδευσης : α) να δίνει έμφαση σε διαδικασίες σχεδιασμού (engineering design), β) να ενσωματώνει σημαντικές και κατάλληλες γνώσεις και δεξιότητες από μαθηματικά, φυσικές επιστήμες και τεχνολογία και γ) να προωθεί τις αξίες, τις συμπεριφορές και τις νοητικές δεξιότητες των μηχανικών (engineering habits of mind) (NAE & NRC, 2009).

Η συζήτηση αυτή έχει φέρει στο προσκήνιο την εκπαίδευση STEM από τα ακρωνύμια των λέξεων Science, Technology, Engineering and Mathematics.. Οι Kelly & Knowles (2016) ορίζουν την ολοκληρωμένη (integrated) STEM εκπαίδευση ως την προσέγγιση του να διδάξουμε περιεχόμενο STEM από δύο ή περισσότερα γνωστικά πεδία, δεσμευμένοι από τις

πρακτικές STEM, μέσα σε ένα αυθεντικό πλαίσιο, με σκοπό να συνδέσουμε αυτά τα πεδία ώστε να ενισχύσουμε τη διαδικασία μάθησης. Ερευνητές θεωρούν ότι η Διαδικασία Σχεδιασμού (Engineering Design) μπορεί να αποτελέσει έναν αποτελεσματικό τρόπο ενσωμάτωσης του περιεχομένου STEM στην εκπαίδευση (NAE and NRC 2009; NRC 2012; Kelley and Knowles, 2016). Η μέθοδος αυτή επιτρέπει, επίσης, τον εντοπισμό των τομών και των συνδέσεων μεταξύ των επιμέρους κλάδων STEM, γεγονός που είναι απαραίτητο για μια θεματικά ολοκληρωμένη προσέγγιση (Frykholm and Glasson 2005; Barnett and Hodson 2001). Ταυτόχρονα, ερευνητές αναδεικνύουν τις δυσκολίες στον προσδιορισμό της εκπαίδευσης STEM και τον σχεδιασμό ενός νέου αντικειμένου διδασκαλίας στο υπάρχον εκπαιδευτικό σύστημα της χώρας μας (Κολέζα, 2021).

Η βιβλιογραφία αναδεικνύει τρεις διαστάσεις στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών και των επιστημών των μηχανικών που είναι απαραίτητες για οποιαδήποτε STEM παρέμβαση (NRC, 2012; NAE & NRC, 2014): τις σημαντικές ιδέες των γνωστικών πεδίων, τις επικαλυπτόμενες (ή διατέμνουσες) έννοιες (crosscutting concepts) και τις πρακτικές των φυσικών επιστημών και των μηχανικών. Όσον αφορά στις πρακτικές των φυσικών επιστημών και των επιστημών των μηχανικών που μπορούν να συμβάλλουν στη βελτίωση της μάθησης αναφέρεται ότι οι μαθητές θα πρέπει να 1) θέτουν ερωτήματα (για τις φυσικές επιστήμες) και να καθορίζουν προβλήματα (για τις επιστήμες των μηχανικών), 2) αναπτύσσουν και χρησιμοποιούν μοντέλα, 3) σχεδιάζουν και πραγματοποιούν έρευνες, 4) αναλύουν και ερμηνεύουν δεδομένα, 5) χρησιμοποιούν μαθηματική και Υπολογιστική Σκέψη, 6) δομούν εξηγήσεις (για τις φυσικές επιστήμες) και σχεδιάζουν λύσεις (για τις επιστήμες των μηχανικών), 7) εμπλέκονται σε επιχειρηματολογία με βάση τα στοιχεία και 8) αποκτούν, αξιολογούν και επικοινωνούν την πληροφορία.

Επιπρόσθετα, σημαντική για την εκπαίδευση των μαθητών κρίνεται η ικανότητα Υπολογιστικής Σκέψης (Wing, 2006). Η Υπολογιστική Σκέψη αποτελεί μια μεθοδολογία επίλυσης προβλημάτων από την οπτική των επιστημών πληροφορικής που περιλαμβάνει – αλλά δεν περιορίζεται σε αυτές- τις έννοιες της Αφαίρεσης (Abstraction), της Αναγνώρισης Προτύπων (Pattern Recognition), της Αποσύνθεσης (Decomposition), των Αλγορίθμων (Algorithms), στην εύρεση βέλτιστης λύσης και στη γενίκευσή της ώστε να εφαρμοστεί σε διαφορετικά προβλήματα παρόμοιας φύσης (Wing, 2006; ISTE & CSTA, 2011; CSTA, 2017). Η Υπολογιστική Σκέψη δεν πρέπει να νοείται ως μια διαδικασία προγραμματισμού αλλά να θεωρείται θεμελιώδης δεξιότητα για τον καθένα αφού αναφέρεται ως ο τέταρτος πυλώνας στη θεμελίωση του οικοδομήματος της Σκέψης (Κολέζα, 2021). Συμπληρώνει δηλαδή τη μαθηματική σκέψη (π.χ. επίλυση προβλημάτων), τη μηχανική σκέψη (σχεδιασμός και αξιολόγηση διαδικασιών) και την επιστημονική σκέψη (συστηματική ανάλυση) ως ένας τύπος αναλυτικής σκέψης (Κολέζα, 2021).

