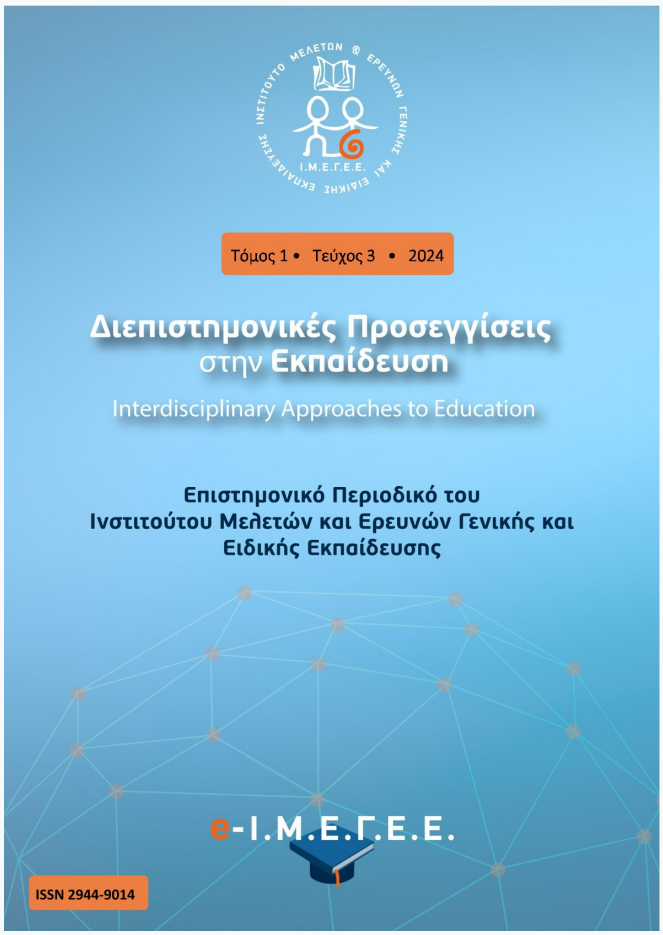
ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Διεπιστημονικές Προσεγγίσεις στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1, Αρ. 3 (2024)

Διεπιστημονικές Προσεγγίσεις στην Εκπαίδευση



STEM Education και ο ρόλος των Μαθηματικών-Ένα παράδειγμα καινοτόμου διδακτικής πρακτικής με το Edison V2.0 Robot για τη διαισθητική εξοικείωση στον πολλαπλασιασμό του 2

Τρύφων Σπυρόπουλος

doi: 10.12681/....35315

Βιβλιογραφική αναφορά:

Σπυρόπουλος Τ. (2024). STEM Education και ο ρόλος των Μαθηματικών-Ένα παράδειγμα καινοτόμου διδακτικής πρακτικής με το Edison V2.0 Robot για τη διαισθητική εξοικείωση στον πολλαπλασιασμό του 2. *Διεπιστημονικές Προσεγγίσεις στην Εκπαίδευση*, *1*(3). https://doi.org/10.12681/.35315

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 23/03/2026 23:40:00

STEM Education και ο ρόλος των Μαθηματικών-Ένα παράδειγμα καινοτόμου διδακτικής πρακτικής με το Edison V2.0 Robot για τη διαισθητική εξοικείωση στον πολλαπλασιασμό του 2

Σπυρόπουλος Τρύφων
Εκπαιδευτικός Π.Ε.70, M.Sc Ε.Α.Ε, Πτυχίο Ιστορία & Φιλοσοφίας της Επιστήμης, M.Sc STS-Science, Technology, Society
Trsp2014@gmail.com

Περίληψη

Στο θεωρητικό μέρος αυτής της εργασίας παρουσιάζεται μέσα από τη διεθνή βιβλιογραφία η σχέση μεταξύ των Μαθηματικών και της STEM Education προσέγγισης. Αρχικά, αναφέρεται η εννοιολογική οριοθέτηση της STEM Education προσέγγισης και οι περιορισμοί που υπάρχουν σε αυτή. Στη συνέχεια αναδεικνύεται ο υποβαθμισμένος ρόλος των μαθηματικών σε σχέση με τα άλλα πεδία του STEM. Στο πρακτικό μέρος της εργασίας, παρουσιάζεται ένα παράδειγμα ουσιαστικής ενσωμάτωσης των Μαθηματικών στη STEM Education προσέγγιση με μία καινοτόμο διδακτική πρακτική, η οποία αξιοποιεί τα μαθηματικά και τη ρομποτική και υλοποιήθηκε για τα Εργαστήρια Δεξιοτήτων τη σχολική χρονιά 2021-2022 σε Α΄ τάξη του 14ου Δημοτικού Σχολείο Αθηνών. Συγκεκριμένα, αξιοποιήθηκε το Edison V2.0 Robot, στο πλαίσιο του επιμορφωτικού προγράμματος STEM 3.0-Εκπαιδευτική ρομποτική με το Edison, για τη διαισθητική εξοικείωση στον πολλαπλασιασμό του 2.

