



ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ ΚΑΘΗΓΗΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*Εκπαίδευση STEM: Διδασκαλία εννοιών της νευτώνειας
μηχανικής με τις «Απλές Μηχανές»*

ΘΕΟΧΑΡΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΚΟΡΔΟΥΛΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΑΘΗΝΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2023

© Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, 2017

Η παρούσα Εργασία καθώς και τα αποτελέσματα αυτής, αποτελούν συνιδιοκτησία του ΕΑΠ και του φοιτητή, ο καθένας από τους οποίους έχει το δικαίωμα ανεξάρτητης χρήσης, αναπαραγωγής και αναδιανομής τους (στο σύνολο ή τμηματικά) για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, σε κάθε περίπτωση αναφέροντας τον τίτλο και το συγγραφέα της Εργασίας καθώς και το όνομα του ΕΑΠ όπου εκπονήθηκε.



Εκπαίδευση STEM: Διδασκαλία εννοιών της νευτώνειας μηχανικής με τις «Απλές Μηχανές»

ΘΕΟΧΑΡΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

Επιτροπή Επίβλεψης Πτυχιακής / Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

Σκορδούλης Κων/νος

Γκιόλμας Αριστοτέλης

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

Επίκουρος Καθηγητής, Παιδαγωγικό
Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, ΑΠΘ

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2023

*Στην σύζυγό μου Κατερίνα και στα παιδιά μας,
στην αδερφή μου Ράνια,
στους γονείς μου Νίκο και Πηνελόπη.*

Περίληψη

Η μελέτη αυτή έχει ως κύριο στόχο να διερευνήσει τους λόγους και τις μεθόδους πίσω από την ενσωμάτωση των περιβαλλόντων και των εφαρμογών STEM/STEAM από τους εκπαιδευτικούς στις εκπαιδευτικές τους πρακτικές. Επιπλέον, η μελέτη έχει ως στόχο να προσδιορίσει τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας ένταξης και πώς αξιολογούν τις δικές τους ικανότητες για τη διασφάλιση της επιτυχούς ενσωμάτωσης αυτών των διεπιστημονικών πεδίων. Για την αντιμετώπιση αυτών των ερευνητικών στόχων, η μελέτη χρησιμοποιεί μια δευτερεύουσα προσέγγιση ανάλυσης δεδομένων, χρησιμοποιώντας συγκεκριμένα μεθόδους συστηματικής ανασκόπησης και ανάλυσης περιεχομένου σε σχετική επιστημονική βιβλιογραφία από διεθνείς πηγές. Η αναζήτηση της βιβλιογραφίας πραγματοποιήθηκε με τη χρήση συγκεκριμένων λέξεων-κλειδιών όπως "Εκπαιδευτικές εφαρμογές" και "Περιβάλλοντα STEM/STEAM" για να διασφαλιστεί η ανάκτηση σχετικών άρθρων. Οι ακαδημαϊκές βάσεις δεδομένων συμπεριλαμβανομένων των Science Direct, Scopus, Ένωσης Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών και ResearchGate χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή της κατάλληλης επιστημονικής βιβλιογραφίας για περαιτέρω ανάλυση. Η επιλογή αυτών των συγκεκριμένων πηγών δεδομένων βασίστηκε στην καθιερωμένη αξιοπιστία τους και στη φήμη των ερευνητικών εργασιών που δημοσιεύθηκαν σε αυτές. Χρησιμοποιώντας υψηλής ποιότητας επιστημονικούς πόρους, η μελέτη στοχεύει να παρέχει ολοκληρωμένες και αξιόπιστες γνώσεις σχετικά με την ενσωμάτωση περιβαλλόντων και εφαρμογών STEM/STEAM σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα.

Λέξεις – Κλειδιά: Εκπαιδευτικές εφαρμογές, περιβάλλοντα STEM/STEAM

Abstract

The primary objective of this study is to investigate the reasons and methods behind teachers' integration of STEM/STEAM environments and applications into their educational practices. Additionally, the study aims to identify the challenges that teachers encounter during this integration process and how they assess their own abilities in ensuring the successful integration of these interdisciplinary fields. To address these research objectives, the study utilizes a secondary data analysis approach, specifically employing systematic review and content analysis methods on relevant scientific literature from international sources. The literature search was conducted using specific keywords such as "Educational applications" and "STEM/STEAM environments" to ensure the retrieval of pertinent articles. Academic databases including Science Direct, Scopus, Association of Greek Academic Libraries, and ResearchGate were accessed to gather the appropriate scientific literature for further analysis. The selection of these particular data sources was based on their established reliability and the reputation of the research papers published within them. By utilizing high-quality scholarly resources, the study aims to provide comprehensive and reliable insights into the integration of STEM/STEAM environments and applications in educational settings.

Key words: education, STEM, S.T.E.M. model.

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα

Εκπαίδευση STEM: Διδασκαλία εννοιών της νευτώνειας μηχανικής με τις «Απλές Μηχανές»	3
Εισαγωγή	5
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή Στο STEAM/STEM	7
1.1. Γενικά στοιχεία.....	7
1.2. Ο Ορισμός της STEM	7
1.3. Η σημαντικότητα της STEAM	11
1.4. Σύγκριση STEAM και STEM	13
1.5. Σκοπός και Στόχοι της STEAM	14
1.6. Το μοντέλο STEAM και η χρήση του	15
Κεφάλαιο 2: Εκπαιδευτική προσέγγιση των Μηχανών STEAM	17
2.1. Διαδραστική Εκμάθηση	18
2.2. Βιωματική Μάθηση.....	19
2.3. Συνεργατική Μάθηση	21
2.4. Διεπιστημονική Εκμάθηση.....	22
2.5. Αναστοχαστική Εκμάθηση	23
Κεφάλαιο 3: Πλατφόρμες εφαρμογών STEAM.	24
3.1. Το Tinkercad.....	24
3.2. Το Scratch.....	27
3.3. Οι Προσομοιώσεις PhET	29
3.4. TED-Ed	31
3.5. Η πλατφόρμα Arduino	34
3.6. LEGO Education.....	37
Κεφάλαιο 4: Απλές μηχανές.	40
4.1. Εισαγωγή.....	40
4.2. Η εποχή την Αναγέννησης και ο Leonardo da Vinci	40
4.3. Απλές μηχανές και μαθησιακή διαδικασία	41
4.4. Σχετικές έρευνες για την θεματική ενότητα των απλών μηχανών και των μοχλών	49
Κεφάλαιο 5: Νευτώνεια Μηχανική.....	50
5.1. Η έννοια της ταχύτητας.....	50
5.2. Οι εναλλακτικές ιδέες των θετικών επιστημών.....	52
5.3. Οι εναλλακτικές ιδέες και οι δυσκολίες της Κινηματικής	54
5.4. Οι δυσκολίες γύρω από τη Μέση ταχύτητα	57
5.5. Εναλλακτικές ιδέες γύρω από την έννοια του χρόνου	58
Κεφάλαιο 6: Ο Τρόπος εκμάθησης Νευτώνειας Μηχανικής μέσω του STEM.....	61
6.1. Εισαγωγή.....	61
6.2. Εννοιολογικό πλαίσιο για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM.....	62

6.3. Η Διδασκαλία Νευτώνειων Αρχών Φυσικής σε μαθητές Δημοτικού μέσω της Εκπαίδευσης STEM	70
6.4. Πρότυπα Ακαδημαϊκών Επιστημών	71
Κεφάλαιο 7: Βιβλιογραφική Έρευνα.....	76
Συμπεράσματα.....	82
Βιβλιογραφία	87

Εισαγωγή

Ο 21^{ος} αιώνας χαρακτηρίζεται από έναν κόσμο που αλλάζει ταχέως, ο οποίος απαιτεί από τους πολίτες και τους εργαζόμενους να διαθέτουν δεξιότητες που στερούνται επί του παρόντος πολλοί απόφοιτοι. Ειδικότερα, η ανάγκη για εξειδίκευση στα μαθηματικά και τις επιστήμες γίνεται ολοένα και πιο κρίσιμη, όπως επίσης και η ικανότητα εφαρμογής της γνώσης για την αντιμετώπιση των συνεχώς εξελισσόμενων απαιτήσεων της σύγχρονης ζωής. Είναι σημαντικό οι απόφοιτοι να διαθέτουν τις απαραίτητες δεξιότητες, για να προσαρμοστούν σε αυτές τις αλλαγές ώστε να συνεισφέρουν αποτελεσματικά στην κοινωνία.

Οι εκπαιδευτικοί αναλαμβάνουν το έργο του εξοπλισμού των μαθητών με τις απαραίτητες δεξιότητες για τον 21^ο αιώνα υιοθετώντας το STEM, μια προσέγγιση που ενσωματώνει την Επιστήμη, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά στη διδασκαλία. Στόχος είναι η ανάπτυξη των δεξιοτήτων των μαθητών σε διάφορους τομείς όπως η κριτική σκέψη, η επίλυση προβλημάτων, η επικοινωνία, η συνεργασία και η επιχειρηματικότητα. Ωστόσο, με το ταχέως εξελισσόμενο τεχνολογικό τοπίο, η παραδοσιακή προσέγγιση STEM έχει εξελιχθεί σε STEAM, το οποίο ενσωματώνει έναν ακόμη τομέα στο πρόγραμμα σπουδών, τις Τέχνες. Αυτή η ενιαία προσέγγιση δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να εφαρμόσουν τη δημιουργική και καινοτόμο σκέψη τους με σκοπό την επίλυση προβλημάτων που συναντώνται στον πραγματικό κόσμο (Roberts & Schnepf, 2020).

Για να αυξηθεί η προσβασιμότητα στην εκπαίδευση STEM για ένα ευρύτερο φάσμα μαθητών, οι Τέχνες έχουν ενσωματωθεί στο πρόγραμμα σπουδών. Αυτή η ενσωμάτωση επιτρέπει σε εκπαιδευτικούς και μαθητές να εφαρμόζουν αρχές και πρακτικές από τις τέχνες, συμπεριλαμβανομένης της επικοινωνίας και της έκφρασης, σε ένα κατά τα άλλα εξαιρετικά τεχνικό και εξειδικευμένο πεδίο σπουδών (Agora & Singh, 2021). Με την ενσωμάτωση των τεχνών στην εκπαίδευση STEM, οι μαθητές αποκτούν τη δυνατότητα να εκφράζονται δημιουργικά, ενώ παράλληλα χτίζουν κρίσιμες δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων, κριτικής σκέψης και συνεργασίας που είναι απαραίτητες για την επιτυχία στον ταχέως μεταβαλλόμενο κόσμο του σήμερα.

Η ενσωμάτωση των Τεχνών στο STEM οδήγησε στη δημιουργία του STEAM, με πρωταρχικό στόχο την ανάπτυξη των μαθητών και την μετατροπή τους σε ευέλικτους παγκόσμιους πολίτες που διαθέτουν μια σειρά από δεξιότητες και ικανότητες. Ωστόσο, παρά την προσθήκη των Τεχνών, το STEAM παραμένει προσηλωμένο στις θεμελιώδεις αρχές και στόχους του STEM, με έμφαση στη δημιουργία αυθεντικών και διεγερτικών περιβαλλόντων που επιτρέπουν στους μαθητές να αποκτήσουν και να εφαρμόσουν βασικές μαθηματικές και επιστημονικές γνώσεις και δεξιότητες (Zaman, 2021). Η διδακτική προσέγγιση του STEAM βασίζεται σε εκτενή έρευνα και επικεντρώνεται στους μαθητές, δίνοντας προτεραιότητα στη συνεργασία και την επικοινωνία ως βασικά στοιχεία της αποτελεσματικής μάθησης.

Αυτή η μελέτη στοχεύει να διερευνήσει τα κίνητρα και τις μεθόδους που χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί κατά την ενσωμάτωση περιβαλλόντων και εφαρμογών STEM/STEAM στις εκπαιδευτικές τους πρακτικές, καθώς και να εντοπίσει τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν και να αξιολογήσει τις ικανότητές τους για να εξασφαλίσουν την επιτυχή ενσωμάτωση αυτών των πεδίων. Εξετάζοντας τις προοπτικές των εκπαιδευτικών, η μελέτη επιδιώκει να εντοπίσει στις πιο αποτελεσματικές στρατηγικές για την ενσωμάτωση του STEM/STEAM στα προγράμματα σπουδών και να προσφέρει πληροφορίες που μπορούν να ενημερώσουν τις μελλοντικές πολιτικές και πρακτικές σε αυτόν τον τομέα.

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή Στο STEAM/STEM

1.1. Γενικά στοιχεία

Η εκπαίδευση περιλαμβάνει τη διδακτική διαδικασία για μαθήματα Επιστήμης, Τεχνολογίας, Μηχανικής και Μαθηματικών (STEM). Επινοήθηκε από την Judith A. Ramaley το 2001, το STEM είναι μια παιδαγωγική μεθοδολογία που στοχεύει να συνδυάσει την Τεχνολογία και τη Μηχανική με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών (Πεγλίδου, 2014). Ουσιαστικά, η εκπαίδευση STEM αντιπροσωπεύει μια καινοτόμο προσέγγιση για την ανάπτυξη του Αναλυτικού Προγράμματος Σπουδών (CCU), με έμφαση στο ολοκληρωμένο εκπαιδευτικό υλικό που έχει σχεδιαστεί για να διδάξει αυτούς τους τέσσερις κλάδους ως συνεκτική ενότητα.

Η επίλυση προβλημάτων αναλαμβάνει κεντρικό ρόλο σε αυτή την προσέγγιση (Asghar et al., 2012), με τους μαθητές να συμμετέχουν ενεργά στη διαδικασία της ανακάλυψης μέσω διεπιστημονικών μέσων. Η εκπαίδευση STEM περιλαμβάνει εκπαιδευτικές δραστηριότητες σε όλα τα επίπεδα διδασκαλίας, που κυμαίνονται από την προσχολική έως τη μεταδιδακτορική εκπαίδευση, τόσο σε τυπικά όσο και σε μη τυπικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα (Gonzalez & Kuenzi, 2012). Με άλλα λόγια, αυτή η προσέγγιση εμπλέκει τους μαθητές στη διαδικασία επίλυσης προβλημάτων και ανακάλυψης σε ποικίλα πλαίσια και εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, με έμφαση στην ενσωμάτωση της μάθησης σε διαφορετικούς θεματικούς τομείς.

1.2. Ο Ορισμός της STEM

Η εκπαίδευση STEM έχει κερδίσει σημαντική προσοχή στην εκπαιδευτική πολιτική, οδηγώντας στην εμφάνιση ποικίλων και μερικές φορές αντικρουόμενων προσεγγίσεων σε διαφορετικά εκπαιδευτικά συστήματα, δομές και ηλικιακές ομάδες. Παραδείγματα περιλαμβάνουν σχολεία εντός σχολείων, αυτόνομα σχολικά προγράμματα, εξ αποστάσεως εκπαίδευση, αυτόνομες ομάδες, λέσχες STEM, ειδικά σχολεία και εκπαιδευτικά προγράμματα, μεταξύ άλλων (Σιφνιώτη, 2016). Η πολύπλευρη φύση της εκπαίδευσης STEM είναι εμφανής από τους πολλούς ορισμούς που έχουν προταθεί για να περιγράψουν

αυτό το πεδίο (Brown, 2012), συμβάλλοντας στην πρόκληση του εντοπισμού σαφών και συνεπών παραμέτρων για την εκπαίδευση STEM. Κατά συνέπεια, η ερμηνεία της εκπαίδευσης STEM μπορεί να ποικίλλει σημαντικά, συμβάλλοντας στην έλλειψη σαφήνειας γύρω από το νόημα και το εύρος αυτής της προσέγγισης.