Η εκπαιδευτική ρομποτική μπορεί να βοηθήσει τον χρήστη να σχεδιάσει, να κατασκευάσει, να προγραμματίσει, να ελέγξει και να πειραματιστεί με τη δική του κατασκευή. Μέσα από αυτήν τη διαδικασία ο μαθητής καθίσταται ικανός να δομήσει τα δικά του νοήματα βλέποντας την ουδέτερη ανταπόκριση του μέσου δια μέσου της ρομποτικής κατασκευής του (Alimisis & Kynigos, 2009). Το διαδικτυακό λογισμικό Tinkercad και ο μικροελεγκτής micro:bit δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να υλοποιούν και να επεκτείνουν τις ιδέες τους, με τη χρήση λειτουργιών ενσωματωμένων στο λογισμικό. Μία από τις πλευρές της μαθησιακής διαδικασίας που αναγνωρίζεται ως σημαντική είναι η μάθηση μέσα από την κατασκευή (constructionism) που μπορεί να οριστεί ως η διαδικασία του «μαθαίνω φτιάχνοντας» (learning by making) (Harel & Papert, 1991). Μέσα από αυτήν την οπτική η διαδικασία και το περιεχόμενο της μάθησης ενοποιούνται, αφού οι έννοιες ενσωματώνονται στο τεχνολογικό εργαλείο. Το γεγονός αυτό είναι πολύ σημαντικό στη διδακτική διαδικασία,

αφού ο μαθητής μπορεί να καθοδηγεί και να ελέγχει μια φυσική οντότητα μέσα από ένα εύρηστο προγραμματιστικό περιβάλλον. Η πρόσθετη παιδαγωγική αξία προκύπτει από τη δυνατότητα του μαθητή να ελέγχει μια μηχανή μέσα από τον έλεγχο κυκλωμάτων και κινητήρων δηλαδή να συσχετίζει τον εικονικό και συμβολικό κόσμο με φυσικά αντικείμενα (Resnick et al., 2000). Μέσα από αυθεντικά σενάρια που έχουν νόημα για τους μαθητές, η εκπαιδευτική ρομποτική μπορεί να έχει θετικά αποτελέσματα στη διεπιστημονική προσέγγιση της γνώσης (Eguchi, 2014) και στην ενδυνάμωση ουσιαστικών δεξιοτήτων χρήσιμων στην κοινωνία (Alimisis, 2013).

Μεθοδολογία

Σχεδιασμός της εκπαιδευτικής παρέμβασης

Η εκπαιδευτική παρέμβαση είχε ως σκοπό να σχεδιάσει και να υλοποιήσει μια διδακτική ενότητα, σε πραγματική τάξη, με θεματολογία επιλεγμένη από τις Απλές Μηχανές (ο γερανός ως μοχλός) αξιοποιώντας την εκπαίδευση STEM, εμπλέκοντας τις Επιστήμες, την Τεχνολογία, την Μηχανική και τα Μαθηματικά, σε συνδυασμό με την καλλιέργεια Υπολογιστικής Σκέψης, αξιοποιώντας το περιβάλλον Tinkercad και τον μικροελεγκτή micro:bit στην Α Λυκείου του ΕΠΑ.Λ. Κορυδαλλού. Στο ωρολόγιο πρόγραμμα της Α' Τάξης υπάρχουν τα μαθήματα Ερευνητική Εργασία στην Τεχνολογία (ΕΕΤ) και Πληροφορική. Η παρέμβαση πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια αυτών των μαθημάτων σε συνθήκες πραγματικής σχολικής τάξης. Η διάρκεια της παρέμβασης ήταν 16 εβδομάδες, από τον Ιανουάριο του 2024 έως τον Απρίλιο του ίδιου έτους. Οι μαθητές ήταν χωρισμένοι σε έξι ομάδες των 3-4 ατόμων οι οποίες παρέμειναν σταθερές σε όλη τη διάρκεια της παρέμβασης. Ένας μαθητής από την ομάδα είχε τον ρόλο γραμματέα και κρατούσε σημειώσεις. Η επιλογή του τμήματος ήταν τυχαία και αποτελούσε ένα από τα οκτώ τμήματα της Α' τάξης του σχολείου. Στους μαθητές δόθηκε ένα πρόβλημα σχετικά με την ανύψωση και μεταφορά φορτίων. Ειδικότερα, στη συγκεκριμένη εργασία κλήθηκαν να σχεδιάσουν τα κυκλώματα και να προγραμματίσουν μηχανισμό που να μπορεί, εξ αποστάσεως, με χειρισμό να ανυψώνει ανθρώπους ώστε να μεταφέρονται από και προς τη σκηνή ενός θεάτρου.