Λέξεις Κλειδιά: STEM Education, Μαθηματικά και STEM Education, Edison V2.0 Robot

STEM Education and the role of Mathematics-An example of innovative teaching practice with the Edison V2.0 Robot to understand the multiplication of 2

Abstract

In the theoretical part of this article, the relationship between Mathematics and the STEM Education approach is presented through international literature. First, the basic definitions of the STEM Education approach and the limitations that exist are mentioned. Then the downgraded role of mathematics in relation to the other fields of STEM is shown. In the practical part of the article, an example of the essential integration of Mathematics in the STEM Education approach is presented with an innovative teaching practice, which utilizes mathematics and robotics and was implemented in the 2021-2022 school year in the 1st grade of the 14th Primary School of Athens. In particular, the Edison V2.0 Robot was used, in the context of the educational program STEM 3.0-Educational robotics with Edison, to understand and practice the multiplication of 2.

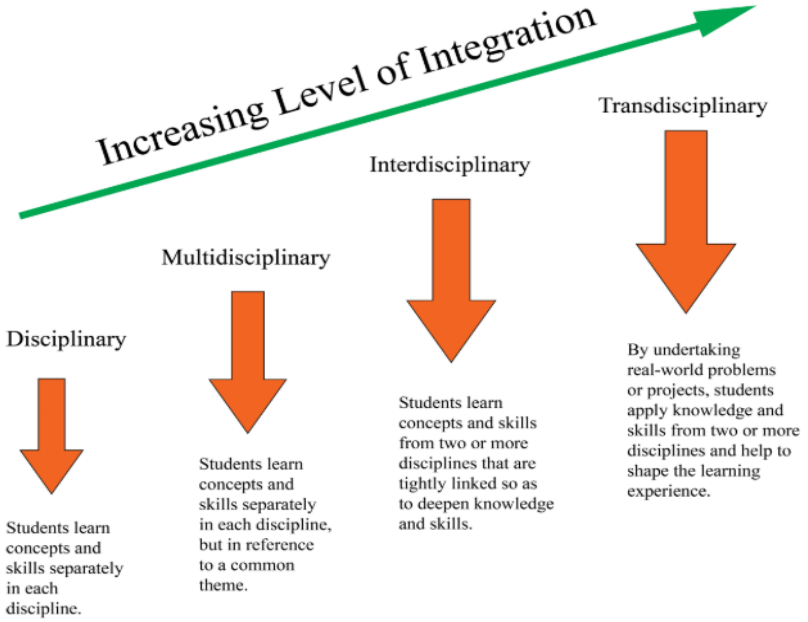
Keywords: STEM Education, Mathematics and STEM Education, Edison V2.0 Robot

STEM Education και εννοιολογική οριοθέτηση

Η προσέγγιση STEM Education αποκτά όλο και μεγαλύτερο έδαφος στα εκπαιδευτικά συστήματα στον 21ο αιώνα, επειδή περιλαμβάνει ολιστικά διάφορες θετικές επιστήμες και έχει στενή σχέση με τα αιτήματα της σύγχρονης κοινωνίας και της παγκοσμιοποίησης. Η αξία της STEM εκπαίδευσης μπορεί να συνοψιστεί στα εξής: στην επαγγελματική προετοιμασία των μαθητών (National Research Council, 2011· National Research Council, 2012· Smith & White, 2019) και στον εφοδιασμό τους με δεξιότητες του 21ου αιώνα, ώστε να ανταποκριθούν επιτυχώς στις απαιτήσεις που προβάλλει η αγορά (βιομηχανία, επιχειρήσεις, ερευνητικά κέντρα)· ανταποκρίνεται στις μεγάλες παγκόσμιες προκλήσεις, όπως η κλιματική αλλαγή, η υγεία, η αποτελεσματική διαχείριση των φυσικών πόρων, η ενεργειακή απόδοση και η αειφόρος ανάπτυξης, και για τις οποίες παρέχει λύσεις, πληροφορίες, δεξιότητες διαχείρισης (Bybee, 2013: σελ. 33-34)· ενισχύει τη θετική στάση απέναντι στις θετικές επιστήμες, στην τεχνολογία και στη μηχανική (Mater et al., 2020)· στην ενίσχυση τόσο της συνολικής κριτικής σκέψης όσο και σε επιμέρους τομείς (Duran & Şendağ, 2012· Yaki, 2022), όπως η εξαγωγή συμπερασμάτων, η εξήγηση και η αιτιολόγηση, η επιλογή και η εφαρμογή εναλλακτικών λύσεων, καθώς και στην ανάπτυξη της δημιουργικής σκέψης και της καινοτομίας (Radziwill, Benton & Moellers, 2015, σελ. 4-5· Taylor, 2016) με τη συμπερίληψη των τεχνών (Arts-STEAM).