Η εκπαίδευση STEM περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα επιστημονικών κλάδων, όπως ορίζεται από το Εθνικό Ίδρυμα Επιστημών (NSF), το οποίο περιλαμβάνει όχι μόνο τις κοινές κατηγορίες των Μαθηματικών, των Φυσικών Επιστημών, της Μηχανικής και των Επιστημών Πληροφοριών και Υπολογιστών, αλλά και Κοινωνικές Επιστήμες όπως η Ψυχολογία, τα Οικονομικά, Κοινωνιολογία και Πολιτική Επιστήμη (Green, 2007). Επιπλέον, η εκπαίδευση STEM έχει οριστεί ως μια προσέγγιση που προωθεί τη διδασκαλία και τη μάθηση σε οποιοσδήποτε δύο θεματικές περιοχές STEM ή μεταξύ ενός θέματος STEM και ενός ή περισσότερων άλλων σχολικών μαθημάτων (Sanders, 2009). Το Υπουργείο Παιδείας των Ηνωμένων Πολιτειών ορίζει τα εκπαιδευτικά προγράμματα STEM ως εκείνα που στοχεύουν να υποστηρίξουν ή να ενισχύσουν την εκπαίδευση στις Επιστήμες, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά, από τη πρωτοβάθμια και τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση έως τις μεταπτυχιακές σπουδές, συμπεριλαμβανομένης της εκπαίδευσης ενηλίκων (U.S. Department of Education, 2007). Συνοπτικά, η εκπαίδευση STEM μπορεί να περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα θεμάτων και εκπαιδευτικών επιπέδων, με διαφορετικούς ορισμούς ανάλογα με το πλαίσιο και την προοπτική.

Η εκπαίδευση STEM αντιπροσωπεύει μια διεπιστημονική προσέγγιση στη μάθηση, όπου οι μαθητές μαθαίνουν και εφαρμόζουν αυστηρές ακαδημαϊκές έννοιες από την Επιστήμη, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά σε πραγματικές συνθήκες που συνδέουν το σχολείο, την κοινότητα, την εργασία και τις παγκόσμιες επιχειρήσεις. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει την ανάπτυξη του γραμματισμού STEM, ο οποίος με τη σειρά του ενισχύει την ικανότητα των ατόμων να είναι ανταγωνιστικά στη νέα οικονομία (Tsupros et al., 2009). Αξίζει να σημειωθεί ότι ο όρος STEM σε αυτή την εργασία αναφέρεται συγκεκριμένα στην Επιστήμη, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά, εξαιρουμένων των Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών. Αυτό συμβαίνει επειδή η πλειονότητα των προσπαθειών που στοχεύουν στη βελτίωση της εκπαίδευσης STEM επικεντρώνονται σε αυτούς τους τέσσερις τομείς (Kuenzi et al., 2006; National Governors Association, 2007). Η διεπιστημονική φύση της εκπαίδευσης STEM προωθεί την

ενσωμάτωση διαφορετικών δεξιοτήτων και γνώσεων, διευκολύνοντας την ανάπτυξη ενός καλά στρογγυλεμένου και ανταγωνιστικού εργατικού δυναμικού.

Ο γραμματισμός STEM μπορεί να γίνει κατανοητός ως μια δυναμική διαδικασία που εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου, παρά ως μια σταθερή κατάσταση γνώσης ή δεξιοτήτων. Ο πρωταρχικός στόχος της εκπαίδευσης STEM είναι να δώσει τη δυνατότητα στους μαθητές να χρησιμοποιήσουν τις δεξιότητές τους για τη δια βίου μάθηση (Math & Zollman, 2012). Με άλλα λόγια, ο αλφαριθμητισμός STEM δεν αφορά απλώς την απόκτηση γνώσεων ή δεξιοτήτων σε θέματα STEM, αλλά την ανάπτυξη της ικανότητας χρήσης αυτής της γνώσης και δεξιοτήτων σε διάφορα πλαίσια κατά τη διάρκεια της ζωής κάποιου. Περιλαμβάνει την ενσωμάτωση της κριτικής σκέψης, την επίλυση προβλημάτων και την καινοτομία, καθώς και την κατανόηση των ηθικών και κοινωνικών επιπτώσεων των πεδίων STEM. Μέσω της παιδείας STEM, τα άτομα μπορούν να περιηγηθούν καλύτερα στις πολυπλοκότητες του σύγχρονου κόσμου και να συμβάλουν στην επιστημονική και τεχνολογική πρόοδο.

Η έννοια της διαθεματικής ολοκλήρωσης αναφέρεται σε μια ολοκληρωμένη διερεύνηση ενός θέματος που περιλαμβάνει διάφορα θέματα γνώσης και τη διασύνδεση επιστημονικών πεδίων. Αυτή η προσέγγιση δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να κατανοήσουν τη συζήτηση μεταξύ διαφορετικών επιστημών και τη συμβολή τους στην καθημερινή ζωή, εκτός από την εξειδικευμένη γνώση. Η εκπαίδευση STEM προωθεί αυτή τη διεπιστημονική προσέγγιση, γεφυρώνοντας το χάσμα μεταξύ σχολικών και πραγματικών εφαρμογών. Δουλεύοντας από κοινού σε δραστηριότητες, οι μαθητές αναπτύσσουν δεξιότητες ομαδικής εργασίας και συνεργασίας ενώ χρησιμοποιούν τις προηγούμενες εμπειρίες τους. Όπως δήλωσε ο Dewey στις αρχές του 20ου αιώνα, δεν ζούμε σε χωριστούς κόσμους των μαθηματικών, της φυσικής και της ιστορίας, αλλά σε έναν ενοποιημένο κόσμο όπου όλες οι μελέτες είναι αλληλένδετες. Η εκπαίδευση STEM, η οποία περιλαμβάνει την Επιστήμη, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά, στοχεύει να αντανάκλα αυτή τη διασύνδεση και να προωθήσει μια ολιστική κατανόηση του κόσμου. (Dewey, 1990)

Η επιστήμη είναι ένα τεράστιο και ποικιλόμορφο πεδίο που στοχεύει να αποκαλύψει τα μυστήρια του φυσικού κόσμου. Περιλαμβάνει διάφορους κλάδους όπως Βιολογία, Βιοχημεία, Χημεία, Γεωλογία, Έρευνα, Φυσική, Διάστημα, Βιοτεχνολογία, Βιοϊατρική και πολλούς άλλους. Από την άλλη πλευρά, η Τεχνολογία είναι η πρακτική εφαρμογή της

επιστημονικής γνώσης για διάφορους σκοπούς όπως Βιομηχανία, Εφαρμοσμένες Επιστήμες, Μεταφορές, Πληροφορική και Επικοινωνίες, Υγεία και Ασφάλεια, μεταξύ άλλων. Οι συνεχείς εξελίξεις στην τεχνολογία έχουν φέρει επανάσταση σε διάφορους τομείς και η ενοποίηση της επιστήμης και της τεχνολογίας έχει οδηγήσει σε πολλές πρωτοποριακές καινοτομίες που έχουν επηρεάσει σημαντικά την καθημερινή μας ζωή.

Ο τομέας της Μηχανικής είναι ένας πολυσχιδής και δυναμικός τομέας που περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα επαγγελματικών ειδικοτήτων. Αυτές οι ειδικότητες περιλαμβάνουν Πολιτικό Μηχανικό, που ασχολείται με το σχεδιασμό και την κατασκευή υποδομών όπως γέφυρες και κτίρια, τη Χημική Μηχανική, η οποία επικεντρώνεται στο σχεδιασμό και τη λειτουργία χημικών διεργασιών, την Αρχιτεκτονική, η οποία περιλαμβάνει το σχεδιασμό και τον σχεδιασμό κτιρίων και κατασκευών, την Ηλεκτρολογία, που ασχολείται με τη μελέτη και εφαρμογή ηλεκτρισμού και ηλεκτρομαγνητισμού, Μηχανική Υπολογιστών, που επικεντρώνεται στο σχεδιασμό και ανάπτυξη συστημάτων υπολογιστών, Περιβαλλοντική Μηχανική, που περιλαμβάνει την εφαρμογή αρχών μηχανικής για την προστασία του περιβάλλοντος, Ναυτική Μηχανική, η οποία ασχολείται με το σχεδιασμό και κατασκευή πλοίων και άλλων θαλάσσιων σκαφών, Μηχανολογία, η οποία επικεντρώνεται στο σχεδιασμό και την κατασκευή μηχανικών συστημάτων και συσκευών, Μηχανική Υλικών, που ασχολείται με το σχεδιασμό και την ανάπτυξη νέων υλικών, και Μηχανική Παραγωγής και Διαχείρισης, η οποία περιλαμβάνει την εφαρμογή αρχές μηχανικής για τη διαχείριση των παραγωγικών διαδικασιών.

Το πεδίο των Μαθηματικών είναι επίσης ευρύ και ποικίλο, περιλαμβάνοντας πολλά διαφορετικά υποπεδία. Αυτά τα υποπεδία περιλαμβάνουν την Άλγεβρα, η οποία ασχολείται με τη μελέτη μαθηματικών δομών και πράξεων, τη Γεωμετρία, η οποία περιλαμβάνει τη μελέτη Ευκλείδειων και μη Ευκλείδειων γεωμετριών, τη Διαφορική Γεωμετρία, η οποία περιλαμβάνει τη μελέτη καμπύλων χώρων, την Αλγεβρική Γεωμετρία, η οποία επικεντρώνεται στη μελέτη του αλγεβρικές εξισώσεις και οι γεωμετρικές ιδιότητές τους, Εφαρμοσμένα Μαθηματικά, που περιλαμβάνουν πεδία όπως Θεωρία Παιγνίων, Μαθηματική Φυσική, Θεωρία Πιθανοτήτων, Θεωρία Πληροφοριών, Θεωρία Βελτιστοποίησης, Θεωρητική Πληροφορική, Κρυπτογραφία και άλλα πεδία που εφαρμόζουν μαθηματικές έννοιες σε προβλήματα πραγματικού κόσμου, τα Διακριτά Μαθηματικά, που ασχολούνται με μαθηματικές δομές που είναι διακριτές και όχι συνεχείς,

και τη Μαθηματική Λογική, που περιλαμβάνει τη μελέτη του μαθηματικού συλλογισμού και της απόδειξης.

1.3. Η σημαντικότητα της STEAM

Για πάρα πολύ καιρό, η εκπαιδευτική κοινότητα έχει επικεντρωθεί στην προετοιμασία των μαθητών για την αγορά εργασίας, δίνοντας συχνά έμφαση σε δεξιότητες που μπορεί να καταστούν παρωχημένες μέχρι να αποφοιτήσουν. Σήμερα, είναι απαραίτητο να δημιουργηθούν περιβάλλοντα μάθησης που να είναι ευέλικτα, δυναμικά και σχετικά, όπου οι έννοιες, τα θέματα, τα πρότυπα και οι αξιολογήσεις ενσωματώνονται με συνεκτικό τρόπο. Ο ίδιος ο κόσμος είναι ένα τεράστιο και περίπλοκο μαθησιακό τοπίο και η ενσωμάτωση πραγματικών πρακτικών και εμπειριών στη διδασκαλία και τη μάθηση μπορεί να βοηθήσει στην κατάρτιση των παραδοσιακών φραγμών της τάξης. Ο απώτερος στόχος είναι να φέρει την εκπαίδευση στην καρδιά της μάθησης, όπου οι μαθητές ενθαρρύνονται να σκέφτονται κριτικά και δημιουργικά και να εμπλακούν με τον κόσμο γύρω τους με ουσιαστικούς τρόπους (Aroga & Singh, 2021). Αφαιρώντας τους τοίχους και τις πόρτες της τάξης, μπορούμε να δημιουργήσουμε ανοιχτά σχολεία που ενθαρρύνουν τη μάθηση και την ανάπτυξη σε όλους τους τομείς της ζωής.

Ο πυρήνας της εκπαίδευσης STEAM βρίσκεται στη μάθηση που βασίζεται στην έρευνα, στην κριτική σκέψη και στη μάθηση προσανατολισμένη στη διαδικασία. Αυτές οι θεμελιώδεις αρχές εκτιμώνται ιδιαίτερα στον τομέα της εκπαίδευσης. Η εκπαίδευση STEAM βασίζεται στην ιδέα της πρόκλησης υποθέσεων και της υποβολής ερωτήσεων διερεύνησης, κάτι που είναι κρίσιμο για την καλλιέργεια μιας καινοτόμου και αναλυτικής νοοτροπίας (Roberts & Schnepf, 2020). Στην καρδιά της εκπαίδευσης STEAM, η έρευνα, η περιέργεια και η ικανότητα εντοπισμού και επίλυσης προβλημάτων μέσω της δημιουργικής σκέψης είναι κρίσιμες δεξιότητες που αναπτύσσονται. Ουσιαστικά, η προσέγγιση STEAM αναγνωρίζει τη σημασία της ολοκλήρωσης των επιστημών και των ανθρωπιστικών επιστημών, καθιστώντας τις αναπόσπαστο μέρος της εκπαιδευτικής εμπειρίας.

Η διεπιστημονική εκπαίδευση εκτιμάται ιδιαίτερα για την ικανότητά της να παρέχει στους μαθητές πιο ουσιαστικές, ολοκληρωμένες και ελκυστικές μαθησιακές εμπειρίες

(Frykholm & Glasson, 2005; Koirala & Bowman, 2003; Jacobs, 1989). Επιπλέον, είναι μια προσέγγιση με επίκεντρο τον μαθητή που προωθεί τη σκέψη υψηλότερης τάξης, τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων και τη διατήρηση της μνήμης (Ellis & Fouts, 2001; King & Wiseman, 2001; Smith & Karr-Kidwell, 2000). Στο πλαίσιο της εκπαίδευσης STEM, οι μαθητές είναι σε θέση να αναπτύξουν ένα ευρύ φάσμα πολύτιμων ικανοτήτων όπως η επίλυση προβλημάτων, η καινοτομία, η εφεύρεση, η αυτοδυναμία, ο λογικός συλλογισμός και ο τεχνολογικός γραμματισμός (Morrison, 2006). Ως εκ τούτου, η εκπαίδευση STEM είναι απαραίτητη για την προετοιμασία των μαθητών να είναι επιτυχείς σε έναν ταχέως μεταβαλλόμενο κόσμο, όπου η ικανότητα προσαρμογής, καινοτομίας και επίλυσης σύνθετων προβλημάτων είναι ολοένα και πιο σημαντική.

Ενώ η εκπαίδευση STEM έχει πολλά πλεονεκτήματα, έχει επίσης αντιμετωπίσει κριτική σχετικά με την αποτελεσματικότητά της για μη μηχανικούς, την έλλειψη σύνδεσής της με την πραγματικότητα, τις δυνατότητές της για λανθασμένη διδασκαλία και την επάρκεια των δασκάλων που την παραδίδουν. Επιπλέον, οι οικονομικές, πολιτικές και κοινωνικές συνθήκες διαδραματίζουν επίσης ρόλο στη διαμόρφωση της αποτελεσματικότητας και της προσβασιμότητας της εκπαίδευσης STEM. Αυτές οι κριτικές υπογραμμίζουν την ανάγκη για συνεχή αξιολόγηση και βελτίωση της εκπαίδευσης STEM για να διασφαλιστεί ότι παραμένει σχετική και αποτελεσματική για όλους τους μαθητές. (Θωμόπουλος, 2013).