Κατά τη διάρκεια της παρέμβασης καταγράφηκαν οι οθόνες των υπολογιστών με ειδικό πρόγραμμα καταγραφής οθόνης. Επιπρόσθετα, καταγράφηκαν διάλογοι των ομάδων των μαθητών καθώς και συζητήσεις με τον ερευνητή σε συγκεκριμένα θέματα κατά την πορεία της εργασίας τους προκειμένου να αξιολογηθεί η ικανότητα των μαθητών να χρησιμοποιούν τις λειτουργικότητες του διαδικτυακού λογισμικού Tinkercad και του μικροελεγκτή micro:bit για να ελέγξουν κινητήρες γερανού.

Οι στόχοι της παρέμβασης τέθηκαν ως ακολούθως: αφενός οι μαθητές α) να χρησιμοποιήσουν έννοιες των φυσικών επιστημών και των μαθηματικών για να μοντελοποιήσουν ένα σύστημα γερανού προκειμένου να ελέγξουν τους κινητήρες του για ανύψωση και μεταφορά φορτίων, β) να καλλιεργήσουν δεξιότητες Υπολογιστικής Σκέψης και γ) να καλλιεργήσουν δεξιότητες του 21^{ου} αιώνα, αφετέρου να διερευνηθεί η δυνατότητα δ) χρήσης του διαδικτυακού λογισμικού Tinkercad και του μικροελεγκτή micro:bit από τους μαθητές, ε) συνεργασίας εκπαιδευτικών διαφορετικών ειδικοτήτων και στ) υλοποίησης εκπαίδευσης STEM σε πραγματικές συνθήκες τάξης. Η εκπαιδευτική παρέμβαση περιλάμβανε δραστηριότητες συνδυάζοντας τόσο τον πειραματισμό με φυσικά αντικείμενα όσο και την χρήση λογισμικών, προγραμματιστικών εργαλείων και μικροελεγκτή.

Η παρέμβαση ολοκληρώνεται σε τρεις φάσεις. Αρχικά, οι μαθητές εξοικειώνονται με το περιβάλλον του TinkerCad. Στη συνέχεια, μαθαίνουν βασικές έννοιες προγραμματισμού υπολογιστών (όπως μεταβλητές, βρόχους και συνθήκες) και προγραμματισμού χειρισμού

γεγονότων ή συμβάντων (event-driven programming) παράλληλα με την εξοικείωση στο σχεδιασμό κυκλωμάτων και τον τρόπο λειτουργίας των servo και DC κινητήρων. Τέλος, οι μαθητές σχεδιάζουν και υλοποιούν, συνδέοντας τον μικροελεγκτή micro:Bit με δύο DC κινητήρες, την πραγματική κατασκευή για το σύστημα ελέγχου του γερανού. Στην κύρια δραστηριότητα, οι μαθητές καλούνται να σχεδιάσουν, να προγραμματίσουν και να κατασκευάσουν ένα σύστημα ελέγχου για έναν γερανό που κινεί δύο DC κινητήρες. Ο ένας κινητήρας είναι υπεύθυνος για την κίνηση του γερανού δεξιόστροφα και αριστερόστροφα, ενώ ο άλλος για την ανύψωση και κατέβαση του γάντζου του.

Η ανελαστικότητα του εκπαιδευτικού συστήματος και η αδυναμία των εκπαιδευτικών να συνεργαστούν στο πλαίσιο του προγράμματος σπουδών αποτελούν τροχοπέδη σε πρακτικό επίπεδο (Κολέζα, 2021). Σε αυτή την παρέμβαση προσπαθήσαμε να μεταβάλλουμε αυτή την πραγματικότητα του σχολείου. Η συνεργασία εκπαιδευτικών διαφορετικών ειδικοτήτων κρίθηκε απαραίτητη και σημαντική για την υλοποίηση μέσα στο υπάρχον πρόγραμμα σπουδών σε πραγματική τάξη. Συγκεκριμένα, συνεργάστηκαν στην υλοποίηση εκπαιδευτικοί διαφορετικών ειδικοτήτων: μηχανικοί (μηχανολόγος, πολιτικός και ηλεκτρολόγος) και πληροφορικός. Ο πλουραλισμός των ειδικοτήτων βοήθησε στις έγκαιρες και καίριες αλλαγές που έπρεπε να γίνουν αφού κάθε εβδομάδα υπήρχε συζήτηση για την πορεία των μαθητών, το χρονοδιάγραμμα υλοποίησης, τις αλλαγές στο περιεχόμενο των δραστηριοτήτων και τον τρόπο εφαρμογής τους. Οι μαθητές του τμήματος έκαναν τα μαθήματα της Τεχνολογίας και της Πληροφορικής με δύο εκπαιδευτικούς (μηχανικό και πληροφορικό) όπως όλοι οι μαθητές της Α΄ Τάξης των ΕΠΑ.Λ. Η συνεργασία των εκπαιδευτικών στη συγκεκριμένη παρέμβαση είχε τη διευκόλυνση και την καθοδήγηση της διεύθυνσης του σχολείου όπως και άλλες παρόμοιες παρεμβάσεις που, στο παρελθόν, έχουν υλοποιηθεί στο συγκεκριμένο σχολείο με θετικά αποτελέσματα (Asimakopoulos et al., 2018; Karkazis et al., 2018).