Πριν την εννοιολογική οριοθέτηση της STEM εκπαίδευσης είναι απαραίτητο να αναφερθούν οι εξής επισημάνσεις:

- Δεν είναι εφικτό να δοθεί ένας καθολικός ορισμός που να καλύπτει πλήρως όλες τις πτυχές της. Αυτό ασφαλώς έχει να κάνει με τις διαφορετικές ερμηνείες που δίνονται για τη STEM εκπαίδευση καθώς και με τον τρόπο που ερμηνεύεται η ολοκληρωμένη της μορφή, δηλαδή η υπέρβαση των διαφορετικών επιστημονικών πειθαρχιών (English, 2016). Όπως επισημαίνουν οι Vasquez, Sneider και Comer (2013) υπάρχουν διαφορετικοί βαθμοί ενσωμάτωσης του STEM στην εκπαίδευση: από τη μεμονωμένη μάθηση εννοιών και δεξιοτήτων έως τον πλήρη βαθμό ενσωμάτωσης στον οποίο οι γνώσεις και οι δεξιότητες μαθαίνονται μέσα από διαφορετικές επιστημονικές πειθαρχίες και σε προβλήματα από την πραγματική ζωή (εικ. 1).



Εικ. 1: Οι βαθμοί ενοποίησης της STEM προσέγγισης, (Chatzopoulos et all, 2019, σελ. 35)

- Επίσης, ο ορισμός διαφοροποιείται ανάλογα και με τους ενδιαφερόμενους και τον τρόπο που νοημαδοτούν την προσέγγιση STEM Education (Breiner, Harkness, Johnson & Koehler, 2012). Για παράδειγμα, με διαφορετικό τρόπο διαμορφώνεται ο ορισμός από τη βιομηχανία η οποία επενδύει στις δεξιότητες STEM για τη σύγχρονη αγορά και διαφορετικά διαμορφώνεται από τους γονείς που προσπαθούν να κατανοήσουν την αναγκαιότητα διαφορετικών παιδαγωγικών προσεγγίσεων (Breiner, Harkness, Johnson & Koehler, 2012, σελ. 3).
- Η μη ύπαρξη ενός πλήρη ορισμού με καθολική αποδοχή δημιουργεί στους εκπαιδευτικούς ένα ετερόκλητο σώμα αντιλήψεων (Lamberg & Trzynadlowski, 2015) για τα προγράμματα σπουδών, τις εκπαιδευτικές παρεμβάσεις, τα αναμενόμενα μαθησιακά αποτελέσματα και τους τρόπους αξιολόγησή κ.α.
- Τέλος, όπως αναφέρουν οι Holmlund, Lesseig και Slavit (2018) οι πολλές διαφοροποιήσεις στις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για το τι συνιστά STEM education, καθώς και η διαμόρφωση των ποικίλων θεσμικών πρακτικών και των διάφορων σχολικών πλαισίων STEM στα οποία αναπτύσσεται, αναδεικνύει ότι δεν είναι τόσο κρίσιμο ζήτημα η ύπαρξη ενός καθολικού ορισμού.

Παρότι υπάρχει μία πολυπλοκότητα στη χρήση του όρου (Li, Wang, Xiao, & Froyd, 2020), η οποία εξαρτάται τους από stakeholders και από τον τρόπο εφαρμογής της προσέγγισης STEM Education (Hasanah, 2020), ένας ορισμός που μπορεί να δοθεί από εκπαιδευτική σκοπιά (Breiner, Harkness, Johnson & Koehler, 2012) είναι και ο εξής (Sanders, 2009· White, 2014· Kelley & Knowles, 2016· Li, 2018· Holmlund, Lesseig & Slavit, 2018): το ακρωνύμιο STEM αναφέρεται στα πεδία Science, Technology, Engineering, Mathematics. Ο όρος STEM education δηλώνει τη σκόπιμη εκπαιδευτική προσέγγιση της ενοποίησης –ή ακόμα καλύτερα των βαθμών ενοποίησης– αυτών των τεσσάρων πεδίων, ώστε με μαθητοκεντρικό τρόπο και μέσα από αυθεντικά πλαίσια μάθησης, οι μαθητές να αξιοποιήσουν τις δεξιότητες, τις γνώσεις, τις πρακτικές από τα πεδία του STEM για να βελτιώσουν τις ικανότητες της επίλυσης προβλήματος, της επικοινωνίας, της συνεργασίας, της δημιουργίας. Τα επιδιωκόμενα μαθησιακά αποτελέσματα της προσέγγισης STEM education είναι να μειωθεί η σχολική αποτυχία στα αντίστοιχα διδακτικά αντικείμενα, να αντιμετωπιστούν οι προκαταλήψεις του φύλου στα πεδία του STEM, να προετοιμαστεί το εργατικό και επιστημονικό δυναμικό.