Τα προβλήματα που μαστίζουν την εκπαίδευση STEM οφείλονται σε μεγάλο βαθμό σε κοινές παρανοήσεις σχετικά με το αντικείμενο. Μερικές από τις πιο αξιοσημείωτες παρανοήσεις περιλαμβάνουν την πεποίθηση ότι η μηχανική και η τεχνολογία είναι απλώς πρόσθετα μαθήματα, ότι η τεχνολογία στην εκπαίδευση αναφέρεται μόνο στην επεξεργασία κειμένου και στους υπολογιστές και ότι η εργαστηριακή εργασία και η επιστημονική μέθοδος δεν δίνονται έμφαση στα προγράμματα σπουδών STEM. Επιπρόσθετα, υπάρχει μια κοινή παρανόηση ότι όλοι οι μαθητές που εκπαιδεύονται μέσω του STEM θα ωθηθούν προς τα τεχνικά πεδία, εις βάρος της εκπαίδευσης των ελεύθερων τεχνών. Πιστεύεται επίσης ότι η εκπαίδευση στα μαθηματικά είναι διαφορετική από την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και ότι η εκπαίδευση STEM αντιμετωπίζει μόνο ζητήματα εργατικού δυναμικού. Τέλος, υπάρχει μια ευρέως διαδεδομένη πεποίθηση ότι η εκπαίδευση στην τεχνολογία είναι θεμελιωδώς διαφορετική από την εκπαίδευση στη μηχανική και ότι οι

εκπαιδευτικοί με κατάρτιση σε έναν τομέα δεν μπορούν να διδάξουν μαθήματα από άλλα πεδία STEM.

1.4. Σύγκριση STEAM και STEM

Ωστόσο, η απλή προσθήκη περισσότερων προγραμμάτων STEM στο πρόγραμμα σπουδών δεν αρκεί για να προετοιμάσει τους μαθητές για τις προκλήσεις του 21ου αιώνα. Το κίνημα STEAM στοχεύει να επεκταθεί στα θεμέλια του STEM ενσωματώνοντας τις τέχνες στο μείγμα. Αυτό δημιουργεί μια πιο ολοκληρωμένη εκπαιδευτική εμπειρία που προωθεί τη δημιουργικότητα και την καινοτομία, τα οποία εκτιμώνται ιδιαίτερα στη σύγχρονη οικονομία. Οι τέχνες παρέχουν μια μοναδική προοπτική που συμπληρώνει τη λογική και αναλυτική σκέψη του STEM, με αποτέλεσμα μια πιο ολιστική προσέγγιση στη μάθηση. Αυτή η προσέγγιση έχει αποδειχθεί ότι είναι αποτελεσματική στην παραγωγή ολοκληρωμένων, προσαρμόσιμων ατόμων που είναι καλύτερα προετοιμασμένα να αντιμετωπίσουν τις περίπλοκες προκλήσεις του σύγχρονου κόσμου.

Η ώθηση για αυξημένες επενδύσεις σε πρωτοβουλίες STEM στα σχολεία βασίζεται στην πεποίθηση ότι η μελλοντική οικονομική ευημερία εξαρτάται από ένα εργατικό δυναμικό που γνωρίζει καλά τις αναπτυσσόμενες αγορές εργασίας όπως η επιστήμη, η τεχνολογία, η μηχανική και τα μαθηματικά. Κατά συνέπεια, υπήρξε άνοδος των προγραμμάτων STEM στα σχολεία, τα οποία συχνά περιλαμβάνουν πρωτοβουλίες όπως η παροχή κινητών συσκευών για μαθητές, προγράμματα μετά το σχολείο, πρόγραμμα σπουδών STEM που ενσωματώνει έργα που χρησιμοποιούν πρακτικές STEM, πρωτοβουλίες Bring Your Own Device (BYOD) και STEM ημέρες με στόχο την ενθάρρυνση της πρακτικής εξερεύνησης σε καθέναν από αυτούς τους κλάδους. Τα προγράμματα ρομποτικής κερδίζουν επίσης δημοτικότητα ως ένας τρόπος εισαγωγής των φοιτητών στη μηχανική και την τεχνολογία. Παρά τη δυναμική πίσω από τις πρωτοβουλίες STEM, υπάρχουν αυξανόμενες εκκλήσεις για επέκταση αυτής της προσέγγισης ώστε να συμπεριλάβει τις τέχνες, με αποτέλεσμα την άνοδο του κινήματος STEAM.

Αν και αξιέπαινες, οι τρέχουσες πρωτοβουλίες που στοχεύουν στη διερεύνηση των τεσσάρων τομέων μελέτης είναι ανεπαρκείς καθώς δεν ενσωματώνουν την κρίσιμη πτυχή της δημιουργικότητας και της καινοτομίας. Τα προγράμματα STEM παρέχουν στους

μαθητές ευκαιρίες για πρακτική μάθηση, αλλά περιορίζονται αποκλειστικά στην επιστήμη, την τεχνολογία, τη μηχανική και τα μαθηματικά και δεν αρκούν για τα οικονομικά. Για να διαπρέψει κανείς στα οικονομικά, πρέπει να διαθέτει δεξιότητες πρακτικής εφαρμογής, δημιουργικής σκέψης και εφευρετικότητας, οι οποίες δεν μπορούν να αναπτυχθούν πλήρως μόνο μέσω του STEM. Όπως σημειώθηκε από τον Guarrella (2021), το STEM από μόνο του δεν ενισχύει επαρκώς αυτά τα βασικά στοιχεία.

Η προσέγγιση STEAM βασίζεται στα πλεονεκτήματα του STEM ενσωματώνοντας αρχές και εργαλεία από τις τέχνες για να δημιουργήσει μια πιο ολοκληρωμένη εκπαιδευτική εμπειρία. Με τη συγχώνευση του STEM με τις δημιουργικές τέχνες, το STEAM οδηγεί τη μάθηση σε ένα νέο επίπεδο, επιτρέποντας στους μαθητές να συνθέσουν τη γνώση σε αυτούς τους βασικούς τομείς, ενώ παράλληλα αξιοποιούν πρακτικές τέχνες, αρχές σχεδίασης και πρότυπα για να επιτύχουν μια πιο ολιστική παλέτα μάθησης. Σύμφωνα με τον Singh (2021), το STEAM προωθεί επίσης την κριτική σκέψη και την καινοτομία εξαλείφοντας τα όρια και ενισχύοντας την έρευνα, την κριτική και τα απροσδόκητα αποτελέσματα.

1.5. Σκοπός και Στόχοι της STEAM

Η εκπαίδευση STEM καλύπτει ένα ευρύ φάσμα εκπαιδευτικών επιπέδων, από το Νηπιαγωγείο έως την Τριτοβάθμια Εκπαίδευση. Επικεντρώνεται στην ανάπτυξη της ικανότητας των ατόμων να εφαρμόζουν τις γνώσεις και τις δεξιότητές τους σε τέσσερις διασυνδεδεμένους τομείς (National Governors Association, 2007). Ο πρώτος τομέας, ο επιστημονικός γραμματισμός, περιλαμβάνει τη χρήση επιστημονικών γνώσεων και διαδικασιών για την κατανόηση του φυσικού κόσμου και τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων που τον επηρεάζουν. Ο δεύτερος τομέας, ο τεχνολογικός γραμματισμός, αφορά την ικανότητα ενός ατόμου να χρησιμοποιεί, να διαχειρίζεται, να κατανοεί και να αξιολογεί αποτελεσματικά την τεχνολογία. Ο μηχανικός γραμματισμός είναι ο τρίτος τομέας και σχετίζεται με την κατανόηση του ατόμου για το πώς αναπτύσσονται οι τεχνολογίες μέσω μιας συστηματικής και δημιουργικής εφαρμογής αρχών σχεδιασμού, επιστημονικών και μαθηματικών εννοιών. Ο τέταρτος τομέας είναι ο μαθηματικός γραμματισμός, ο οποίος περιλαμβάνει την ικανότητα ενός ατόμου να αναλύει, να αιτιολογεί και να επικοινωνεί αποτελεσματικά μαθηματικές ιδέες και λύσεις σε διάφορες καταστάσεις.

Η εκπαίδευση STEM στοχεύει να εξοπλίσει τους μαθητές με τις απαραίτητες δεξιότητες και γνώσεις για να επιτύχουν στον σύγχρονο κόσμο, συνδέοντάς τους με πραγματικές καταστάσεις. Επιδιώκει να το κάνει ξεκινώντας από την πρωτοβάθμια εκπαίδευση και παρέχοντας στους εκπαιδευόμενους ευκαιρίες για ενεργό μάθηση σε ένα μαθητοκεντρικό περιβάλλον, με καθοδήγηση των δασκάλων. Αυτό συνεπάγεται τη συμμετοχή των μαθητών σε δραστηριότητες επίλυσης προβλημάτων, πρακτικές ασκήσεις και την ενθάρρυνση τους να διατυπώσουν ερωτήσεις που τους επιτρέπουν να αντιμετωπίσουν τις πραγματικές προκλήσεις σε ένα ομαδικό περιβάλλον. Όπως σημειώνει ο Χατζηδημητρίου (2015), η ενεργός συμμετοχή και η ενασχόληση σε τέτοιες δραστηριότητες είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη βασικών δεξιοτήτων ζωής.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, οι εκπαιδευτικοί στόχοι STEM για τη δημοτική και δευτεροβάθμια εκπαίδευση επικεντρώνονται στην επέκταση του αριθμού των μαθητών που ακολουθούν τριτοβάθμια εκπαίδευση και σταδιοδρομία στους τομείς STEM, καθώς και στην αύξηση της συμμετοχής των γυναικών και των μειονοτήτων σε αυτούς τους τομείς. Επιπλέον, οι στόχοι περιλαμβάνουν την ανάπτυξη ειδικευμένου εργατικού δυναμικού στους τομείς STEM και την επέκταση της συμμετοχής των γυναικών και των μειονοτήτων στο εργατικό δυναμικό. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι αυτοί οι στόχοι δεν περιορίζονται σε όσους σχεδιάζουν να ακολουθήσουν μια σταδιοδρομία στο STEM, αλλά στοχεύουν επίσης στην αύξηση της εκπαίδευσης STEM για όλους τους μαθητές, ανεξάρτητα από τη μελλοντική τους σταδιοδρομία (Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας, 2011).

1.6. Το μοντέλο STEAM και η χρήση του

Αν και η πορεία προς την εφαρμογή του STEAM είναι συναρπαστική, είναι επίσης γεμάτη πιθανές παγίδες, αν δεν κατανοηθεί πλήρως ως προς την πρόθεση και την πρακτική εφαρμογή του. Όπως και με τον προκάτοχό του, το STEM, το πλήρες δυναμικό του STEAM μπορεί να μην πραγματοποιηθεί χωρίς ορισμένα θεμελιώδη στοιχεία, όπως σημειώνεται από τους Roberts and Schnepf (2020):

Η επιτυχής εφαρμογή του STEAM ως ολοκληρωμένης μαθησιακής προσέγγισης εξαρτάται από τη δημιουργία σκόπιμων συνδέσεων μεταξύ των εκπαιδευτικών προτύπων, των αξιολογήσεων και του σχεδιασμού και της εφαρμογής των μαθημάτων. Προκειμένου

να χαρακτηριστούν γνήσιες εμπειρίες STEAM, αυτές οι ευκαιρίες μάθησης θα πρέπει να ενσωματώνουν τουλάχιστον δύο ή περισσότερα πρότυπα από την επιστήμη, την τεχνολογία, τη μηχανική, τα μαθηματικά και τις τέχνες, με κάθε θεματική ενότητα να ενημερώνει και να υποστηρίζει αμοιβαία τους άλλους. Στον πυρήνα της προσέγγισης STEAM βρίσκονται οι αρχές της έρευνας, της συνεργασίας και της μάθησης που βασίζεται στη διαδικασία. Επιπλέον, η αξιοποίηση των μοναδικών δυνατοτήτων και ποιοτήτων των τεχνών είναι απαραίτητη για τη δημιουργία μιας πραγματικά αυθεντικής πρωτοβουλίας STEAM.

Για την επιτυχή εφαρμογή του STEAM στα σχολεία, πρέπει να ληφθούν υπόψη ορισμένοι κρίσιμοι παράγοντες, όπως περιγράφονται από τους Roberts και Schnepf (2020). Αυτά περιλαμβάνουν την προώθηση του συνεργατικού σχεδιασμού μεταξύ δασκάλων και μαθητών, την προσαρμογή των σχολικών προγραμμάτων για την υποστήριξη μιας νέας προσέγγισης στη διδασκαλία και τη μάθηση, την παροχή ευκαιριών επαγγελματικής ανάπτυξης σε όλα τα μέλη του προσωπικού για να διασφαλιστεί η γνώση των πρακτικών και αρχών STEAM, η χαρτογράφηση ενός ολοκληρωμένου σχήματος STEAM για το σχεδιασμό προγραμμάτων σπουδών και αξιολόγησης, ευθυγράμμιση και αποσυσκευασία προτύπων και αξιολογήσεων σε διαφορετικές θεματικές περιοχές και καθιερώνοντας εξορθολογισμένες διαδικασίες και στρατηγικές υλοποίησης μαθημάτων. Δίνοντας προτεραιότητα σε αυτούς τους παράγοντες, τα σχολεία μπορούν να δημιουργήσουν ένα υποστηρικτικό περιβάλλον που προωθεί και υποστηρίζει επιτυχημένες πρωτοβουλίες μάθησης STEAM.

Για να δημιουργήσουν μια τάξη εστιασμένη στο STEAM, ανεξάρτητα από το αντικείμενο που διδάσκεται, οι Bakirci και Kirici (2021) σκιαγραφούν μια διαδικασία έξι βημάτων που ενσωματώνει πρότυπα περιεχομένου και τέχνης για την αντιμετώπιση ενός κεντρικού προβλήματος ή ουσιαστικής ερώτησης. Τα παρακάτω είναι τα βήματα αυτής της εκπαιδευτικής διαδικασίας μάθησης που συνήθως εφαρμόζονται σε μια τάξη STEAM (Bakirci & Kirici, 2021):

Σε μια τάξη εστιασμένη στο STEAM, υπάρχουν έξι βήματα που εμπλέκονται στην εκπαιδευτική διαδικασία μάθησης, ανεξάρτητα από το αντικείμενο που διδάσκεται (Bakirci & Kirici, 2021). Το πρώτο βήμα είναι να επιλέξετε μια ουσιαστική ερώτηση προς απάντηση ή ένα πρόβλημα προς επίλυση και να καθορίσετε με σαφήνεια πώς αυτή η ερώτηση ή το

πρόβλημα σχετίζεται με τις επιλεγμένες περιοχές περιεχομένου STEAM. Κατά τη διάρκεια του δεύτερου βήματος, οι μαθητές αναζητούν τα στοιχεία που συμβάλλουν στο πρόβλημα ή την ερώτηση και ανακαλύπτουν βασικές πληροφορίες, δεξιότητες ή διαδικασίες που έχουν ήδη για να αντιμετωπίσουν την ερώτηση. Το τρίτο βήμα, η ανακάλυψη, περιλαμβάνει ενεργό έρευνα και σκόπιμη διδασκαλία, καθώς οι μαθητές ερευνούν τρέχουσες λύσεις και αναλύουν τα κενά στις δεξιότητες ή τις διαδικασίες τους. Στο τέταρτο βήμα, την εφαρμογή, οι μαθητές χρησιμοποιούν τις δεξιότητες, τις διαδικασίες και τη γνώση που έμαθαν στο στάδιο της ανακάλυψης για να δημιουργήσουν τη δική τους λύση ή διατύπωση στο πρόβλημα. Το πέμπτο βήμα, η παρουσίαση, περιλαμβάνει την κοινή χρήση της λύσης ή της σύνθεσης και τη λήψη ανατροφοδότησης για τη διευκόλυνση της περαιτέρω μάθησης. Τέλος, στο έκτο βήμα, σύνδεσμος, οι μαθητές συλλογίζονται την ανατροφοδότηση που έλαβαν και τη δική τους διαδικασία και δεξιότητες, αναθεωρούν την εργασία τους όπως απαιτείται και παράγουν μια ακόμα καλύτερη λύση.