Ψηφιακά εργαλεία

Ο σχεδιασμός της παρέμβασης περιλάμβανε το δωρεάν διαδικτυακό λογισμικό μοντελοποίησης Tinkercad το οποίο επιτρέπει τον σχεδιασμό της συνδεσμολογίας των απαιτούμενων κινητήρων με τον μικροελεγκτή micro:bit, τον προγραμματισμό και την προσομοίωση της λειτουργίας της κατασκευής.

Το micro:bit (Εικόνα 1) είναι ένας μικροσκοπικός υπολογιστής (μικροελεγκτής) ανοιχτής σχεδίασης που αναπτύχθηκε από μια ομάδα εταιρειών υπό την καθοδήγηση του βρετανικού BBC στο Ηνωμένο Βασίλειο το 2015 και διανεμήθηκε σε κάθε επτάχρονο μαθητή για τη διδασκαλία της επιστήμης των υπολογιστών. Πρόκειται για μια μικρού μεγέθους πλακέτα, διαστάσεων πιστωτικής κάρτας, που περιλαμβάνει έναν ισχυρό μικροελεγκτή ARM M0+, δύο φυσικά κουμπιά σημειωμένα με Α και Β, ένα 5x5 πλέγμα από led (led matrix) για την απεικόνιση γραμμάτων και αριθμών, είναι εξοπλισμένη με αισθητήρα φωτός, επιταχυνσιόμετρο, μαγνητόμετρο και θερμομέτρο, επιτρέπει την ασύρματη επικοινωνία μέσω



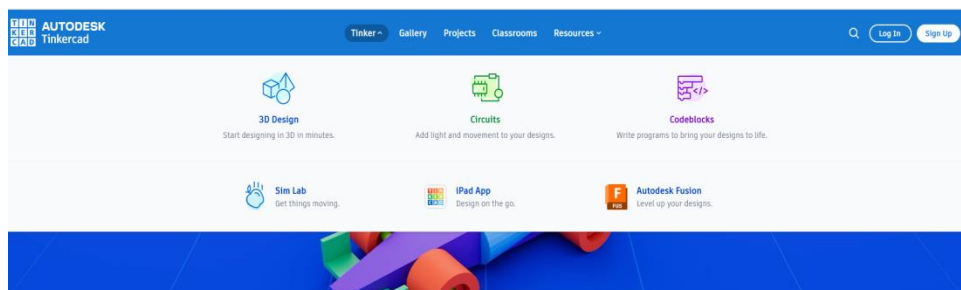
Εικόνα 6. Μικροελεγκτής micro:Bit

ραδιοκυμάτων και bluetooth και προσφέρει δυνατότητες διασύνδεσης με εξωτερικά

εξαρτήματα για είσοδο ή έξοδο. Διαθέτει, τέλος, έναν ακροδέκτη παροχής ρεύματος 3V και έναν ακροδέκτη γείωσης (GND).

Το micro:bit μπορεί να προγραμματιστεί με προγραμματιστικά περιβάλλοντα όπως το MakeCode, το TinkerCad, η γλώσσα προγραμματισμού Python ή η γλώσσα προγραμματισμού Javascript. Στην παρούσα μελέτη, χρησιμοποιήθηκε το περιβάλλον TinkerCad.

Το TinkerCad (Εικόνα 2) είναι ένα, απλό και εύχρηστο, δωρεάν διαδικτυακό περιβάλλον μοντελοποίησης 3D, εικονικών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και προγραμματισμού κινούμενων 3D μοντέλων που λειτουργεί σε ένα πρόγραμμα περιήγησης ιστού. Κυκλοφόρησε το 2011 και χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία μοντέλων για τρισδιάστατη εκτύπωση και εισαγωγή σε εποικοδομητική στερεομετρία σε σχολεία. Το 2017 προστέθηκε η κατηγορία ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και το 2018 εμπλουτίστηκε με την κατηγορία τρισδιάστατων κινούμενων μοντέλων.



Εικόνα 7. Διαδικτυακό περιβάλλον TinkerCad

Δραστηριότητες

Εκμάθηση Περιβάλλοντος Tinkercad

Για την αποτελεσματική εκμάθηση και χρήση του micro:bit, οι μαθητές ξεκινούν με δραστηριότητες διαβαθμισμένης δυσκολίας στο περιβάλλον Tinkercad. Μέσω της πλατφόρμας, εξοικειώνονται αφενός με το σχεδιασμό συνδεσμολογιών που υλοποιούν κατασκευές ελέγχου με τη βοήθεια του micro:bit, αφετέρου με τον προγραμματισμό του. Μαθαίνουν βασικές εντολές και δομές κώδικα και κατανοούν τη λειτουργία των κινητήρων.