STEM Education και ο ρόλος των Μαθηματικών

Η πρώιμη ανάπτυξη της μαθηματικής ικανότητας (νηπιαγωγείο και Α΄ τάξη δημοτικού) αποτελεί ένα ισχυρός δείκτης για τη μελλοντική μαθηματική ικανότητα και τα επιτυχή μαθησιακά αποτελέσματα στα Μαθηματικά (He, Li, Turel, Kuang, Zhao & He, 2021). Ωστόσο αυτό υλοποιείται με παθητικές μορφές μάθησης και όχι με τρόπους ενεργού εμπλοκής των μαθητών που βασίζονται σε μοντέλα ενοποίησης των μαθηματικών, όπως για παράδειγμα η αυθεντική ενοποίηση (Treacy & O'Donoghue, 2013), και τα οποία διαμορφώνουν συγκεκριμένες μορφές αυθεντικής διδασκαλίας και μάθησης. Οι He et al. (2021) στην έρευνα τους αναφέρουν ότι η προσέγγιση STEM education, σε συνδυασμό με το μοντέλο Problem Based Leraning (Suciana, Hartinawati, Sausan & Meliza, 2023), εντάσσει τα μαθηματικά σε ουσιαστικά πλαίσια μάθησης για την προσχολική ηλικία και οδηγεί σε αποτελέσματα

όπως: η καλύτερη κατανόηση, η ανάπτυξη κίνητρων, η ανάπτυξη βασικών μαθηματικών δεξιοτήτων ειδικά για τα παιδιά που έχουν χαμηλό και μέτριο επίπεδο σε αυτές. Επίσης, η μορφή integrated steM (Stohlmann, 2018, σελ. 8), η οποία αναφέρεται στη ρητή εστίαση της ενοποίησης του μαθηματικού περιεχομένου (M) με έναν τουλάχιστον από τους άλλους κλάδους, προσφέρει ουσιαστική μάθηση με νόημα για τους μαθητές μέσα από προβλήματα ανοιχτού τύπου σε ρεαλιστικά πλαίσια (Stohlmann, 2018, σελ. 6) με σημαντικά μαθησιακά αποτελέσματα σε όλες τις βαθμίδες της σχολικής εκπαίδευσης, όπως για παράδειγμα η εφαρμογή των μαθηματικών σε προβλήματα του πραγματικού κόσμου για τις τάξεις του δημοτικού. Αυτό όμως μπορεί να επιτευχθεί σε συγκεκριμένους τομείς δραστηριοτήτων όπως η περίπτωση στην οποία τα μαθηματικά βασίζονται σε παιχνίδια που ενσωματώνουν την τεχνολογία (Stohlmann, 2018,) και στην επόμενη ενότητα θα παρουσιαστεί ένα παράδειγμα. Τέλος, η ενσωμάτωση των Μαθηματικών στο STE προσφέρει: θετική στάση για αυτά, ανάπτυξη της κριτικής ικανότητας, γεφύρωση των αφηρημένων μαθηματικών εννοιών με τις πρακτικές των άλλων τομέων (Becker & Park, 2011). Αν και αναγνωρίζεται πως το STEM παρέχει πλαίσια ανάπτυξης των μαθηματικών, δεν έχει δοθεί η δέουσα προσοχή στην ισότιμη συμβολή των Μαθηματικών στο STEM (English, 2017, σελ. 8) και ο ρόλος τους συχνά είναι υποβαθμισμένος σε ολοκληρωμένες μορφές STEM education (Stohlmann, 2018, σελ. 8). Οι Becker και Park (2011) σε μια προκαταρκτική μετανάλυση της επίδρασης των ολοκληρωμένων προσεγγίσεων STEM μεταξύ των αντικειμένων του STEM, διαπιστώνουν ότι όντως τα μαθηματικά δέχονται τη μικρότερη επίδραση.

Γενικά, θα μπορούσε να αναφερθεί ότι αυτή η υποβαθμισμένη παρουσία των μαθηματικών οφείλεται στην ελλιπή κατανόηση της συνεισφοράς του κάθε τομέα, στους παγιωμένους τρόπους διδασκαλίας οι οποίοι βρίσκονται υπό την πίεση αλλαγών για να υπάρξει συμβατότητα με τη φιλοσοφία STEM education (Breiner et al., 2012), καθώς και στην υψηλή απαίτηση οι εκπαιδευτικοί -ειδικά της πρωτοβάθμιας- να γνωρίζουν σε βάθος την επιστημονική πειθαρχία του κάθε τομέα (Treacy & O'Donoghue, 2013). Ωστόσο στη βιβλιογραφία αναφέρεται ρητά η υποεκπροσώπηση των μαθηματικών σε σχέση με άλλους τομείς (Fitzallen, 2015), όπως για παράδειγμα με την επιστήμη, ενώ και σε δραστηριότητες STEM που υπάρχουν τα μαθηματικά δεν είναι δεδομένο ότι τα παιδιά αναγνωρίζουν την παρουσία τους και κατανοούν το ρόλο τους (Shaughnessy, 2013). Ορισμένοι λόγοι για τους οποίους είναι υποτιμημένη η παρουσία των μαθηματικών είναι συνοπτικά οι εξής:

- Οι πρακτικές ορισμένων κλάδων του STEM, π.χ. ο μηχανικός σχεδιασμός, έχουν επαρκή ερευνητική κάλυψη και ικανοποιητική εννοιολόγηση στη βιβλιογραφία. Αυτό όμως δεν έχει παρατηρηθεί για τα μαθηματικά και το πώς οι πρακτικές τους μπορούν να συνεισφέρουν στις διασυνδέσεις των τομέων του STEM (Fitzallen, 2015).
- Ακόμα όμως και στην περίπτωση που τα μαθηματικά εφαρμοστούν σε πραγματικά προβλήματα και πραγματοποιηθούν οι διασυνδέσεις με τους άλλους τομείς σε μία προοπτική ολοκληρωμένης STEM education, υπάρχει η πιθανότητα των επιπτώσεων στη συνοχή των προγραμμάτων εκμάθησης των μαθηματικών (Fitzallen, 2015). Οι Moore, Stohlmann, Wang, Tank, Glancy και Roehrig (2014) αναφέρουν ότι δεν είναι δυνατόν όλα τα περιεχόμενα των πεδίων του STEM να αναπτυχθούν επιτυχώς από ολοκληρωμένες προσεγγίσεις και για παράδειγμα κάποιες βασικές θεωρητικές έννοιες των μαθηματικών δεν προσφέρονται για επιτυχείς διασυνδέσεις με εφαρμογές του πεδίου της τεχνολογίας.

- Ο ρόλος των μαθηματικών είναι εντελώς συμπτωματικός με τους σκοπούς κάποιων δραστηριοτήτων STEM και δεν αναγνωρίζεται ισότιμα ο ρόλος τους με τους άλλους τομείς στον αρχικό σχεδιασμό (Fitzallen, 2015). Σε αρκετές δραστηριότητες τα μαθηματικά χρησιμοποιούνται χρηστικά στο STE ως ευκαιρίες εφαρμογής και περιορίζονται σε πράξεις αριθμών και βασικές γεωμετρικές έννοιες χωρίς να προστίθεται κάτι καινούριο. Αυτός ο συνοδευτικός χαρακτήρας που αποκτά ο τομέας των μαθηματικών μπορεί να εξηγηθεί από την ακόλουθη διχοτομία: η εγκυρότητα για τα πεδία STE προέρχεται μέσα από δοκιμές στην εμπειρία –οι δραστηριότητες βασισμένες στην εμπειρία είναι κρίσιμος παράγοντας για την ολοκληρωμένη μορφή της STEM education– ενώ το M την αντλεί από τη λογική και τη νοητική λειτουργία (Clements & Sarama, 2023. σελ. 16-18).
- Η εργαλειακή εφαρμογή των μαθηματικών σε θέματα STEM καταλήγει ουσιαστικά σε ένα πλαίσιο πρακτικής εξάσκησης της νέας γνώσης, στο οποίο υπάρχει αυστηρή καθοδήγηση και έλλειψη πρωτοβουλιών από τα παιδιά, και απέχει από τα STEM πλαίσια στα οποία οι μαθητές εμπλέκονται ενεργά με προσωπικές δεξιότητες επίλυσης και γνώσεις, οι οποίες θα αποτελέσουν στη συνέχεια τη θεσμική σχολική γνώση (Lasa, Abaurrea & Iribas, 2020, σελ. 344).
- Υπάρχουν ελάχιστες εμπειρικές έρευνες για τον ρόλο του STEM σε συγκεκριμένους τομείς, όπως τα μαθηματικά, για τις μικρές ηλικίες στη σχολική εκπαίδευση (He et al., 2021) και συνεπώς δεν υπάρχει ανατροφοδότηση της εκπαιδευτικής πράξης.

Οι Li και Schoenfeld (2019) επισημαίνουν ότι η μαθηματική εκπαίδευση εξακολουθεί να χαρακτηρίζεται από την αποστροφή για το αντικείμενο και τη σχολική αποτυχία των μαθητών. Αυτή η κατάσταση οφείλεται σε συγκεκριμένες αντιλήψεις για τη φύση των μαθηματικών, οι οποίες παγιώθηκαν στην εκπαίδευση τον 20ο αιώνα, και διαμορφώνουν τα προγράμματα σπουδών και τους παραδοσιακούς τρόπους διδασκαλίας. Σύμφωνα με αυτές, τα μαθηματικά αντιμετωπίζονται ως «*products*» (Li & Schoenfeld, 2019, σελ. 3), δηλαδή ως στατικές γνώσεις και δεξιότητες που παρέχονται από τον εκπαιδευτικό, και όχι ως «*ideas*» (Li & Schoenfeld, 2019, σελ. 3), όπου απαιτείται η ενεργός σκέψη, η συμμετοχή και η δημιουργία από τους μαθητές. Αυτή ακριβώς η διαμορφωθείσα εκπαιδευτική αντίληψη για τα μαθηματικά ως «products» είναι που εμποδίζει την ενσωμάτωση των μαθηματικών στο ολοκληρωμένο STEM και καταλήγουν ως χρηστικά εργαλεία των άλλων τριών πεδίων. Το πλαίσιο της STEM education μπορεί να αποκαταστήσει την αρνητική εικόνα για τη μαθηματική εκπαίδευση αρκεί, κατά τους Li και Schoenfeld (2019), τα μαθηματικά να ενσωματωθούν ως «*εμπειρικός κλάδος*» (σελ. 7), δηλαδή ως ανθρώπινη δραστηριότητα και ως δημιουργία νοήματος μέσω πρακτικών που εστιάζουν στις εμπειρίες των μαθητών, και να υπάρχει ένα σαφές πλαίσιο (framework) παρατήρησης και αξιολόγησης της διδασκαλίας –η δική τους πρόταση είναι το Teaching for Robust Understanding (TUR)– για ισχυρά περιβάλλοντα μάθησης.