Κεφάλαιο 2: Εκπαιδευτική προσέγγιση των Μηχανών

STEAM

Οι προσεγγίσεις μάθησης που χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές STEM/STEAM περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα μεθόδων μάθησης, με ιδιαίτερη προσοχή στη διαδραστική, μαθητοκεντρική και στοχαστική μάθηση. Αυτές οι προσεγγίσεις επεξεργάζονται από τους Καπράβελου (2011), Schunk (2010) και Δημητριάδη (2015). Η ενεργός μάθηση, η οποία δίνει έμφαση στην ανάπτυξη ικανοτήτων, είναι μια θεμελιώδης αρχή που διέπει τις περισσότερες προσεγγίσεις διδασκαλίας και μάθησης. Επιπρόσθετα, η μαθητοκεντρική μάθηση, η οποία συνδέεται στενά με την ενεργητική μάθηση, τονίζει τη σημασία του ρόλου του μαθητή στην εκπαιδευτική διαδικασία. Η αναστοχαστική μάθηση, η οποία αποτελεί ουσιαστικό συστατικό της διδασκαλίας και της μάθησης που βασίζεται στις ικανότητες, ενσωματώνεται σε πολλές άλλες προσεγγίσεις της εκπαίδευσης που βασίζονται σε ικανότητες, συμπεριλαμβανομένης της μάθησης με βάση το πρόβλημα, της βιοματικής μάθησης και των υπηρεσιών μάθησης. Όλες αυτές οι προσεγγίσεις υπογραμμίζουν τη

σημασία του προβληματισμού στη μαθησιακή διαδικασία και προάγουν την ανάπτυξη δεξιοτήτων κριτικής σκέψης.

Η συνεργατική μάθηση είναι μια πολύτιμη προσέγγιση που περιλαμβάνει συγκεκριμένες μορφές συνεργασίας μεταξύ των μαθητών, όπως η διεπιστημονική ή η διαπολιτισμική μάθηση. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να προωθηθεί μέσω μαθησιακών δραστηριοτήτων που βασίζονται σε ομαδικά έργα ή σε προβλήματα. Η βιωματική μάθηση, από την άλλη πλευρά, είναι μια μαθητοκεντρική και ενεργή προσέγγιση που συχνά περιλαμβάνει μάθηση βάσει έργου, με υποτύπους που περιλαμβάνουν τη μάθηση δράσης και τη μάθηση υπηρεσιών. Η μάθηση που βασίζεται στην επίλυση προβλημάτων σχετίζεται στενά με την αυτοκατευθυνόμενη και βιωματική μάθηση και μπορεί εύκολα να συνδεθεί με τη μάθηση που βασίζεται στον πραγματικό κόσμο και σε έργα. Η διαθεματική μάθηση είναι μια άλλη προσέγγιση που υποστηρίζει την εφαρμογή της γνώσης σε νέα και διαφορετικά πλαίσια, ενώ η διεπιστημονική μάθηση τονίζει τη σημασία της συνάφειας με τον πραγματικό κόσμο. Τέλος, η μετασχηματιστική μάθηση περιλαμβάνει μια σειρά παιδαγωγικών προσεγγίσεων, από τη μάθηση με βάση το πρόβλημα έως την παραδοσιακή παρουσίαση γνώσης έως την υπαίθρια περιβαλλοντική εκπαίδευση, με την ομαδική εργασία και τον κριτικό προβληματισμό να αποτελούν βασικά συστατικά σε όλες τις προσεγγίσεις.

2.1. Διαδραστική Εκμάθηση

Σύμφωνα με την κονστρουκτιβιστική προοπτική, οι ικανότητες που περιλαμβάνουν γνώσεις, στάσεις και δεξιότητες δεν μπορούν απλώς να μεταδοθούν στους μαθητές, αλλά πρέπει να αποκτηθούν ενεργά με τις δικές τους προσπάθειες. Οι εφαρμογές STEM/STEAM διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο σε αυτή τη διαδικασία, καθώς οι μαθητές πρέπει να ασχοληθούν με το θέμα, να το αξιολογήσουν κριτικά και να το ενσωματώσουν στο δικό τους πλαίσιο. Όπως σημειώνει ο Καπράβελου (2011), η ενεργητική μάθηση αντιπροσωπεύει έναν ευρύ όρο που περιλαμβάνει διδακτικές μεθοδολογίες που δίνουν προτεραιότητα στη συμμετοχή του εκπαιδευόμενου έναντι της δηλωτικής γνώσης του εκπαιδευτικού για το αντικείμενο. Υπό αυτή την έννοια, οι εφαρμογές STEM/STEAM χρησιμεύουν ως πολύτιμα εργαλεία για την προώθηση της ενεργητικής μάθησης και την ενθάρρυνση των μαθητών να αναλάβουν ενεργό ρόλο στη δική τους εκπαίδευση. Με την

ενασχόληση με το υλικό με πρακτικό και διαδραστικό τρόπο, οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να αναπτύξουν μια βαθύτερη κατανόηση του αντικειμένου και να αναπτύξουν τις ικανότητες που απαιτούνται για να επιτύχουν στον επιλεγμένο τομέα.

Η ενεργητική και διαδραστική μάθηση είναι αποτελεσματικές στρατηγικές για την προώθηση της εμπλοκής και των κινήτρων των μαθητών, ενώ παράλληλα μειώνουν τις στρατηγικές μαθησιακές συμπεριφορές και προάγουν τη βαθιά κατανόηση του αντικειμένου. Αυτές οι προσεγγίσεις διευκολύνουν επίσης την ανάπτυξη δεξιοτήτων κριτικής σκέψης και πρακτικών αναστοχασμού που μπορούν να υποστηρίξουν τη δια βίου μάθηση. Αντίθετα, πιο παραδοσιακές μορφές διδασκαλίας, όπως η απομνημόνευση, τείνουν να παράγουν αυτό που είναι γνωστό ως «λεπτή» γνώση, η οποία περιορίζεται στην ανάκληση πληροφοριών σε επίπεδο επιφάνειας. Με την προώθηση της ενεργητικής και διαδραστικής μάθησης, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να βοηθήσουν τους εκπαιδευόμενους να αναπτύξουν μια βαθύτερη και πιο ολοκληρωμένη κατανόηση του αντικειμένου, ενώ παράλληλα χτίζουν τις δεξιότητες και τις ικανότητες που απαιτούνται για να επιτύχουν στις μελλοντικές ακαδημαϊκές και επαγγελματικές τους επιδιώξεις.

Το απόσπασμα που αναφέρθηκε παραπάνω αποτυπώνει αποτελεσματικά την ουσία του ρόλου του δασκάλου στη διευκόλυνση της ενεργητικής μάθησης. Υπογραμμίζει τη σημασία της συμμετοχής και της υπευθυνότητας των μαθητών στη διαδικασία απόκτησης και κατασκευής γνώσης. Σε αυτό το πλαίσιο, ο δάσκαλος αναλαμβάνει το ρόλο του διευκολυντή, ο οποίος καθοδηγεί και υποστηρίζει τη μαθησιακή διαδικασία αντί να ενεργεί ως η μοναδική πηγή γνώσης. Όπως σημειώνουν οι Schunk (2010) και Δημητριάδης (2015), η κύρια ευθύνη του δασκάλου είναι να εμπνέει τους μαθητές εισάγοντάς τους σε ενδιαφέροντα θέματα και εμπλέκοντας μαθησιακές δραστηριότητες. Με αυτόν τον τρόπο, ο δάσκαλος δημιουργεί ένα περιβάλλον που προωθεί την ενεργό και διαδραστική μάθηση, η οποία αναγνωρίζεται ευρέως ως θεμελιώδης αρχή για την ανάπτυξη ικανοτήτων σε διαφορετικές προσεγγίσεις διδασκαλίας και μάθησης. Υιοθετώντας αυτήν την προσέγγιση, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να αναπτύξουν την κριτική σκέψη και τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων που απαιτούνται για την επιτυχία σε έναν κόσμο που αλλάζει ταχύως.

2.2. Βιωματική Μάθηση

Μια βασική πτυχή της αποτελεσματικής μάθησης είναι η ικανότητα των μαθητών να συνδέουν τις προσωπικές τους εμπειρίες με το περιεχόμενο του μαθήματος. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω ποικίλων μεθόδων, όπως η ενασχόληση με προσομοιώσεις ή η διεξαγωγή συνεντεύξεων, όπως σημειώνει ο Δημητριάδης (2015) στο πλαίσιο των εφαρμογών STEM/STEAM. Η έννοια της βιωματικής μάθησης, η οποία χρονολογείται από τη θεμελιώδη εργασία του Kolb για το θέμα, περιλαμβάνει μια διαδικασία τεσσάρων σταδίων (Wooding, 2020). Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει την απόκτηση μιας συγκεκριμένης εμπειρίας, που ακολουθείται από την παρατήρηση και τον προβληματισμό σχετικά με αυτήν την εμπειρία. Στη συνέχεια, οι μαθητές σχηματίζουν αφηρημένες έννοιες με βάση τις παρατηρήσεις τους, τις οποίες στη συνέχεια μπορούν να εφαρμόσουν σε νέες καταστάσεις. Ακολουθώντας αυτή τη διαδικασία, οι μαθητές μπορούν να αποκτήσουν μια βαθύτερη κατανόηση του θέματος, καθώς και να αναπτύξουν πολύτιμες δεξιότητες κριτικής σκέψης και επίλυσης προβλημάτων που είναι απαραίτητες στον σημερινό κόσμο με γρήγορους ρυθμούς.

Η βιωματική μάθηση έχει τη δυνατότητα να ενισχύσει την απόκτηση γνώσεων, την ανάπτυξη δεξιοτήτων και την αποσαφήνιση αξιών συνδέοντας αφηρημένες έννοιες με τις προσωπικές εμπειρίες του εκπαιδευόμενου και τις πραγματικές καταστάσεις. Ο δάσκαλος παίζει καθοριστικό ρόλο στον προγραμματισμό της εμπειρίας και στην παροχή κατευθυντήριων γραμμών για προβληματισμό, λειτουργώντας έτσι περισσότερο ως διευκολυντής παρά ως ειδικός που απλώς μεταδίδει τη γνώση. Οι εμπειρίες που χρησιμεύουν ως βάση για τον προβληματισμό σχετικά με τη μαθησιακή διαδικασία μπορεί να είναι με τη μορφή άμεσης δράσης, όπως πρακτική άσκηση ή έργα μάθησης υπηρεσιών, ή μπορούν να προσομοιωθούν μέσω παιχνιδιών, παιχνιδιών ρόλων ή σεναρίων φαντασίας. Δεδομένου ότι είναι μαθητοκεντρική και διαδραστική, η βιωματική μάθηση συχνά σχεδιάζεται ως έργο, καθιστώντας την ιδανική εφαρμογή STEM/STEAM. Οι δύο υποτύποι της βιωματικής μάθησης είναι η μάθηση με δράση και η μάθηση υπηρεσιών (Wooding, 2020).

2.3. Συνεργατική Μάθηση

Η συνεργατική μάθηση είναι μια παιδαγωγική προσέγγιση που δίνει έμφαση στους μαθητές που εργάζονται μαζί σε μικρές ομάδες για την επίτευξη κοινών μαθησιακών στόχων. Η σημασία της συνεργατικής μάθησης στις εφαρμογές STEM/STEAM έγκειται στην ικανότητά της να προωθεί τη συνεργατική μάθηση και την κριτική σκέψη. Όταν οι μαθητές εργάζονται μαζί σε μικρές ομάδες, μπορούν να μοιράζονται τις γνώσεις και τις προοπτικές τους, ενώ ταυτόχρονα προκαλούν και διαπραγματεύονται τις ιδέες τους. Αυτή η δυναμική αλληλεπίδραση διευκολύνει τη βαθύτερη κατανόηση του θέματος, ενώ παράλληλα προάγει τις κοινωνικές δεξιότητες και την ενσυναίσθηση. Επιπλέον, η συνεργατική μάθηση δίνει έμφαση στον κοινωνικό και διαδραστικό χαρακτήρα της μάθησης, τονίζοντας το γεγονός ότι η μάθηση δεν είναι μόνο μια ατομική διαδικασία, αλλά και μια κοινή διαδικασία. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η συνεργατική μάθηση διαφέρει από τη συνεργατική μάθηση, όπου οι εκπαιδευόμενοι χωρίζουν τις εργασίες και εργάζονται χωριστά (Lyman,2021).

Η συνεργατική μάθηση είναι μια δυναμική προσέγγιση στην εκπαίδευση που δίνει έμφαση στη συνεργασία μεταξύ των μαθητών σε μικρές ομάδες. Συμμετέχοντας σε συζητήσεις και ανταλλάσσοντας γνώσεις, οι μαθητές μπορούν να βελτιώσουν την κατανόησή τους περίπλοκων εννοιών και να εντοπίσουν τομείς όπου πρέπει να βελτιώσουν τις δεξιότητές τους. Επιπλέον, μέσω της κοινωνικής μοντελοποίησης, οι μαθητές μπορούν να μάθουν ο ένας από τον άλλο και να αναπτύξουν νέες προοπτικές για το υλικό του μαθήματος. Ο ρόλος του δασκάλου στη συνεργατική μάθηση είναι να διευκολύνει τις ομαδικές συζητήσεις και να συντονίζει τις μαθησιακές δραστηριότητες, αντί να λειτουργεί ως μοναδική πηγή πληροφοριών. Είναι επίσης σημαντικό να σημειωθεί ότι η συνεργατική μάθηση μπορεί να λάβει διάφορες μορφές, ανάλογα με τη σύνθεση των ομάδων, όπως η διαθεματική ή η διαπολιτισμική μάθηση. Για παράδειγμα, στη μάθηση που βασίζεται σε έργα ή προβλήματα, οι μαθητές μπορούν να εργαστούν μαζί σε ομάδες για να λύσουν προβλήματα του πραγματικού κόσμου και να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους σε ένα συνεργατικό περιβάλλον (Metzler & Colquitt, 2021).

2.4. Διεπιστημονική Εκμάθηση

Η διεπιστημονική μάθηση είναι μια προσέγγιση συνεργατικής μάθησης που περιλαμβάνει εταίρους από διάφορους τομείς, όπως η κοινωνία των πολιτών, οι επιχειρήσεις, η πολιτική, τα σχολεία, οι κοινότητες και άλλοι. Ο στόχος είναι να αντιμετωπιστεί ένα σύνθετο πρόβλημα ή ένα ερευνητικό ερώτημα χρησιμοποιώντας εφαρμογές STEM/STEAM. Η συνεργασία μεταξύ μαθητών και εταίρων επιτρέπει την ενοποίηση της γνώσης και των πόρων για την εξεύρεση λύσης. Η αμφίδρομη μάθηση γίνεται μέσω της δέσμευσης, του διαλόγου και της μάθησης με μέλη της κοινότητας εκτός της ακαδημίας. Σε διεπιστημονικά πλαίσια, η ακαδημαϊκή γνώση και οι προσεγγίσεις πρέπει να επαναξιολογηθούν, να προσαρμοστούν και να αξιολογηθούν κανονιστικά. Τα διεπιστημονικά έργα παρέχουν ένα άτυπο περιβάλλον μάθησης όπου οι μαθητές αναπτύσσουν κοινωνικές δεξιότητες. Όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη θα πρέπει να επωφελούνται από έργα διεπιστημονικής μάθησης, αλλά τα οφέλη μπορεί να ποικίλλουν ανάλογα με τη φύση του ενδιαφερόμενου, όπως μια κινητήρια εμπειρία μάθησης για φοιτητές, ακαδημαϊκή υποστήριξη για μια επιχείρηση ή μια ερευνητική ευκαιρία για το διδακτικό προσωπικό. (Klabak, 2021· ElSayary, 2021).