Πιο αναλυτικά, η φάση αυτή περιλαμβάνει τις παρακάτω δραστηριότητες:

- Εισαγωγή στο Tinkercad: Επισκόπηση του περιβάλλοντος, δημιουργία λογαριασμού, διαθέσιμες κατηγορίες και βασικές λειτουργίες.
- Προγραμματισμός του micro:bit: Εξοικείωση με το block-based προγραμματιστικό περιβάλλον του Tinkercad. Δημιουργία προγραμμάτων που ενσωματώνουν τις βασικές προγραμματιστικές τεχνικές και τη διαχείριση γεγονότων ή συμβάντων. Εξερεύνηση βασικών προγραμματιστικών τεχνικών, περιορισμών και τρόπων επίλυσης προβλημάτων αλληλεπίδρασης χρήστη-προγράμματος.

Εφαρμογή σε Πραγματικά Κυκλώματα

Μετά την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων εξοικείωσης στο Tinkercad, οι μαθητές χρησιμοποιούν το περιβάλλον για να σχεδιάσουν, να προγραμματίσουν και να προσομοιώσουν τη λειτουργία πραγματικών κυκλωμάτων χρησιμοποιώντας μικροελεγκτή micro:bit, καλώδια, ελεγκτή κινητήρων και κινητήρες από τα διαθέσιμα εργαλεία του περιβάλλοντος. Στη συνέχεια συναρμολογούν την πραγματική κατασκευή συνδέοντας τα

απαραίτητα εξαρτήματα, μεταφορτώνουν το πρόγραμμα που δημιούργησαν και ελέγχουν την ορθότητα της λειτουργίας της πραγματικής κατασκευής.

Αυτή η φάση περιλαμβάνει, πιο συγκεκριμένα, τις δραστηριότητες:

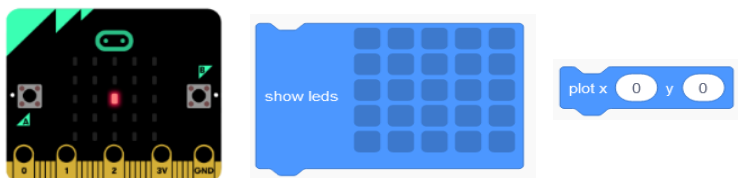
- Προσομοίωση Servo Κινητήρων: Σύνδεση και προγραμματιστικός έλεγχος servo κινητήρων μέσω του micro:bit. Εξερεύνηση των δυνατοτήτων και των περιορισμών των servo κινητήρων σε κατασκευές ελέγχου κίνησης.
- Προσομοίωση DC Κινητήρων: Σύνδεση και έλεγχος DC κινητήρων, πειρατισμός μεταβολής της πολικότητας και επίδρασης στην φορά κίνησης, εξερεύνηση των διαφορών μεταξύ servo και DC κινητήρων.
- Σχεδιασμός και Υλοποίηση του Κυκλώματος: Σύνδεση των δύο DC κινητήρων με τον ελεγκτή κινητήρων και το micro:bit. Καθορισμός της λειτουργίας του συστήματος ελέγχου του γερανού.
- Προγραμματισμός: Δημιουργία κώδικα στο προγραμματιστικό περιβάλλον TinkerCad για τον έλεγχο των κινητήρων μέσω των κουμπιών (buttons) του micro:bit.
- Κατασκευή συστήματος: Συναρμολόγηση των εξαρτημάτων (micro:bit, καλώδια, κουμπιά, ελεγκτής κινητήρων) που απαιτεί η κατασκευή (χειριστήριο) ελέγχου του γερανού.
- Μεταφόρτωση προγράμματος: Παραγωγή αρχείου εντολών και μεταφόρτωση του προγράμματος που αναπτύχθηκε στο περιβάλλον TinkerCad στον μικροελεγκτή micro:bit. Εκτέλεση του κώδικα στην κατασκευή.
- Δοκιμή και Βελτιστοποίηση: Δοκιμή του συστήματος και βελτιστοποίηση του κώδικα για ομαλή λειτουργία. Παρακολούθηση και προσαρμογή των αποτελεσμάτων για βελτιστοποίηση της λειτουργίας.

Αποτελέσματα

Οι δραστηριότητες στο Tinkercad βοήθησαν σημαντικά τους μαθητές να κατανοήσουν τις βασικές αρχές του προγραμματισμού και του ελέγχου κινητήρων με micro:bit. Οι μαθητές απέκτησαν τις ακόλουθες δεξιότητες ώστε να :

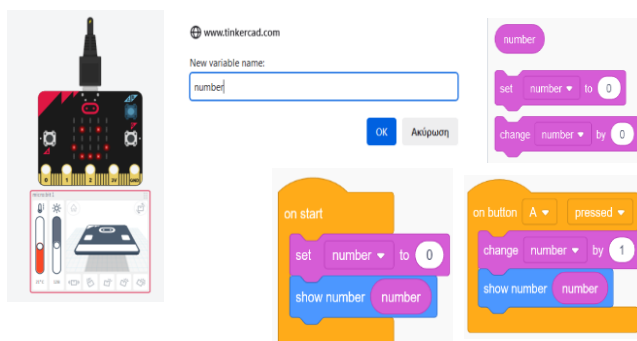
Χρησιμοποιούν μαθηματική και Υπολογιστική Σκέψη.