Παράδειγμα αξιοποίησης του EDISON V2.0 ROBOT για τη διαισθητική εξοικείωση στον πολλαπλασιασμό του 2

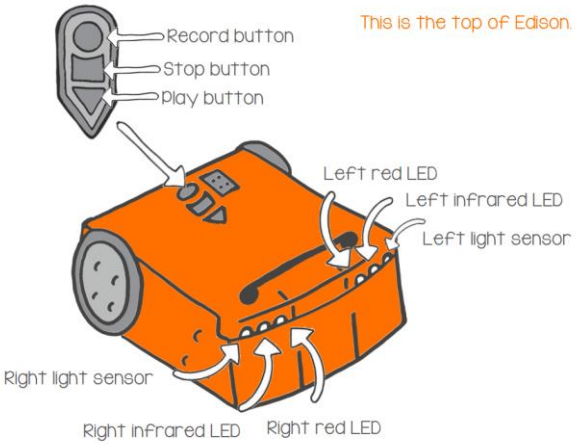
Ακολουθεί ένα παράδειγμα προσέγγισης του μαθηματικού περιεχομένου με την προσέγγιση STEM education σε Α΄ τάξη του 14ου Δημοτικού Σχολείου Αθηνών. Συγκεκριμένα, η διδακτική παρέμβαση αφορούσε στη διαισθητική εξοικείωση στον πολλαπλασιασμό του αριθμού 2 ως επαναλαμβανόμενη πρόσθεση, κάτι που

προβλέπεται από το πρόγραμμα σπουδών της τάξης, με τη χρήση του Edison V2.0 Robot (εικ. 2), η προμήθεια του οποίου και οι γνώσεις για την αξιοποίηση του προήλθαν από το πρόγραμμα: *STEM 3.0 - Εκπαιδευτική ρομποτική με το Edison*. Η παρέμβαση έγινε στο Εργαστήριο Δεξιοτήτων για το οποίο προβλέπεται αντίστοιχη θεματική: STEM- εκπαιδευτική ρομποτική.

Εικ. 2: Edison V2.0 Robot/πηγή: https://meetedison.com

Το συγκεκριμένο ρομπότ προσφέρεται για εκπαιδευτική αξιοποίηση με τις εξής λειτουργίες:

- Αισθητήρες (ήχου, φωτός) και υπέρυθρες ανίχνευσης εμποδίων (εικ. 3).
- Προγραμματισμός του με barcode που περιλαμβάνονται σε φύλλα εργασίας στο https://meetedison.com/
- Προγραμματισμός με EdBocks
- Προγραμματισμός με Scratch



Εικ. 3: Οι αισθητήρες στο Edison V2.0 Robot/πηγή: https://meetedison.com/content/EdBlocks-lesson-activities-complete-set.pdf

Για τους σκοπούς της παρούσας διδακτικής παρέμβασης επιλέχθηκε αποκλειστικά η πρώτη λειτουργία. Στην πρώτη φάση, 3 διδακτικές ώρες, ο εκπαιδευτικός έδειξε στα παιδιά όλους τους αισθητήρες μέσα από συγκεκριμένα πλαίσια (π.χ. για τον αισθητήρα του ήχου το πλαίσιο ήταν: 1 παλαμάκι το ρομπότ κινείται δεξιά και στα 2 παλαμάκια κινείται μπροστά/ εικ.4).

Εικ. 4: Αισθητήρες ήχου στο Edison V2.0 Robot/πηγή: https://meetedison.com/content/EdBlocks-lesson-activities-complete-set.pdf

Στη συνέχεια τα άφησε να παίξουν ελεύθερα σε αυτά τα προεπιλεγμένα πλαίσια, ώστε να εξοικειωθούν με τους αισθητήρες του ρομπότ. Στη δεύτερη φάση, 2 διδακτικές ώρες, το ρομπότ είχε προγραμματιστεί από τον εκπαιδευτικό με EdBlocks να προχωρά μία κίνηση/ένα βήμα μπροστά (περίπου 20 εκ.) όταν ακούγονται δύο παλαμάκια. Η δραστηριότητα πλέον έχει νόημα με τη μορφή του παιχνιδιού και βασίζεται στην εξοικείωση που έχουν ήδη με το ρομπότ από την προηγούμενη φάση. Επίσης, το μαθηματικό περιεχόμενο είναι πλέον ξεκάθαρο και διατυπώνεται με ερωτήσεις όπως:

«*Πόσα παλαμάκια πρέπει να χτυπήσουμε για να κινηθεί το ρομπότ 5 βήματα μπροστά;*»