Η διεπιστημονική μάθηση επιτρέπει στους μαθητές να εφαρμόσουν τις ακαδημαϊκές τους γνώσεις και δεξιότητες που βασίζονται στην τάξη σε πραγματικές συνθήκες, αποκτώντας γνώσεις για προβλήματα και συνθήκες του πραγματικού κόσμου. Σε ένα τέτοιο περιβάλλον συνεργατικής μάθησης, ο ρόλος του δασκάλου επεκτείνεται πέρα από αυτόν του συντονιστή για τις μαθησιακές διαδικασίες των μαθητών. Λειτουργούν επίσης ως διευκολυντής της διεπιστημονικής διαδικασίας κοινής μάθησης για όλους τους εμπλεκόμενους στη συνεργασία, συμπεριλαμβανομένων των επιχειρήσεων, της κοινωνίας των πολιτών και των κοινοτικών εταίρων. Ο δάσκαλος πρέπει επίσης να ενεργεί ως διαχειριστής, ξεκινώντας τη συνεργασία και συντονίζοντας συναντήσεις για να διασφαλίσει ότι το έργο είναι σε καλό δρόμο και ότι εκπληρώνει τους στόχους του. Με τη συμμετοχή σε διεπιστημονικά έργα, οι μαθητές αναπτύσσουν κρίσιμες κοινωνικές δεξιότητες και αποκτούν έκθεση σε διαφορετικές προοπτικές, προετοιμάζοντάς τους για μελλοντική επιτυχία σε ένα ταχέως μεταβαλλόμενο παγκόσμιο περιβάλλον.

2.5. Αναστοχαστική Εκμάθηση

Η βιωματική μάθηση μέσω των εφαρμογών STEM/STEAM διευκολύνει την ενεργό δόμηση της γνώσης και την ανάπτυξη ικανοτήτων, οι οποίες ενισχύονται από την αναστοχαστική διαδικασία. Με την αναθεώρηση και την ενσωμάτωση νέων εμπειριών σε υπάρχοντα πλαίσια αναφοράς, οι μαθητές βασίζονται στις προηγούμενες γνώσεις τους και προσαρμόζουν τις προοπτικές τους. Ο προβληματισμός είναι μια κρίσιμη δεξιότητα που απαιτεί χρόνο και χώρο για να καλλιεργηθεί και συμπληρώνει την πρακτική μάθηση ενισχύοντας την κριτική σκέψη και την ανάλυση προβλημάτων σε πιο αφηρημένο επίπεδο. Ο ρητός προβληματισμός είναι ένα πολύτιμο εργαλείο για να αποκτήσουν οι μαθητές μια βαθύτερη κατανόηση των εμπειριών τους και της γνώσης που έχουν αποκτήσει (Δημητριάδης, 2015).

Ο προβληματισμός είναι ένα κρίσιμο στοιχείο για την ανάπτυξη της ικανότητας μάθησης και μετατροπής των υπάρχοντων πλαισίων αναφοράς. Μέσω του στοχασμού, οι μαθητές ενθαρρύνονται να συμμετέχουν σε κριτική σκέψη και ανάλυση σε υψηλότερο επίπεδο, οδηγώντας σε μια βαθύτερη κατανόηση του αντικειμένου. Ο δάσκαλος διαδραματίζει βασικό ρόλο στη διευκόλυνση αυτής της διαδικασίας, δημιουργώντας ένα περιβάλλον που προωθεί πρακτικές αναστοχασμού και ενθαρρύνει ηθικούς προβληματισμούς και αξίες. Οι δραστηριότητες επίλυσης προβλημάτων που συνδέουν τη θεωρία και τη δράση μπορούν να παρέχουν ευκαιρίες για προβληματισμό και να ενισχύσουν τις μετασχηματιστικές δυνατότητες της μαθησιακής εμπειρίας (ElSayary, 2021).

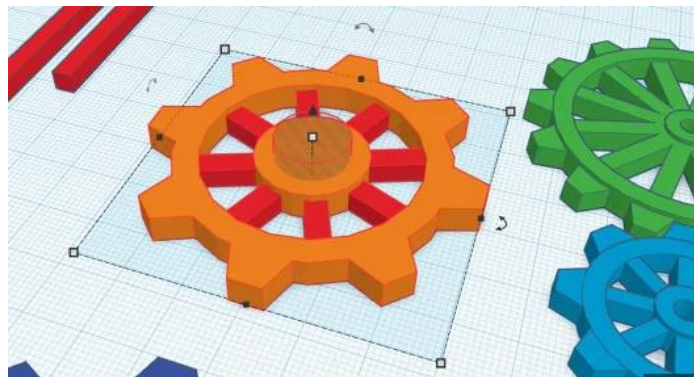
Στις σύγχρονες προσεγγίσεις διδασκαλίας και μάθησης, η αναστοχαστική μάθηση διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην ανάπτυξη των ικανοτήτων. Ενσωματώνεται σε διάφορες άλλες μεθόδους που βασίζονται σε ικανότητες, όπως η μάθηση βάσει προβλημάτων, η βιωματική μάθηση και η μάθηση υπηρεσιών. Η μάθηση με βάση το πρόβλημα επικεντρώνεται γύρω από τη διερεύνηση και τον προβληματισμό για ένα συγκεκριμένο θέμα, ενώ η βιωματική μάθηση συνδυάζει τις εμπειρίες με τη στοχαστική σκέψη. Η μάθηση υπηρεσιών συνδέει την επίσημη μάθηση με την άτυπη μάθηση μέσω του προβληματισμού και όλες αυτές οι προσεγγίσεις στοχεύουν στην προώθηση της ενεργητικής και μετασχηματιστικής κατασκευής της γνώσης (Perkowska-Klejman, 2021).

Κεφάλαιο 3: Πλατφόρμες εφαρμογών STEAM.

Όταν οι συμπληρωματικές δυνάμεις της επιστήμης, της τεχνολογίας, της μηχανικής, της τέχνης και των μαθηματικών (STEAM) συγκλίνουν, δημιουργούν ένα σύμπλεγμα θεμελιωδών κλάδων με βαθιά επιρροή που προωθούν τη συνεχή απόκτηση γνώσης. Με την υιοθέτηση μιας διεπιστημονικής προσέγγισης STEAM εντός των εκπαιδευτικών πλαισίων, μπορεί κανείς να ενισχύσει τις ικανότητες κριτικής σκέψης, να διευρύνει τις προοπτικές και να διαλύσει τις επικρατούσες παρανοήσεις (Gibson, 2020). Είναι μέσω αυτού του κονστρουκτιβιστικού τρόπου μάθησης που οι μαθητές αναπτύσσουν μια νοοτροπία που ενθαρρύνει τον πειραματισμό και αγκαλιάζει άφοβα τις νέες μαθησιακές εμπειρίες (Frantiska, 2016). Με την ανάμειξη και τη συγχώνευση αυτών των δυνατοτήτων, οι μαθητές είναι σε θέση να καλλιεργήσουν τη σχεδιαστική τους οξυδέρκεια και την επινοητικότητα, να αποκτήσουν μεταβιβάσιμες ικανότητες και να δημιουργήσουν καινοτόμες και πρακτικές δημιουργίες.

3.1. Το Tinkercad.

Το Tinkercad, μια διαδραστική και χωρίς κόστος διαδικτυακή εφαρμογή, εξουσιοδοτεί την επερχόμενη γενιά σχεδιαστών και μηχανικών, εξοπλίζοντάς τους με θεμελιώδεις ικανότητες που είναι απαραίτητες



για καινοτομία, δηλαδή τρισδιάστατο σχεδιασμό, ηλεκτρονικά και κωδικοποίηση. Λειτουργώντας ως φιλική προς τους μαθητές διαδικτυακή πλατφόρμα για σχεδιασμό με τη βοήθεια υπολογιστή (CAD), το Tinkercad δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να συλλάβουν, να βελτιώσουν και να κατασκευάσουν αβίαστα τρισδιάστατα αντικείμενα, να εμβαθύνουν στον πειραματισμό κυκλωμάτων ή να εμβαθύνουν σε κωδικοποίηση βάσει μπλοκ. Προσβάσιμο σε οποιονδήποτε έχει σύνδεση στο Διαδίκτυο μέσω ενός προγράμματος περιήγησης ή εφαρμογής, το Tinkercad διευκολύνει απρόσκοπτες ευκαιρίες

μάθησης για τους μαθητές, δίνοντάς τους τη δυνατότητα να κατανοήσουν μια βασική πτυχή της διαδικασίας σχεδιασμού: συγχωνεύοντας πολλαπλές απλές οντότητες για να δημιουργήσουν πιο περίπλοκες δομές (Tinkercad, 2021). Επιπλέον, η ενσωμάτωση της λειτουργίας Codeblocks στην πλατφόρμα προσφέρει στους μαθητές περαιτέρω προοπτικές να καλλιεργήσουν τις σχεδιαστικές τους ικανότητες, συνδυάζοντας τη δημιουργικότητα και την κωδικοποίηση για να παρέχουν μια αυθεντική και ολοκληρωμένη συνάντηση STEAM.

Επιπλέον, μια συναρπαστική συνειδητοποίηση για πολλούς μαθητές είναι η απρόσκοπτη ενσωμάτωση των δημιουργιών τους Tinkercad στον δυναμικό κόσμο του Minecraft. Αυτή η συνέργεια παρουσιάζει μια αξιοσημείωτη προοπτική για τους μαθητές να βελτιώσουν τις ικανότητές τους στο εκπαιδευτικό παιχνίδι καθώς ξεκινούν να σχεδιάζουν περίπλοκες και εξελιγμένες δομές μέσα στο Tinkercad, στη συνέχεια να τις τελειοποιούν και να τις εφαρμόζουν στη σφαίρα του Minecraft. Σε αυτό το καθηλωτικό περιβάλλον, παρέχεται στους μαθητές η δυνατότητα να παρατηρούν τα σχέδιά τους από διάφορες οπτικές γωνίες, μεταβαίνοντας απρόσκοπτα μεταξύ έργων για να εξερευνήσουν τις σφαίρες του σχεδιασμού κυκλωμάτων, των μπλοκ κωδικοποίησης ή ακόμα και της κατασκευής δομών που μοιάζουν με Lego. Επιπλέον, οι μαθητές επωφελούνται από μια μυριάδα συμπληρωματικών εργαλείων που έχουν στη διάθεσή τους, διευκολύνοντας τις αυστηρές δοκιμές και την επαναληπτική βελτίωση των δημιουργιών τους, ενισχύοντας έτσι μια ολιστική εμπειρία μάθησης (Rogowski, 2021).

Οι εκπαιδευτικοί έχουν την εξουσία να δημιουργούν εικονικές αίθουσες διδασκαλίας στις οποίες μπορούν να ενσωματώνουν απρόσκοπτα μαθητές μέσω της προσθήκης, εισαγωγής ή επέκτασης προσκλήσεων, διευκολύνοντας έτσι μια κοινή εμπειρία μάθησης όπου οι μαθητές μπορούν εύκολα να έχουν πρόσβαση στα σχεδιαγράμματα των συμμαθητών τους μέσω ενός κεντρικού πίνακα ελέγχου. Επιπλέον, το Tinkercad παρέχει μια εκτενή σειρά από πολύτιμους πόρους, συμπεριλαμβανομένων σχολαστικά σχεδιασμένων σχεδίων μαθημάτων, ενημερωτικών μαθημάτων και συναρπαστικών γκαλερί που παρουσιάζουν έργα που προκαλούν δέος σε κάθε αντίστοιχο τομέα (Σχέδια, Κύκλωμα, Κώδικες)² (Tinkercad, 2021), (Rogowski), (Rogowski, 2021),). Αυτοί οι περιεκτικοί πόροι χρησιμεύουν ως απαραίτητα εργαλεία, επιτρέποντας στους δασκάλους να αυξήσουν τις διδακτικές πρακτικές τους, εμπνέοντας και εμπλέκοντας τους μαθητές στην επιδίωξη της γνώσης και της καινοτόμου ικανότητας.

- **Τρόποι διδασκαλίας**

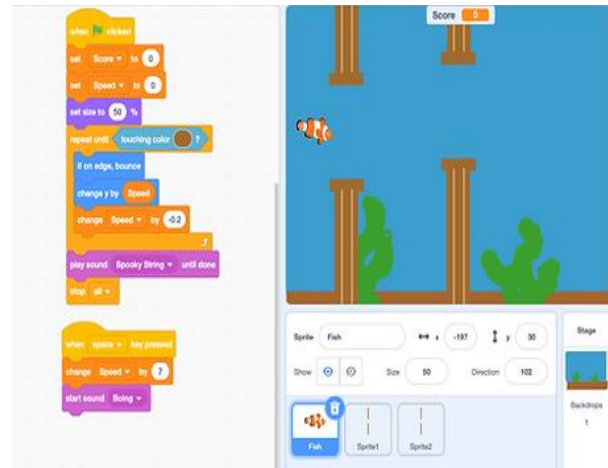
Το Tinkercad παρουσιάζει μια εκτεταμένη γκάμα εφαρμογών, που καλύπτουν διαφορετικά εκπαιδευτικά πλαίσια. Χρησιμεύει ως ένα ευέλικτο εργαλείο για τη δημιουργία σχεδίων βασισμένων σε επιστημονικές έννοιες, καθώς και για την παροχή ενοτήτων σχετικά με τις περιπλοκές του τρισδιάστατου σχεδιασμού και της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Για παράδειγμα, σε ένα μάθημα που επικεντρώνεται γύρω από διάφορες προκλήσεις που περιλαμβάνουν εποικοδομητικές, περιβαλλοντικές, χωρικές ή χρονικές πτυχές, οι μαθητές μπορούν να συμμετάσχουν στη διαδικασία επινόησης λύσεων σε αυθεντικά προβλήματα που επικρατούν στις κοινότητές τους. Στη συνέχεια, τους παρέχεται η ευκαιρία να αφιερώσουν χρόνο για να σχεδιάσουν και να δοκιμάσουν αυστηρά τις προτεινόμενες λύσεις τους. Αυτή η βιωματική προσέγγιση μάθησης όχι μόνο ενθαρρύνει την κριτική σκέψη και τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων, αλλά επίσης ενθαρρύνει την αίσθηση ιδιοκτησίας και δέσμευσης μεταξύ των μαθητών. Επιπλέον, ένα τεράστιο αποθετήριο εκπαιδευτικών βίντεο είναι διαθέσιμο στους εκπαιδευτικούς, που χρησιμεύουν ως πηγή έμπνευσης για την τόνωση της δημιουργικής σκέψης των μαθητών και την οραματισμό των δυνατοτήτων τους. Εναλλακτικά, οι μαθητές που ασχολούνται ενεργά με το Minecraft σε ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον μπορούν να επεκτείνουν τις εμπειρίες τους στη δημιουργία παιχνιδιών εισάγοντας απρόσκοπτα αντικείμενα Tinkercad, εμπλουτίζοντας περαιτέρω τις εικονικές σφαίρες τους (Rogowski, 2021).

Αυτή η προσέγγιση δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να δώσουν ζωή σε έννοιες από διάφορους κλάδους όπως η επιστήμη, η λογοτεχνία, τα μαθηματικά, ακόμη και οι ξένες γλώσσες, αξιοποιώντας τις δυνατότητες του Tinkercad να σχεδιάζει και να κατασκευάζει αντικείμενα που ευθυγραμμίζονται με το περιεχόμενο που διδάσκεται στην τάξη (Tinkercad, 2021), Rogowski, 2021). Μέσω αυτής της καθηλωτικής εμπειρίας, οι μαθητές μπορούν να εκδηλώσουν απτά αφηρημένες ιδέες, ενθαρρύνοντας μια βαθύτερη κατανόηση και δέσμευση με το αντικείμενο. Επιπλέον, το Tinkercad προσφέρει μια πληθώρα επιλογών για κοινή χρήση και τελειοποίηση σχεδίων, προωθώντας ένα υψηλό επίπεδο συνεργασίας μεταξύ των μαθητών και διευκολύνοντας τις συνδέσεις με την ευρύτερη κοινότητα δημιουργών. Επιπλέον, αυτές οι συλλογικές προσπάθειες δημιουργούν ευκαιρίες για μετάδοση γνώσεων σχετικά με τα δικαιώματα του δημιουργού και τη δημιουργία παράγωγων έργων. Ο πλούτος των πόρων που διατίθενται στον ιστότοπο Tinkercad εξοπλίζει τους μαθητές με ουσιαστικές και σχετικές εμπειρίες σε όλη τη διαδικασία

σχεδιασμού, καλλιεργώντας έτσι τις δημιουργικές τους δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων και ενισχύοντας μια κουλτούρα καινοτομίας (Tinkercad, 2021), (Rogowski, 2021).