- Οι μαθητές έμαθαν να γράφουν εντολές και να κατανοούν τη δομή ενός προγράμματος. Δημιούργησαν προγράμματα για να αναβοσβήνουν ένα LED στο πλέγμα του micro:bit, να σχηματίζουν κυλιόμενες εικόνες πειραματιζόμενοι με τις συντεταγμένες του πλέγματος και το χρόνο αναμονής μεταξύ δύο διαδοχικών απεικονίσεων με αποτέλεσμα την κατανόηση και ορθή χρήση βασικών εντολών προγραμματισμού (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Προγραμματισμός LED στο πλέγμα του micro:Bit

- Οι μαθητές πειραματίστηκαν στην αλληλεπίδραση με το πάτημα των κουμπιών Α και Β του micro:bit και τη χρήση μεταβλητών στο πρόγραμμα (Εικόνα 4) και μπόρεσαν να αξιολογήσουν και διαχειριστούν γεγονότα ή συμβάντα (event-driven programming).



Εικόνα 4. Διαχείριση συμβάντων (event-driven programming) και αλληλεπίδραση μέσω των κουμπιών του micro:bit

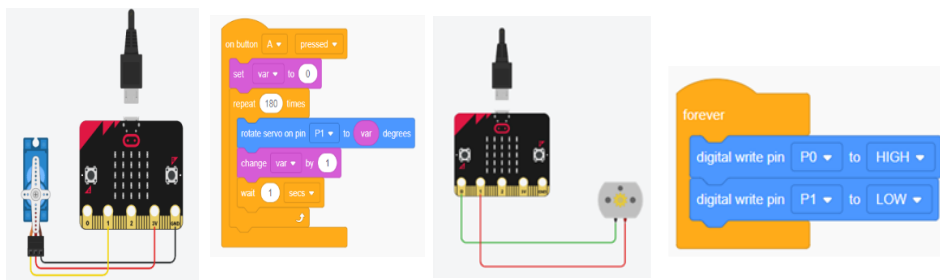
Η ενασχόληση με αυτές τις δραστηριότητες βοήθησε τους μαθητές να διαχωρίζουν με επιτυχία το αρχικό πρόβλημα σε επιμέρους υπο-προβλήματα, να αναγνωρίζουν και να εφαρμόζουν μοτίβα για την επίλυση του συνολικού προβλήματος να δημιουργούν επιτυχείς και αποτελεσματικές ψηφιακές κατασκευές τις οποίες προγραμματίζουν και εκσφαλματώνουν με επιτυχία ενισχύοντας τις δεξιότητές τους στην Υπολογιστική Σκέψη (Εικόνα 5).



Εικόνα 8. Αποσύνθεση, Αναγνώριση προτύπων, Αφαίρεση

Δομούν εξηγήσεις για τις φυσικές επιστήμες και σχεδιάζουν λύσεις για τις επιστήμες των μηχανικών.

- Οι μαθητές ανέλυσαν τη λειτουργία servo κινητήρων και DC κινητήρων, σχεδίασαν και προγραμματίσαν το σύστημα επηρεάζοντας την ταχύτητα και την κατεύθυνση περιστροφής.



Εικόνα 9. Προγραμματιστικό περιβάλλον makecode και έλεγχος κινητήρων

Ερμήνευσαν την επίδραση της πολικότητας στη φορά κίνησης και τη σύνδεσαν με το φυσικό μέγεθος ροπή δύναμης. Σύγκριναν τον τρόπο προγραμματισμού και ελέγχου των δύο κατηγοριών κινητήρων (Εικόνα 6).

Αναπτύσσουν και χρησιμοποιούν μοντέλα.

- Οι μαθητές σχεδίασαν τη συνδεσμολογία, προγραμματίσαν την λειτουργία των κινητήρων, ερμήνευσαν τον τρόπο που ο κώδικας επηρεάζει το φυσικό σύστημα, προσομοίωσαν την λειτουργία του ηλεκτρονικού κυκλώματος και μοντελοποίησαν το πρόβλημα ελέγχου των δύο κινητήρων ενός γερανού.

Αναλύουν, ερμηνεύουν δεδομένα και αξιολογούν την πληροφορία.

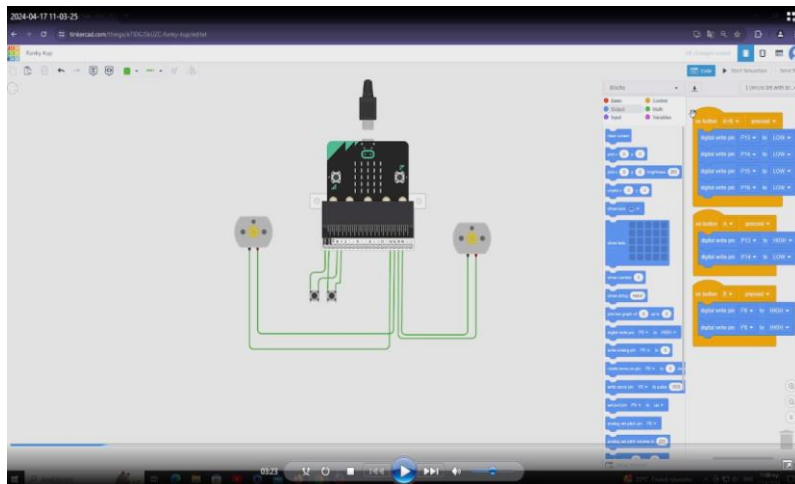
- Οι μαθητές, μέσω της προσομοίωσης της λειτουργίας του κυκλώματος, αναγνώρισαν, αντιμετώπισαν και έλυσαν προβλήματα του σχεδιασμού ή/και του κώδικα, βελτιώνοντας τις ικανότητές τους στην αξιολόγηση της πληροφορίας, στην επίλυση προβλημάτων και στην Υπολογιστική Σκέψη.