Για να απαντήσουν σε αυτές τις ερωτήσεις τα παιδιά σκέφτονταν με *επαναλαμβανόμενη πρόσθεση* (2 και 2 και 2...) ή *μετρούσαν ανά δύο* (2, 4, 6, 8, 10 παλαμάκια). Σε κάθε περίπτωση όμως έχουμε διαισθητική εξοικείωση με την προπαίδεια του 2, χωρίς να υπάρχει τυπικό πλαίσιο διδασκαλίας, η οποία επιτυγχάνεται με τη διασύνδεση των μαθηματικών με την τεχνολογία. Στις 24 ερωτήσεις, 2 για κάθε παιδί σε σύνολο 12 παιδιών, οι σωστές ήταν 17 (ποσοστό 70%) με κάποιες από τις λανθασμένες απαντήσεις να οφείλονταν σε δυσκολίες στη βραχύχρονη μνήμη που δυσχέραιναν την επαναλαμβανόμενη πρόσθεση ή τη μέτρηση ανά δύο, όμως τα παιδιά από τα οποία προέρχονταν αυτές οι απαντήσεις κατανοούσαν τη συλλογιστική και τα λάθη τους μπορούν να χαρακτηριστούν ως υπολογιστικά. Υπήρξαν και περιπτώσεις που δε δόθηκαν απαντήσεις, επειδή ο εκπαιδευτικός δεν ανέπτυξε αποτελεσματικά την επικοινωνία λόγω γλώσσας ή άλλων δυσκολιών. Σε ένα μεγαλύτερο βαθμό δυσκολίας, τέθηκαν σε μορφή προβλήματος ερωτήσεις όπως:

«*Για να φτάσει από αυτό το θρανίο στον πίνακα, πόσα παλαμάκια θα χτυπήσουμε;*»

Εδώ δεν υπήρξε πρόθεση για αποτίμηση του αποτελέσματος δεδομένης της ηλικίας των παιδιών και του γεγονότος ότι καλούνται διαισθητικά να εκτιμήσουν την απόσταση –δηλαδή, οι παράγοντες είναι δύο. Ωστόσο δόθηκε ως δραστηριότητα πρόκληση για τα ελάχιστα παιδιά που έδειξαν κίνητρο και επειδή ως δραστηριότητα STEM education τα ώθησε να πειραματιστούν, να δοκιμάσουν, να συνεργαστούν –έστω και σε μικρό βαθμό– να επικοινωνήσουν, να διερευνήσουν.

Επίλογος

Για αυτήν την εκπαιδευτική παρέμβαση πρέπει να γίνουν κάποιες επισημάνσεις: επιλέχθηκε σκόπιμα η προπαίδεια του 2, γιατί ο στόχος δεν είναι η εκμάθηση της αλλά η διαισθητική εξοικείωση με τον μηχανισμό· εάν γινόταν σε μεγαλύτερη τάξη (π.χ. Γ΄) δε θα ήταν αυθεντική δραστηριότητα STEM αλλά ένα πλαίσιο εμπέδωσης και πρακτικής εξάσκησης –το οποίο έχει και αυτό την εκπαιδευτική του αξία. Επίσης, αξιοποιήθηκε μόνο το Μ και το Τ από το STEM και η παρέμβαση μπορεί να χαρακτηριστεί ως STEM education, όχι επειδή υπάρχουν οι δυσκολίες στη εννοιολογική οριοθέτηση, όπως αναφέρθηκε, αλλά γιατί σύμφωνα με τους Moore et all (2014) δεν είναι απαραίτητη η διασύνδεση όλων των πεδίων και ούτε είναι πάντα εφικτή αυτή για όλα τα θέματα. Άλλωστε όπως επισημάνθηκε η πλήρης ενσωμάτωση όλων των πεδίων μπορεί να είναι απειλητική για τη συνοχή των βασικών προγραμμάτων μάθησης και δεν ενδείκνυται πάντα για τις μικρές σχολικές τάξεις (Clements & Sarama, 2023). Τέλος, τα μαθηματικά δεν έχουν έναν υποβαθμισμένο ρόλο και δεν εκλαμβάνονται ως γνώσεις που παραδίνονται για εξάσκηση, αλλά ως ανθρώπινη δραστηριότητα στην οποία τα παιδιά μέσα από το παιχνίδι με το ρομπότ έδωσαν νόημα στις διαδικασίες και ενεργοποίησαν αυθόρμητα την προσωπική μαθηματική τους γνώση η οποία δεν είχε αποκτήσει τον τυπικό της χαρακτήρα.

Βιβλιογραφία

Becker, K. & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education, Volume 12*.

Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What Is STEM? A Discussion About Conceptions of STEM in Education and Partnerships. *School Science and Mathematics, 112*(1), 3–11. doi:10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x

Bybee, R.W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. Arlington, VA: NSTA Press.

Chatzopoulos, A., Papoutsidakis, M., Kalogiannakis, M., & Psycharis, S. (2019). Action Research Implementation in Developing an Open Source and Low Cost Robotic Platform for STEM Education. *International Journal of Computer Applications, 178 (24)*, 33-46. 10.5120/ijca2019919039.

Clements, D., & Sarama, J. (2023). Rethinking STEM in the elementary grades: Honoring the special role of math in cognitive development. *American Educator 47* (1). 16-21.

Duran, M., & Şendağ, S. (2012). A Preliminary Investigation into Critical Thinking Skills of Urban High School Students: Role of an IT/STEM Program. *Creative Education, 3(2)* 10.4236/ce.2012.32038.