3.2. To Scratch

Η Scratch, μια καθιερωμένη γλώσσα κωδικοποίησης που βασίζεται σε μπλοκ που αναπτύχθηκε από το Lifelong Kindergarten Group του MIT, αποτελεί εξέχον εργαλείο στη σφαίρα της εκπαίδευσης προγραμματισμού. Είτε έχει πρόσβαση στο διαδίκτυο είτε είναι εγκατεστημένο σε επιτραπέζιους υπολογιστές, το Scratch προσφέρει



ευελιξία επιτρέποντας στους μαθητές να ασχοληθούν με ασκήσεις κωδικοποίησης τόσο σε συνδεδεμένα όσο και σε αποσυνδεδεμένα περιβάλλοντα. Βασιζόμενο στις επιτυχίες των προκατόχων του, το Scratch εξοπλίζει τους μαθητές με τα βασικά δομικά στοιχεία της κωδικοποίησης και της επιστήμης των υπολογιστών, ενισχύοντας μια σταθερή βάση στην υπολογιστική σκέψη και τις αρχές προγραμματισμού.

Στο “βασιλείο” του Scratch, δίνεται στους μαθητές η ευκαιρία να σφυρηλατήσουν συνδέσεις μεταξύ μπλοκ κώδικα, διαμορφώνοντας έτσι προγράμματα προσαρμοσμένα σε διάφορους τομείς, όπως κινούμενα σχέδια, ψηφιακή αφήγηση, τέχνη, μαθηματικά και όχι μόνο. Εμβαθύνοντας στο Scratch, οι μαθητές αποκτούν την ικανότητα να δημιουργούν μεταβλητές και συναρτήσεις, διευκολύνοντας την ανάπτυξη διαφορετικών εφαρμογών. Επιπλέον, το Scratch προσφέρει τη δυνατότητα προγραμματισμού πληθώρας περιφερειακών, όπως micro:bit3, επιτρέποντας στους μαθητές να εξερευνήσουν τους τομείς της ρομποτικής, της επιστήμης των υπολογιστών και της μηχανικής. Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να επωφεληθούν από λογαριασμούς καθηγητών, οι οποίοι παρέχουν πρόσβαση σε συμπληρωματικές λειτουργίες. Αυτά τα χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν τη δυνατότητα δημιουργίας τάξεων και εγγραφής μαθητών, οργάνωσης της εργασίας των μαθητών ανά έργο και παρακολούθησης της δραστηριότητας των μαθητών, δίνοντας έτσι

τη δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να καθοδηγούν και να αξιολογούν αποτελεσματικά την πρόοδο των μαθητών (Matte, 2021), (Scratch, 2021).

Η διεπαφή Scratch περιλαμβάνει τρεις ξεχωριστές ενότητες, καθεμία από τις οποίες εξυπηρετεί έναν συγκεκριμένο σκοπό. Η σωστή ενότητα είναι αφιερωμένη στη σκηνή, όπου οι μαθητές μπορούν να παρακολουθήσουν τα αποτελέσματα του κώδικα τους σε πραγματικό χρόνο σε δράση. Τοποθετημένος στο κέντρο, ο χώρος εργασίας χρησιμεύει ως η κύρια περιοχή για τη σύνδεση και τη διάταξη μπλοκ κώδικα, επιτρέποντας στους μαθητές να σχεδιάσουν περίπλοκα τη συμπεριφορά διαφόρων sprites, χαρακτήρων και στοιχείων οθόνης. Στα αριστερά, η παλέτα μπλοκ φιλοξενεί μια εκτενή συλλογή μπλοκ κώδικα, παρέχοντας στους μαθητές μια τεράστια γκάμα επιλογών προγραμματισμού στη διάθεσή τους. Μέσω αυτού του ολοκληρωμένου σετ εργαλείων, οι μαθητές μπορούν όχι μόνο να κωδικοποιήσουν τις ενέργειες και τις αλληλεπιδράσεις πολλαπλών sprites, αλλά και να ενσωματώσουν ήχους, εικόνες και στοιχεία κειμένου, επιτρέποντάς τους έτσι να απελευθερώσουν τη δημιουργικότητά τους και να ζωντανέψουν σχεδόν οποιαδήποτε έννοια (Matte, 2021), (Scratch, 2021).

- **Τρόποι διδασκαλίας**

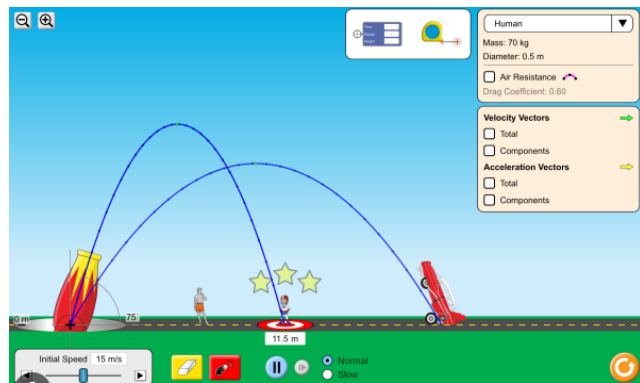
Οι εκπαιδευτικοί αξιοποιούν τη δύναμη του Scratch ως ανεκτίμητης πηγής για να μεταδώσουν έννοιες κωδικοποίησης και να ενισχύσουν τις δεξιότητες υπολογιστικής σκέψης μεταξύ των μαθητών. Καθώς οι μαθητές αποκτούν επάρκεια στο Scratch, μεταβαίνει απρόσκοπτα από ένα απλό εκπαιδευτικό εργαλείο σε ένα ευέλικτο μέσο για την προβολή των μαθησιακών αποτελεσμάτων σε διάφορες θεματικές ενότητες. Μέσω της συγχώνευσης κινούμενων εικόνων, ήχου, βίντεο και κειμένου, οι μαθητές μπορούν να επικοινωνήσουν αποτελεσματικά τις ιδέες, να διευκρινίσουν περίπλοκες έννοιες και να εκφράσουν τη δημιουργικότητά τους μέσω της δημιουργίας τέχνης και παιχνιδιών. Η πλατφόρμα Scratch παρουσιάζει μια συναρπαστική εναλλακτική λύση για αξιολογήσεις βάσει έργων, προσφέροντας μια καινοτόμο απόκλιση από τις παραδοσιακές μεθόδους, όπως οι γραπτές εργασίες ή οι παρουσιάσεις. Επιπλέον, για εκπαιδευτές κωδικοποίησης που ειδικεύονται στην τεχνολογία πληροφοριών (IT), το Scratch χρησιμεύει ως ένα τρομερό εφελτήριο, γεφυρώνοντας αποτελεσματικά τη μετάβαση σε περισσότερες γλώσσες κωδικοποίησης που βασίζονται σε κείμενο όπως η Ruby ή η Swift, εξασφαλίζοντας

απρόσκοπτη πρόοδο στο ταξίδι κωδικοποίησης των μαθητών (Matte, 2021), (Scratch, 2021).

Επιπλέον, το Scratch μπορεί να υπερηφανεύεται για μια ζωντανή και εκτεταμένη κοινότητα χρηστών και εκπαιδευτών που προέρχονται από διάφορες γωνίες του πλανήτη, χάρη στην πολύγλωσση υποστήριξή του. Αυτή η ακμάζουσα κοινότητα διασφαλίζει ότι άτομα, από αρχάριους έως έμπειρους ειδικούς, έχουν πρόσβαση σε πληθώρα πόρων. Μέσα σε αυτήν την κοινότητα, οι χρήστες μπορούν να ανακαλύψουν πληθώρα σεμιναρίων, λύσεων σε ερωτήματα, έργα που είναι διαθέσιμα για remixing και, ίσως το πιο σημαντικό, μια συνεχή πηγή έμπνευσης για να τροφοδοτήσουν τη συνεχή ανάπτυξη των δεξιοτήτων κωδικοποίησης και να αγκαλιάσουν νέες προκλήσεις. Αυτό το συνεργατικό οικοσύστημα καλλιεργεί ένα πνεύμα κοινής μάθησης και ανάπτυξης, επιτρέποντας στα άτομα σε όλα τα στάδια του ταξιδιού κωδικοποίησης να ανθίσουν (Matte, 2021), (Scratch, 2021).

3.3. Οι Προσομοιώσεις PhET

Οι προσομοιώσεις PhET παρουσιάζουν αξιοσημείωτη ευελιξία, καθιστώντας τις εφαρμόσιμες σε ένα ευρύ φάσμα εκπαιδευτικών πλαισίων και παιδαγωγικών προσεγγίσεων. Αυτές οι προσομοιώσεις ενσωματώνονται απρόσκοπτα στις διαλέξεις, προσφέροντας στους



εκπαιδευτές διάφορες επιλογές, όπως ConcepTests, Διαδραστικές Επιδείξεις Διαλέξεων ή άλλους τρόπους επίδειξης για τη βελτίωση της μαθησιακής εμπειρίας. Επιπλέον, οι προσομοιώσεις PhET προσφέρονται για δραστηριότητες κατ' οίκον, δίνοντας τη δυνατότητα στους μαθητές να ασχοληθούν ανεξάρτητα με τις προσομοιώσεις και να απαντήσουν σε ερωτήσεις που μπορεί να περιλαμβάνουν αριθμητικούς υπολογισμούς, επιλογές πολλαπλών επιλογών ή γραπτές απαντήσεις ανοιχτού τύπου, ενισχύοντας έτσι μια βαθύτερη κατανόηση των εννοιών που ανακαλύφθηκαν. Επιπλέον, αυτές οι προσομοιώσεις

βρίσκουν χρησιμότητα σε εργαστηριακές ρυθμίσεις, συμπληρώνοντας ή, σε ορισμένες περιπτώσεις, αντικαθιστώντας τον παραδοσιακό πρακτικό εργαστηριακό εξοπλισμό, παρέχοντας έτσι στους μαθητές μια πρακτική εμπειρία μάθησης (McConnell, 2021).

Εκτεταμένη έρευνα δείχνει ότι οι προσομοιώσεις PhET αποδίδουν βέλτιστα αποτελέσματα όταν ενσωματώνονται απρόσκοπτα σε δραστηριότητες καθοδηγούμενης έρευνας που προσφέρουν ελάχιστες κατευθύνσεις. Για να διευκολυνθεί η αποτελεσματική εφαρμογή, οι Οδηγίες Δραστηριότητας PhET παρέχουν πολύτιμες συστάσεις σχετικά με τον τρόπο αξιοποίησης των προσομοιώσεων στις διδακτικές πρακτικές. Επιπλέον, η ιστοσελίδα κάθε προσομοίωσης διαθέτει μια ειδική ενότητα που ονομάζεται "Συμβουλές για καθηγητές", η οποία συχνά περιλαμβάνει έναν περιεκτικό "οδηγό δασκάλου". Αυτός ο πολύτιμος πόρος προσφέρει λεπτομερείς πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά της προσομοίωσης, συμπεριλαμβανομένων των βασικών σημειώσεων μοντελοποίησης και των απλοποιήσεων που χρησιμοποιούνται στην προσομοίωση. Επιπλέον, ο οδηγός ενσωματώνει πληροφορίες που σχετίζονται με τις διαδικασίες σκέψης των μαθητών και παρέχει προτάσεις για τη μεγιστοποίηση του εκπαιδευτικού δυναμικού της προσομοίωσης (McConnell, 2021).

- **Τρόποι διδασκαλίας**

Οι προσομοιώσεις PhET χρησιμεύουν ως πολύτιμα εργαλεία που μπορούν είτε να υποκαταστήσουν είτε να συμπληρώσουν παραδοσιακές θεωρητικές διαλέξεις και εργαστηριακές συνεδρίες. Η αποτελεσματικότητα αυτών των επιδείξεων ενισχύεται σημαντικά όταν οι μαθητές ασχολούνται ενεργά με τις προσομοιώσεις. Αν και οι μαθητές μπορούν να αλληλεπιδράσουν με τις προσομοιώσεις μεμονωμένα στους δικούς τους υπολογιστές μέσα σε μια τάξη ή εργαστήριο, υπάρχουν πρόσθετες προσεγγίσεις για την προώθηση της μάθησης που βασίζεται στην έρευνα και τον περαιτέρω εμπλουτισμό της εκπαιδευτικής εμπειρίας.

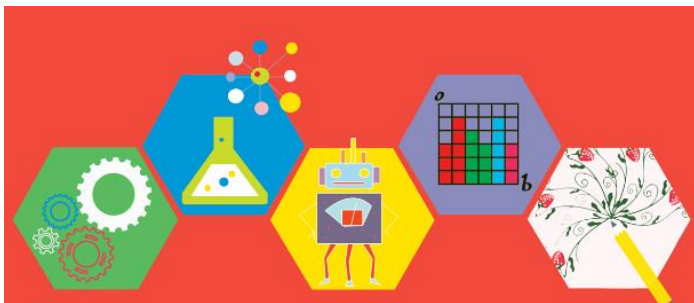
Η ευελιξία των προσομοιώσεων PhET γίνεται εμφανής καθώς προσφέρουν τη δυνατότητα χειρισμού μεταβλητών και αποκάλυψης σχέσεων αιτίου-αποτελέσματος, ενισχύοντας την ανάπτυξη βασικών επιστημονικών δεξιοτήτων έρευνας. Ακόμη και σε ένα περιβάλλον τάξης όπου ο εκπαιδευτής διατηρεί τον έλεγχο της προσομοίωσης, πολύτιμες πτυχές αυτής της επιστημονικής διαδικασίας έρευνας μπορούν να αξιοποιηθούν μέσω συζητήσεων σε όλη την τάξη. Αυτή η μορφή μαθησιακής έρευνας αναφέρεται συνήθως ως

«έρευνα ολόκληρης της τάξης», όπου ολόκληρη η τάξη συμμετέχει ενεργά στον έλεγχο των σχέσεων αιτίου-αποτελέσματος, παρόμοια με μια συνεργατική εργαστηριακή ομάδα. Αυτή η παιδαγωγική προσέγγιση, όπως τονίστηκε από τους Moore, Chamberlain, Parson και Perkins (2014), ενθαρρύνει τη δέσμευση και τη συλλογική εξερεύνηση εντός της τάξης, ενισχύοντας τον αντίκτυπο της μαθησιακής εμπειρίας.

Παρόμοια με τον πραγματικό εργαστηριακό εξοπλισμό, οι προσομοιώσεις PhET παρουσιάζουν βέλτιστη αποτελεσματικότητα όταν ενσωματώνονται σε εκπαιδευτικές μεθόδους όπως το ConcepTests ή διαδραστικές επιδείξεις διαλέξεων που εμπλέκουν ενεργά τους μαθητές. Αντί να παρατηρούν παθητικά, οι μαθητές ενθαρρύνονται να συμμετέχουν κάνοντας προβλέψεις σχετικά με τα αναμενόμενα αποτελέσματα των επιδείξεων ή ακόμα και παρεμβαίνοντας στη διαδικασία προσομοίωσης. Αυτή η πρακτική και διαδραστική προσέγγιση ενσταλάζει μια αίσθηση ιδιοκτησίας και βαθύτερη κατανόηση, μεγιστοποιώντας έτσι τον αντίκτυπο των προσομοιώσεων PhET στο μαθησιακό περιβάλλον (McConnell, 2021).