Επιχειρηματολογούν με βάση τα στοιχεία.

- Οι μαθητές καθ' όλη τη διάρκεια των δραστηριοτήτων, εργαζόμενοι σε μικρές ομάδες, παρατήρησαν, συζήτησαν και επιχειρηματολόγησαν για βασικές έννοιες των φυσικών επιστημών καθώς και προβλήματα και λύσεις από τις επιστήμες των μηχανικών.

Συσχετίζουν επικαλυπτόμενες έννοιες των φυσικών επιστημών και των επιστημών των μηχανικών.

- Οι μαθητές σκέφτηκαν τη δομή και λειτουργία της κατασκευής, μοντελοποίησαν το πραγματικό πρόβλημα, εντόπισαν μοτίβα στη συνδεσμολογία και στον κώδικα (Εικόνα 7), επισήμαναν περιορισμούς και ανέδειξαν αναλογίες μεταξύ της πραγματικής και εικονικής κατασκευής.



Εικόνα 10. Μοντελοποίηση ελέγχου κινητήρων γερανού στο Tinkercad

Συμπεράσματα

Η χρήση του micro:bit σε συνδυασμό με το περιβάλλον Tinkercad αποτελεί μια αποτελεσματική προσέγγιση για την εκπαίδευση στην Υπολογιστική Σκέψη και στην εκπαίδευση STEM. Η αξιοποίηση των δυνατοτήτων του διαδικτυακού περιβάλλοντος Tinkercad και των λειτουργιών του μικροελεγκτή micro:bit σε δραστηριότητες βασισμένες

στον έλεγχο κινητήρων μηχανής παρείχαν στους μαθητές το κατάλληλο εκπαιδευτικό περιβάλλον ώστε να πειραματιστούν με τη σχεδίαση και προγραμματισμό μοντέλων. Είναι σημαντικό ότι όλες οι ομάδες κατάφεραν να επιλύσουν το πρόβλημα και να προγραμματίσουν τον μικροελεγκτή έτσι ώστε να ελέγχουν τους κινητήρες του γερανού για ανύψωση και μεταφορά φορτίων. Οι μαθητές έδειξαν μεγάλο ενδιαφέρον και ενθουσιασμό και συμμετείχαν ουσιαστικά στις ομάδες τους για τη σχεδίαση των κυκλωμάτων, τον πειραματισμό με τους κινητήρες, τον προγραμματισμό της μηχανής έτσι ώστε να ολοκληρώσουν το έργο τους και να δουν ότι η κίνηση του γερανού, δηλαδή του φυσικού αντικείμενου, ανταποκρίνεται σε αυτό που σχεδίασαν στον εικονικό και συμβολικό κόσμο.

Η προσέγγιση αυτή διευκόλυνε τους μαθητές να αναπτύξουν το μοντέλο επίλυσης του προβλήματος ανύψωσης και μεταφοράς φορτίων με τη χρήση γερανού καθώς χρησιμοποίησαν πρακτικές των φυσικών επιστημών και των επιστημών των μηχανικών (engineering). Πιο συγκεκριμένα, ανέλυσαν και ερμήνευσαν δεδομένα, χρησιμοποίησαν μαθηματική και Υπολογιστική Σκέψη, δόμησαν εξηγήσεις για τις φυσικές επιστήμες και σχεδίασαν λύσεις για τη μηχανική, επιχειρηματολόγησαν με βάση τα στοιχεία, αξιολόγησαν τις προτάσεις τους και παρουσίασαν το μοντέλο τους. Παράλληλα, οι μαθητές ενισχύθηκαν σε σχέση με τη διασύνδεση των γνωστικών πεδίων των φυσικών επιστημών και των επιστημών των μηχανικών. Η συνεργασία σε ομάδες συνέβαλε στην ενδυνάμωση ουσιαστικών επικοινωνιακών και συνεργατικών δεξιοτήτων ιδιαίτερα χρήσιμων στη σύγχρονη κοινωνία.