English, L. (2016). STEM education K-12: perspectives on integration. *International Journal of STEM Education, 3(1)*. doi:10.1186/s40594-016-0036-1

English, L. D. (2017). Advancing Elementary and Middle School STEM Education. *International Journal of Science and Mathematics Education, 15(S1)*, 5–24. doi:10.1007/s10763-017-9802-x

Fitzallen, N. (2015). STEM education: What does mathematics have to ofer? In M. Marshman (Ed.), *Mathematics education in the margins. Proceedings of the 38th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia* (pp. 237–244). Sydney: MERGA

Hasanah, U. (2020). Key definitions of STEM education: Literature review. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education, 16(3), e2217*. https://doi.org/ 10.29333/ijese/8336

He, X., Li, T., Turel, O., Kuang, Y., Zhao, H., & He, Q. (2021). The Impact of STEM Education on Mathematical Development in Children Aged 5-6 Years. *International Journal of Educational Research, 109*, 101795. doi:10.1016/j.ijer.2021.101795

Holmlund, T., Lesseig, K., & Slavit, D. (2018). Making sense of STEM education in K-12 contexts. *International Journal of STEM Education. 5*. doi:10.1016/j.ijer.2021.101795

Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education, 3(1)*. doi:10.1186/s40594- 016-0046-z

Lamberg, T. ., & Trzynadlowski, N. . (2015). How STEM Academy Teachers Conceptualize and Implement STEM Education. *Journal of Research in STEM Education, 1(1)*, 45–58. https://doi.org/10.51355/jstem.2015.8

Lasa, A., Abaurrea, J., & Iribas, H. (2020). MATHEMATICAL CONTENT on STEM ACTIVITIES. Journal on Mathematics Education. 11. 333-346. 10.22342/jme.11.3.11327.333-346.

Li, Y. (2018). Journal for STEM Education Research – Promoting the Development of

Interdisciplinary *Research in STEM Education. Journal for STEM Education Research, 1*, 1-6. 10.1007/s41979-018-0009-z.

Li, Y., & Schoenfeld, A. H. (2019). Problematizing teaching and learning mathematics as "given" in STEM education. International *Journal of STEM Education, 6(1)*. doi:10.1186/s40594-019-0197-9

Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: a systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education, 7(1)*. doi:10.1186/s40594-020-00207-6

Mater, N. R., Haj Hussein, M. J., Salha, S. H., Draidi, F. R., Shaqour, A. Z., Qatanani, N., & Affouneh, S. (2020). The effect of the integration of STEM on critical thinking and technology acceptance model. *Educational Studies, 1–17*. doi:10.1080/03055698.2020.1793736

Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. In S. Purzer, J. Strobel, & M. Cardella (Eds.), *Engineering in pre-college settings: Research into practice (pp. 35–60)*. West Lafayette, IN: Purdue University Press.

National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM Education: Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Washington, DC: The National Academies Press.

National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.

Radziwill, N., Benton, M., & Moellers, C. (2015). From STEM to STEAM: Reframing What it Means to Learn. The *STEAM Journal, 2(1). 1-7*. 10.5642/steam.20150201.3

Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher, 68(4)*, 20-26.

J. Michael Shaughnessy. (2013). Mathematics in a STEM Context. *Mathematics Teaching in the Middle School, 18(6)*, 324. doi:10.5951/mathteacmiddscho.18.6.0324

Smith, E., & White, P. (2019). Where do all the STEM graduates go? Higher education, the labour market and career trajectories in the UK. *Journal of Science Education and Technology, 28*, 26–40. https://doi.org/10.1007/s10956-018-9741-5

Stohlmann, M. (2018). A vision for future work to focus on the "M" in integrated STEM. School Science and Mathematics 118 (7), 310-319. doi:10.1111/ssm.12301

Taylor, P.C. (2016). Why is a STEAM Curriculum Perspective Crucial to the 21st Century? In: *14th Annual conference of the Australian Council for Educational Research*, 7 - 9 August 2016, Brisbane.

Suciana, D., Hartinawati, Sausan, I., & Meliza,. (2023). A Meta-Analysis Study: The Effect of Problem Based Learning Integrated with STEM on Learning Outcomes. *European Journal of Education and Pedagogy, 4(2)*, 133-138. 10.24018/ejedu.2023.4.2.619.

Treacy, P., & O'Donoghue, J. (2013). Authentic Integration: a model for integrating mathematics and science in the classroom. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 45(5)*, 703–718. doi:10.1080/0020739x.2013.868543

Vasquez, J., Sneider, C., & Comer, M. (2013). *STEM lesson essentials, grades 3–8: Integrating science, technology, engineering, and mathematics*. Portsmouth: Heinemann.

Yaki, A. A. (2022). Fostering Critical Thinking Skills Using Integrated STEM Approach among Secondary School Biology Students. *European Journal of STEM Education, 7(1)*, 06. https://doi.org/10.20897/ejsteme/12481

White, D. (2014). What is STEM education and why is it important?. *Florida Association of Teacher Educators Journal, 1(14)*,1-9.