3.4. TED-Ed

Το TED-Ed παρουσιάζει μια μοναδική πλατφόρμα γνωστή ως «δημιουργός μαθημάτων», η οποία δίνει τη δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να κατασκευάζουν δομημένες



εκπαιδευτικές εργασίες που επικεντρώνονται γύρω από βίντεο, ενώ ταυτόχρονα αξιολογούν τη συμμετοχή των μαθητών. Η μορφή του μαθήματος περιλαμβάνει βασικά στοιχεία, συμπεριλαμβανομένου ενός τίτλου μαθήματος που καθορίζει το πλαίσιο, μιας γραπτής εισαγωγής με την ένδειξη «Let's Begin» που παρέχει μια επισκόπηση, μια σειρά από ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής ή ανοιχτού τύπου που προκαλούν σκέψη, που δηλώνονται ως «Think», αφιερωμένο χώρο για την προσφορά συμπληρωματικών πόρων για τη διευκόλυνση της βαθύτερης εξερεύνησης με την ένδειξη «Dig Deeper», ένα διαδραστικό τμήμα συζήτησης στην τάξη που ονομάζεται «Συζήτηση» για την προώθηση της

συνεργατικής μάθησης και, τέλος, η άρθρωση του μαθησιακού αποτελέσματος που περικλείεται στην ενότητα «Και τέλος». Αυτό το ολοκληρωμένο πλαίσιο επιτρέπει στους εκπαιδευτικούς να προσφέρουν ελκυστικές και διαδραστικές εμπειρίες μάθησης ενώ παρακολουθούν και αξιολογούν την πρόοδο των μαθητών (TED-Ed, 2021).

Στον πυρήνα της αποστολής του TED βρίσκεται η πεποίθηση ότι οι ιδέες διαθέτουν τη βαθιά ικανότητα να μεταμορφώνουν συμπεριφορές και να επηρεάζουν τις ζωές. Αυτή η θεμελιώδης φιλοσοφία χρησιμεύει ως η κινητήρια δύναμη πίσω από τις πολύπλευρες πρωτοβουλίες του TED, συμπεριλαμβανομένων των επιδραστικών συνεδρίων εκπαίδευσης TED, των δυναμικών εκδηλώσεων TEDx, της διαφωτιστικής σειράς Βιβλίων TED, του αναγνωρισμένου προγράμματος TED Fellows και του περιεκτικού TED Open Translation Project. Είναι αυτή η ακλόνητη δέσμευση για ιδέες και η επιθυμία να ενδυναμωθούν οι εκπαιδευτικοί ενώ πυροδότησε την περιέργεια των μαθητών σε όλο τον κόσμο που κορυφώθηκε με την έναρξη του TED-Ed το 2012. Αυτή η πρωτοποριακή πλατφόρμα, όπως τονίστηκε από τον Baker (2016), είναι αφιερωμένη στην υποστήριξη δασκάλων και την προώθηση ενός ζωντανού οικοσυστήματος μάθησης που έχει απήχηση σε μαθητές κάθε προέλευσης.

Η θεμελιώδης αποστολή του TED-Ed είναι να ανάψει και να τροφοδοτήσει τη διανοητική φωτιά τόσο στους εκπαιδευτικούς όσο και στους μαθητές σε όλο τον κόσμο. Κεντρική θέση σε αυτήν την αποστολή είναι η διευκόλυνση της μάθησης, η οποία επιτυγχάνεται με διάφορα μέσα, συμπεριλαμβανομένης της δημιουργίας μιας εκτεταμένης βιβλιοθήκης πρωτότυπων κινούμενων βίντεο και της παροχής μιας παγκόσμιας πλατφόρμας που δίνει τη δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να δημιουργήσουν τα δικά τους διαδραστικά μαθήματα. Το TED-Ed έχει εξελιχθεί από μια ιδέα που αξίζει να υπερασπιστεί κανείς σε μια αξιόλογη και αναγνωρισμένη εκπαιδευτική πλατφόρμα που προσεγγίζει εκατομμύρια δασκάλους, εκπαιδευτικούς και μαθητές σε εβδομαδιαία βάση. Αυτή η εκθετική ανάπτυξη και αντίκτυπος, όπως τονίστηκε από τον Baker (2016), εδραιώνει τη θέση του TED-Ed ως ηγετικής δύναμης στον τομέα της εκπαίδευσης.

- **Τρόποι διδασκαλίας TED-Ed**

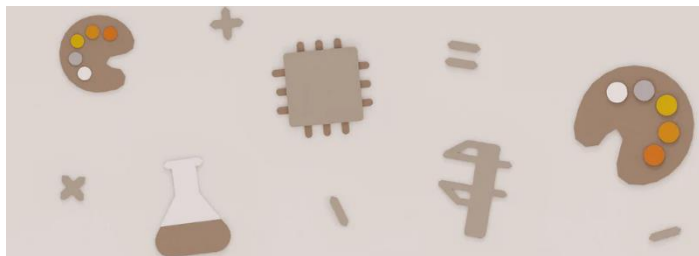
Μόλις οριστικοποιηθεί ένα μάθημα και είναι έτοιμο για διάδοση, οι εκπαιδευτικοί που χρησιμοποιούν το TED-Ed έχουν τη δυνατότητα να δημοσιεύουν απρόσκοπτα και να μοιράζονται το περιεχόμενό τους με ένα ευρύ φάσμα παραληπτών. Με την απλή κοινή

χρήση του μοναδικού συνδέσμου, οι δάσκαλοι μπορούν να διανείμουν αβίαστα τα μαθήματά τους σε όποιον επιθυμούν, διευκολύνοντας την εύκολη πρόσβαση σε μαθητές, συναδέλφους ή άλλα ενδιαφερόμενα άτομα. Η πλατφόρμα ενισχύει περαιτέρω την προσβασιμότητα προσφέροντας εύχρηστες λειτουργίες περιήγησης, επιτρέποντας στους χρήστες να εξερευνούν βίντεο ανά συγκεκριμένα θέματα ή ακόμη και εισάγοντας τη διεύθυνση URL ενός σχετικού βίντεο YouTube, επεκτείνοντας έτσι το εύρος των διαθέσιμων πόρων εκμάθησης. Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να επιλέξουν να χρησιμοποιήσουν τα υπάρχοντα πρωτότυπα TED-Ed άμεσα ή να τα τροποποιήσουν σύμφωνα με τους συγκεκριμένους στόχους και απαιτήσεις των τάξεων τους. Αυτή η προσαρμοστικότητα δίνει τη δυνατότητα στους δασκάλους να προσαρμόζουν τα μαθήματα ώστε να ταιριάζουν στους εκπαιδευτικούς τους στόχους, είτε ενθαρρύνοντας τη συμμετοχή των μαθητών σε δημόσιες συζητήσεις είτε προσαρμόζοντας το περιεχόμενο για βέλτιστη ενσωμάτωση στην τάξη (Baker, 2016).

Ο δημιουργός του μαθήματος, συνήθως ο δάσκαλος, αναλαμβάνει ενεργό ρόλο στην παρακολούθηση και την αξιολόγηση της προόδου των μαθητών εντός του μαθήματος TED-Ed. Ο δάσκαλος λαμβάνει ειδοποιήσεις καθώς οι μαθητές ολοκληρώνουν το μάθημα, δίνοντάς τους τη δυνατότητα να μένουν ενήμεροι για τη συμμετοχή και την πρόοδο των μαθητών τους. Επιπλέον, η πλατφόρμα εξοπλίζει τον δάσκαλο με μια ολοκληρωμένη περίληψη των αποτελεσμάτων, επιτρέποντας μια ολοκληρωμένη επισκόπηση της απόδοσης των μαθητών. Αυτό το πολύτιμο χαρακτηριστικό επιτρέπει στους εκπαιδευτικούς να εμβαθύνουν σε μεμονωμένες απαντήσεις, προσφέροντας εξατομικευμένα σχόλια και σχόλια για να εμπλουτίσουν περαιτέρω τη μαθησιακή εμπειρία. Είναι σημαντικό ότι αυτή η ευέλικτη διαδικασία και εργαλείο μπορεί να προσαρμοστεί απρόσκοπτα για να εξυπηρετεί διαφορετικούς σκοπούς αξιολόγησης, όπως η προ-αξιολόγηση, η διαμορφωτική αξιολόγηση ή η αθροιστική αξιολόγηση, προσαρμόζοντας τους τύπους των ερωτήσεων που χρησιμοποιούνται. Για παράδειγμα, ένας δάσκαλος μπορεί να επιλέξει να αξιοποιήσει το βίντεο ως προτροπή για μια αρχική εξερεύνηση ενός θέματος, ενθαρρύνοντας τους μαθητές να δείξουν την κατανόησή τους πέρα από το περιεχόμενο του βίντεο. Εναλλακτικά, το εργαλείο μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια μιας ενότητας για τη μέτρηση της προόδου προς την επίτευξη των μαθησιακών στόχων. Τέλος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κορυφαία δραστηριότητα, προκαλώντας τους μαθητές να εφαρμόσουν τις αποκτηθείσες γνώσεις τους στο πλαίσιο που παρουσιάζεται στο βίντεο (Baker, 2016).

3.5. Η πλατφόρμα Arduino

Το Arduino είναι μια ευρέως αναγνωρισμένη ηλεκτρονική πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα, γνωστή για τη φιλική προς το χρήστη φυσική



προγραμματιζόμενη πλακέτα κυκλώματος και το συνοδευτικό λογισμικό της. Σχεδιασμένο με γνώμονα την απλότητα, το Arduino χρησιμεύει ως ένας εύλικτος μικροελεγκτής μιας πλακέτας που δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να ασχολούνται αβίαστα με ηλεκτρονικά έργα. Λειτουργώντας παρόμοια με έναν υπολογιστή, αν και σε απλοποιημένη μορφή, ο μικροελεγκτής εκτελεί προγράμματα, προσφέροντας μια απρόσκοπτη εμπειρία σε άτομα που επιθυμούν να εμβαθύνουν στον κόσμο των ηλεκτρονικών (Collacchi, 2020).

Οι μικροελεγκτές διαδραματίζουν πανταχού παρόν ρόλο στην καθημερινή μας ζωή, διεισδύοντας σε διάφορους τομείς όπως η τεχνολογία αυτοκινήτων, οι συσκευές υγειονομικής περίθαλψης, τα τηλεχειριστήρια, τα μηχανήματα γραφείου, οι οικιακές συσκευές, τα ηλεκτρικά εργαλεία, ακόμη και τα μικροσκοπικά παιχνίδια. Με το Arduino, άτομα όλων των ηλικιών, συμπεριλαμβανομένων των παιδιών, αποκτούν μια αξιοσημείωτη ευκαιρία να κατανοήσουν τις θεμελιώδεις αρχές της ηλεκτρικής μηχανικής και του σχεδιασμού, ενώ ταυτόχρονα ξεκινούν τη δημιουργία ηλεκτρονικών έργων που περιορίζονται αποκλειστικά από τη φαντασία τους. Μετά από μια προκαταρκτική εισαγωγή σε βασικές λέξεις-κλειδιά και δεξιότητες, το Arduino αποδεικνύεται ένα προσιτό και φιλικό προς τον χρήστη εργαλείο για αρχάριους, δίνοντάς τους τη δυνατότητα να εμβαθύνουν στον κόσμο των ηλεκτρονικών. Ωστόσο, η ευελιξία του διασφαλίζει ότι οι προχωρημένοι χρήστες μπορούν επίσης να αξιοποιήσουν τις δυνατότητές του και η διαθεσιμότητα διαφορετικών παραλλαγών πλακέτας Arduino εξυπηρετεί χρήστες διαφορετικών επιπέδων εξειδίκευσης (Collacchi, 2020).

Το Arduino Uno κατέχει εξέχουσα θέση ως η προτιμώμενη επιλογή, ιδιαίτερα μεταξύ των αρχαρίων ενθουσιωδών που ξεκινούν το ταξίδι ανάπτυξης του έργου τους. Η ελκυστικότητά του πηγάζει από την ευελιξία του ως εκπαιδευτικού εργαλείου, παρέχοντας μια λεωφόρο

για την απόκτηση φρέσκων γνώσεων και δεξιοτήτων. Η απλότητα χαρακτηρίζει τη χρηστικότητα του Arduino Uno, τόσο όσον αφορά τη φυσική συνδεσιμότητα όσο και τις περιπλοκές προγραμματισμού, ενισχύοντας έτσι την ικανότητά του για ψυχαγωγία. Ένα βασικό συστατικό της πλακέτας Arduino Uno, ο μικροελεγκτής ATmega32, αποκτά ύψιστη σημασία. Αυτό το μικροσκοπικό τσιπ μπορεί να υπερηφανεύεται για την ευρεία απασχόληση παγκοσμίως λόγω του βέλτιστου συντελεστή μορφής του. Το ATmega32, μαζί με παρόμοιους μικροελεγκτές, διεισδύει σε διάφορους τομείς, βρίσκοντας εφαρμογές σε διαφορετικά περιβάλλοντα, όπως συστήματα αυτοκινήτου και δημοφιλή περιφερειακά ηλεκτρονικών παιχνιδιών, όπως τα χειριστήρια Xbox της Microsoft (Collacchi, 2020; Arduino, 2021).

- **Τρόποι διδασκαλίας**

Η μελέτη ηλεκτρονικών συστημάτων περιλαμβάνει τη διαδικασία συγχώνευσης διαφορετικών εξαρτημάτων όπως αντιστάσεις, κινητήρες και αισθητήρες για τη δημιουργία έργων με συγκεκριμένες λειτουργίες. Αυτά τα έργα αποτελούν αναπόσπαστο μέρος πολλών συσκευών που βασίζονται σε ηλεκτρονικά συστήματα για να λειτουργούν σε καθημερινή βάση. Η πειθαρχία της ηλεκτρονικής μηχανικής, όπως συχνά αναφέρεται, παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της σύγχρονης κοινωνίας (Collacchi, 2020· Arduino, 2021). Πράγματι, είναι ένα ουσιαστικό πεδίο σπουδών που στηρίζει την ανάπτυξη ενός τεράστιου φάσματος τεχνολογικών προόδων, συμπεριλαμβανομένων, ενδεικτικά, του αυτοματισμού, των υπολογιστών και των τηλεπικοινωνιών..

Το Arduino χρησιμεύει ως μια εξαιρετική πλατφόρμα για τους μαθητές να εμβαθύνουν στη σφαίρα των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και να εξοικειωθούν με ένα ευρύ φάσμα εξαρτημάτων. Συμμετέχοντας σε μια σειρά από έργα και πειράματα, οι μαθητές μπορούν να αποκτήσουν πρακτική εμπειρία στην κατασκευή κυκλωμάτων και στη χρήση διαφόρων ηλεκτρονικών στοιχείων όπως αντιστάσεις. Επιπλέον, το Arduino τους δίνει τη δυνατότητα να εμβαθύνουν στη σφαίρα της κωδικοποίησης, δίνοντάς τους τη δυνατότητα να κατασκευάζουν έξυπνες συσκευές ικανές να αντιλαμβάνονται το περιβάλλον τους και να ανταποκρίνονται ανάλογα (Collacchi, 2020· Arduino, 2021). Για να διευκολυνθεί αυτή η διαδικασία μάθησης, μια σειρά από ευρέως χρησιμοποιούμενους αισθητήρες και εξαρτήματα έχουν κερδίσει δημοτικότητα, όπως τονίζεται από (Collacchi, 2020; Arduino, 2021). Για παράδειγμα, ο αισθητήρας υπερήχων χρησιμοποιεί τεχνολογία σόναρ για τη μέτρηση αποστάσεων, ενώ ο αισθητήρας υπέρυθρων εμποδίων ανιχνεύει αντικείμενα σε

κοντινή απόσταση. Επιπλέον, ο αισθητήρας θερμοκρασίας επιτρέπει την ανίχνευση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Για να υλοποιήσουν τα έργα τους, οι μαθητές συχνά αλληλεπιδρούν με συστήματα εξόδου που χρησιμοποιούνται συνήθως, συμπεριλαμβανομένων σερβοκινητήρων που περιλαμβάνουν μικρούς κινητήρες με γρανάζια, οθόνες LCD με δυνατότητα εμφάνισης κειμένου και ηλεκτρικούς κινητήρες. Αυτά τα στοιχεία, που συναντώνται εύκολα στην καθημερινή ζωή, εναρμονίζονται με τους παιδαγωγικούς στόχους της κατασκευής έργων με βάση το Arduino και καλλιεργούν την κατανόηση των ηλεκτρονικών συστημάτων από τους μαθητές (Collacchi, 2020· Arduino, 2021).