Η συνεργασία των εκπαιδευτικών διαφορετικών ειδικοτήτων κρίθηκε όχι μόνο αναγκαία αλλά κατέστη εφικτή και αποτελεσματική στην εφαρμογή της συγκεκριμένης παρέμβασης. Η εκπαίδευση STEM με χρήση ρομποτικών διατάξεων απαιτεί γνώσεις από ποικίλα επιστημονικά πεδία και αποτελεί αναγκαioτητα η συνεισφορά εκπαιδευτικών με διαφορετικές γνώσεις και δεξιότητες. Τα θετικά αποτελέσματα δικαιώνουν την προσπάθεια των εκπαιδευτικών και συμβάλλουν στη συζήτηση για συνεργασία εκπαιδευτικών διαφορετικών ειδικοτήτων. Παράλληλα, η πρότασή μας μπορεί να συνεισφέρει στη συζήτηση για θεσμικές αλλαγές σε αυτή την κατεύθυνση με στόχο την ποιοτική βελτίωση της εκπαίδευσης στο σύγχρονο τεχνολογικό περιβάλλον. Η επαφή των μαθητών με μηχανές (απλές ή σύνθετες) μέσα από προγράμματα εκπαίδευσης STEM σχεδιασμένα και υλοποιούμενα από εκπαιδευτικούς διαφορετικών ειδικοτήτων εκτιμούμε ότι μπορούν να συμβάλλουν στην ενδυνάμωση της διεπιστημονικής γνώσης, την καλλιέργεια της Υπολογιστικής Σκέψης και την ανάπτυξη δεξιοτήτων του 21^{ου} αιώνα.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Alimisis, D. (2013). Educational Robotics: Open Questions and New Challenges. *Themes in Science and Technology Education*, 6, 63-71.
- Alimisis, D., & Kynigos, C. (2009). Constructionism and Robotics in Education. In D. Alimisis (Ed.), *Teacher Education on Robotics-enhanced Constructivist Pedagogical Methods* (pp. 11-26). Athens, Greece: School of Pedagogical and Tech. Education.
- Asimakopoulos, K., Zoulias, E., Saranteas, I., Makaris, I., Sandali, G. & Spiliou, T. (2018). The eCraft2Learn project in 1st EPAL KORYDALLOS: integrating a FabLab in the school curriculum. Στα πρακτικά εργασιών του 11ου Πανελληνίου και Διεθνούς Συνεδρίου *Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση* (σελ. 609-616), ΑΠΘ - ΠΑΜΑΚ, Θεσσαλονίκη, 19-21 Οκτωβρίου 2018.
- Barnett J., & Hodson D. (2001). Pedagogical context knowledge: toward a fuller understanding of what good science teachers know. *Science Education*, 85(4), 426-453.
- CSTA (2017). K-12 Computer Science Standards. Retrieved May, 25, 2024, from <https://csteachers.org/k12standards/>
- Eguchi, A. (2014). Robotics as a Learning Tool for Educational Transformation. In D. Alimisis, G. Granosik & M. Moro (Eds.), *Proceeding of 4th International Workshop Teaching Robotics, Teaching with Robotics & 5th International Conference Robotics in Education* (pp. 26-33). Padova (Italy), 18 July 2014.

- Frykholm J., Glasson G. (2005), Connecting science and mathematics instruction: pedagogical context knowledge for teachers. *School Science and Mathematics*, 105(3), 127-141.
- Hailey, C. E., Erikson, T. L., Becker, K. H. & Thomas, M. (2005). National Center for Engineering and Technology Education. *The Technology Teacher*, 64, (5), 23-26.
- Harel, I. & Papert, S. (Eds.) (1991). *Constructionism*. Ablex, Norwood NJ.
- International Society for Technology in Education (ISTE) & Computer Science Teachers Association (CSTA) (2011). *Computational Thinking Operational Definition ISTE*. Ανακτήθηκε 25 Μαΐου, 2024, από https://cdn.iste.org/www-root/Computational_Thinking_Operational_Definition_ISTE.pdf
- International Technology Education Association (ITEA, 2000/2002/2007). *Standards for Technological Literacy (STL): Content for the Study of Technology*. Reston, VA: ITEEA.
- Karkazis, P., Balourdos, P., Pitsiakos, G., Asimakopoulos, K., Saranteas, I., Spiliou, T. & Roussou, D. (2018). Application of Educational Robotics on an Automated Water Management System. *International Journal of Smart Education and Urban Society (IJSEUS)*, 9(1), 25-36.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM education*, 3, 1-11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Κολέζα, Ε. (2021). STEM ή CT-EMS? Στο Α. Καμέας & Σ. Παπαδάκης (Επιμ.), *Πρακτικά Εκπαιδευτικοί & Εκπαίδευση STE(A)M*, (σελ. 21-28). Πάτρα, Ελλάδα: ΕΑΠ: ISBN: 978-618-5497-24-8
- National Academy of Engineering & National Research Council (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Academy of Engineering & National Research Council (2009). *Engineering in K-12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects*. Linda Katehi, Greg Pearson, and Michael Feder, Editors; Committee on K-12 Engineering Education; Washington, D.C.: National Academies Press
- National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academy Press.
- Resnick, M, Berg, R, & Eisenberg, M. (2000). Beyond black boxes: bringing transparency and aesthetics back to scientific investigation. *The Journal Of The Learning Sciences*, 9(1), 7-30. doi:10.1207/s15327809jls0901_3
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.