Το Arduino χρησιμεύει ταυτόχρονα ως μια ισχυρή πλατφόρμα για τη μετάδοση γνώσεων στον τομέα της επιστήμης της ρομποτικής. Η ευελιξία του λάμπει στην ικανότητα του να ενσωματώνεται απρόσκοπτα με μια τεράστια γκάμα συσκευών και αξεσουάρ. Είτε πρόκειται για κινητήρες, αισθητήρες κίνησης ή ρομποτική VEX VR, το Arduino παρέχει μια εξαιρετική οδό στους μαθητές να συμμετέχουν σε καθηλωτικές μαθησιακές εμπειρίες. Δουλεύοντας με το Arduino, οι μαθητές αποκτούν πολύτιμες γνώσεις για την περίπλοκη δυναμική των εισόδων και των εξόδων και τη συναρπαστική αλληλεπίδραση μεταξύ υπολογιστών, ρομπότ και μηχανικών συσκευών καθώς αλληλεπιδρούν με τον περιβάλλοντα κόσμο (Collacchi, 2020; Arduino, 2021). Αυτή η πρακτική προσέγγιση στη ρομποτική εκπαίδευση επιτρέπει στους μαθητές να κατανοήσουν τις θεμελιώδεις έννοιες και αρχές που διέπουν τη λειτουργία των ρομποτικών συστημάτων, ενώ ταυτόχρονα ενισχύει τις δεξιότητές τους επίλυσης προβλημάτων και καλλιεργεί τη δημιουργικότητά τους. Το Arduino δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να εξερευνήσουν τις σφαίρες του αυτοματισμού, της τεχνητής νοημοσύνης και της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-μηχανής, εξοπλίζοντάς τους έτσι με βασικές δεξιότητες για το μέλλον (Collacchi, 2020· Arduino, 2021).

3.6. LEGO Education

Η Lego Education προσπαθεί να διευκολύνει την απρόσκοπτη ενσωμάτωση και χρήση των προϊόντων Lego Wedo 2.0, Lego Mindstorms EV3 και Lego Education Machines and Mechanisms σε εκπαιδευτικά ιδρύματα. Αυτή η αξιέπαινη πρωτοβουλία χρησιμεύει ως ανεκτίμητη πηγή για τα σχολεία, εκσυγχρονίζοντας τη διαδικασία εισαγωγής των μαθητών στα βασίλεια της ρομποτικής και του προγραμματισμού με έναν ελκυστικό και ευχάριστο



τρόπο. Αξιοποιώντας αυτά τα προϊόντα Lego Education, τα σχολεία έχουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουν ένα καθηλωτικό περιβάλλον μάθησης που διεγείρει την περιέργεια των μαθητών και ενισχύει το ενδιαφέρον τους για θέματα STEM (Grebneva, 2021). Η χρήση των τούβλων Lego και των εξαρτημάτων ρομποτικής όχι μόνο ενισχύει την πρακτική εμπειρία μάθησης αλλά επίσης καλλιεργεί ζωτικές δεξιότητες όπως η επίλυση προβλημάτων, η κριτική σκέψη και η ομαδική εργασία. Μέσω αυτής της πρωτοβουλίας, η Lego Education προσπαθεί να εκδημοκρατίσει την πρόσβαση στην εκπαίδευση στη ρομποτική και να εξοπλίσει τους μαθητές με τα απαραίτητα εργαλεία για να ευδοκιμήσουν σε έναν κόσμο που καθοδηγείται όλο και περισσότερο από την τεχνολογία (Grebneva, 2021).

Η LEGO Education προσφέρει μια ανεκτίμητη πλατφόρμα για δασκάλους και εκπαιδευτικούς για να διευκολύνουν τη μελέτη, τη μάθηση και την πρακτική εφαρμογή της κωδικοποίησης σε πραγματικές συνθήκες. Συνδυάζοντας επιδέξια τα τουβλάκια LEGO με το διαισθητικό λογισμικό κωδικοποίησης, αυτή η καινοτόμος προσέγγιση δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να ξεκινήσουν ένα ταξίδι που συνδυάζει τη δημιουργικότητα και την υπολογιστική σκέψη. Μέσω μιας ολοκληρωμένης σειράς προκλήσεων επιστήμης, τεχνολογίας και μαθηματικών που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για να ευθυγραμμίζονται με τα πρότυπα του εκπαιδευτικού προγράμματος, το LEGO Education παρέχει μια ολιστική εμπειρία μάθησης (Rico-Bautista & Arévalo-Pérez, 2021). Αυτή η μοναδική ενοποίηση φυσικών και ψηφιακών στοιχείων όχι μόνο ενισχύει την κατανόηση των αρχών κωδικοποίησης από τους μαθητές, αλλά επίσης καλλιεργεί τις δεξιότητες επίλυσης

προβλημάτων, τις ικανότητες κριτικής σκέψης και την ικανότητα συνεργασίας. Με την ενασχόληση με το LEGO Education, οι δάσκαλοι μπορούν να καλλιεργήσουν αποτελεσματικά ένα υποστηρικτικό και διαδραστικό περιβάλλον μάθησης, επιτρέποντας στους μαθητές να αποκτήσουν βαθιά εκτίμηση για τις πρακτικές εφαρμογές της κωδικοποίησης σε διάφορους τομείς (Rico-Bautista & Arévalo-Pérez, 2021).

Η Lego Education υπερηφανεύεται για την παροχή ολοκληρωμένων και ολοκληρωμένων λύσεων που ενισχύουν την εκπαιδευτική ανάπτυξη, καλύπτοντας παράλληλα τις διαφορετικές ανάγκες των μαθητών στους τομείς της επιστήμης, της τεχνολογίας και των μαθηματικών μέσω κωδικοποίησης. Κάθε λύση έχει σχεδιαστεί σχολαστικά ώστε να περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα στοιχεία που απαιτούνται για να διασφαλιστεί η επιτυχία κάθε μαθητή. Η Lego Education ξεπερνά την παροχή υλικού, προσφέροντας συνεχή υποστήριξη σε δασκάλους και εκπαιδευτικούς. Αυτό περιλαμβάνει πρόσβαση σε εργαλεία αξιολόγησης, ολοκληρωμένους οδηγούς δασκάλων και συνεχή βοήθεια, τα οποία είναι απαραίτητα για την αποτελεσματική εφαρμογή των λύσεων κωδικοποίησης Lego Education στην τάξη (Rico-Bautista & Arévalo-Pérez, 2021). Συνδυάζοντας προγραμματιζόμενα τούβλα με φιλικό προς το χρήστη λογισμικό κωδικοποίησης και ιδέες έργων εμπνευσμένων από την επιστήμη, την τεχνολογία και τα μαθηματικά, το Lego Mindstorms Education EV3 ενδυναμώνει τους δασκάλους με ένα ισχυρό σύνολο εργαλείων για να κάνουν την κωδικοποίηση εφικτή πραγματικότητα για τους μαθητές τους. Μέσω πραγματικών σεναρίων επίλυσης προβλημάτων και καθηλωτικών εμπειριών μάθησης, η Lego Education διευκολύνει την απόκτηση δεξιοτήτων κωδικοποίησης και καλλιεργεί τη βαθιά κατανόηση της εφαρμογής της σε πρακτικά πλαίσια (Rico-Bautista & Arévalo-Pérez, 2021).

- **Τρόποι διδασκαλίας.**

Το Lego Education ενσωματώνει απρόσκοπτα τη μάθηση μέσω του παιχνιδιού στην τάξη, χρησιμοποιώντας εκπαιδευτικές μεθοδολογίες που έχουν επιδείξει θετικό αντίκτυπο σε γνωστικούς, κοινωνικούς, συναισθηματικούς, δημιουργικούς και σωματικούς τομείς. Προάγοντας ευχάριστες και πρακτικές εμπειρίες μάθησης, η Lego Education καλλιεργεί την ολιστική ανάπτυξη των μαθητών, περιλαμβάνοντας τις πτυχές της ευτυχίας, της δραστηριότητας και της διαδραστικότητας (Rico-Bautista & Arévalo-Pérez, 2021; Grebneva, 2021). Αυτή η προσέγγιση όχι μόνο ενισχύει τα ακαδημαϊκά αποτελέσματα αλλά καλλιεργεί επίσης ένα θετικό περιβάλλον μάθησης όπου οι μαθητές εμπλέκονται ενεργά με

το εκπαιδευτικό υλικό, ενισχύοντας την περιέργεια, τη φαντασία και τις δεξιότητές τους επίλυσης προβλημάτων. Αξιοποιώντας τη δύναμη του παιχνιδιού, η Lego Education δημιουργεί μια διαδραστική πλατφόρμα που προωθεί τη συνεργασία, την επικοινωνία και την κριτική σκέψη, διευκολύνοντας έτσι μια πλήρη και ολοκληρωμένη εκπαιδευτική εμπειρία για τους μαθητές (Rico-Bautista & Arévalo-Pérez, 2021; Grebneva, 2021) .

Στον τομέα της Εκπαίδευσης Lego, οι μαθητές παίρνουν ενεργό ρόλο στο μαθησιακό τους ταξίδι συμμετέχοντας σε πρακτικούς πειραματισμούς και εξερευνήσεις. Αυτή η ενεργή προσέγγιση τους επιτρέπει όχι μόνο να αποκτούν και να εμβαθύνουν τις γνώσεις τους, αλλά και να τις εφαρμόζουν σε πρακτικά πλαίσια, εξοπλίζοντάς τους έτσι με τις απαραίτητες δεξιότητες για τη μελλοντική εκπαίδευση και την επαγγελματική επιτυχία. Οι συλλογικές προσπάθειες διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο σε αυτή τη διαδικασία, καθώς οι μαθητές ενθαρρύνονται να εργαστούν μαζί, επαναλαμβάνοντας και τελειοποιώντας τις λύσεις τους μέσω εργασιών ανοιχτού τύπου. Σε όλη αυτή τη συνεργατική διαδικασία, ο δάσκαλος αναλαμβάνει ζωτικό ρόλο, παρέχοντας διευκόλυνση και καθοδήγηση για να διασφαλίσει ότι οι μαθητές πλοηγούνται αποτελεσματικά στη μαθησιακή τους εμπειρία (Rico-Bautista & Arévalo-Pérez, 2021; Grebneva, 2021). Προάγοντας ένα υποστηρικτικό και διαδραστικό περιβάλλον μάθησης, το Lego Education δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να αναπτύξουν κριτική σκέψη, επίλυση προβλημάτων και δεξιότητες επικοινωνίας, ενώ τους δίνει τη δυνατότητα να γίνουν ανεξάρτητοι και δια βίου μαθητές.

Η παιδαγωγική προσέγγιση της LEGO Education έχει σχεδιαστεί για να ενθαρρύνει την ανεξάρτητη εξερεύνηση και πειραματισμό μέσω της βιωματικής μάθησης. Με πρακτική εμπειρία, οι μαθητές μπορούν να παρατηρήσουν τα αποτελέσματα των προγραμματιστικών τους δραστηριοτήτων και να δημιουργήσουν συνδέσεις μεταξύ της γνώσης τους και των φαινομένων του πραγματικού κόσμου. Χτίζοντας και προγραμματίζοντας ρομπότ, οι μαθητές αποκτούν κίνητρο, αυτοπεποίθηση και μια αίσθηση επιτυχίας που ενθαρρύνει τη συνεχή εξερεύνηση και το ενδιαφέρον για μελλοντικές σταδιοδρομίες (Hattari, 2021, STEM Education, 2010).

Μία από τις δημοφιλείς εξωσχολικές δραστηριότητες που διαθέτουν οι μαθητές είναι η συμμετοχή σε κέντρα δημιουργικής δραστηριότητας. Το LEGO Education ROBOTIX είναι ένα πρόγραμμα που στοχεύει να ενσωματώσει τη ρομποτική ως μέρος του βασικού προγράμματος σπουδών του σχολείου. Αυτή η ενσωμάτωση παρέχει στους

μαθητές την ευκαιρία να αναπτύξουν περαιτέρω τις δεξιότητές τους στις επιστήμες, την τεχνολογία, τη μηχανική και τα μαθηματικά (STEM), οι οποίες είναι απαραίτητες για τη μελλοντική τους εκπαίδευση και σταδιοδρομία. Μέσω του προγράμματος ROBOTIX, οι μαθητές συμμετέχουν σε μάθηση βάσει έργου που ενθαρρύνει την κριτική σκέψη, την επίλυση προβλημάτων, τη συνεργασία και τη δημιουργικότητα (Hattari, 2021, STEM Education, 2010).

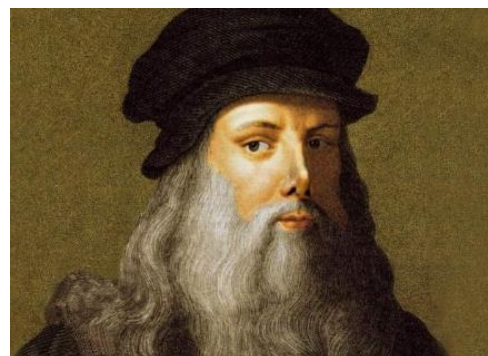
Κεφάλαιο 4: Απλές μηχανές.

4.1. Εισαγωγή

Η χρήση της Ιστορίας των Επιστημών αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο που μας επιτρέπει να πραγματοποιήσουμε παρεμβάσεις κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας. Ο Leonardo da Vinci, μέσω των χειρόγραφων έργων που συνέγραψε κατά την περίοδο της Αναγέννησης, δημιουργεί ένα πλαίσιο κατάλληλο για ανάπτυξη θεμάτων που εμπίπτουν στο πεδίο της τεχνολογίας και ωθούν στη βαθύτερη κατανόηση και εμπέδωση τομέων των φυσικών επιστημών. Ο da Vinci ασχολήθηκε εκτενώς με τις απλές μηχανές και μας προσφέρει τη δυνατότητα να παρακολουθήσουμε την ιστορική τους εξέλιξη.

4.2. Η εποχή την Αναγέννησης και ο Leonardo da Vinci

Η Αναγέννηση αποτελεί τη χρονική περίοδο η οποία ακολουθεί τον Μεσαίωνα. Έλαβε χώρα στην Ευρώπη από τον 15^ο έως τον 16^ο αιώνα και ο da Vinci συγκαταλέγεται στις προσωπικότητες που κατείχαν πρωταγωνιστικό ρόλο, καθιστώντας τον αναγνωρίσιμο μέχρι και σήμερα για πολλούς λόγους, μεταξύ άλλων και η τεχνολογική του



Leonardo da Vinci

επινοητικότητα, η οποία τον οδήγησε στην μελέτη και στην κατασκευή μεγάλου αριθμού μηχανών. Η ενασχόλησή του με τις μηχανές αποτελεί μια γενικότερη τάση που εμφανίστηκε τον 15^ο αιώνα στην Ιταλία. Συγκεκριμένα στη περιοχή της Φλωρεντίας και τη Σιένας αναφέρονται περισσότεροι από 80 πολυπράγμονες μηχανικοί. Το μεγάλο πλήθος των μηχανών που πραγματεύτηκαν όλοι αυτοί οι μηχανικοί καταγράφονται σε ανθολόγια, και μάλιστα σε λόγια γλώσσα, αντιγράφονται και ανατυπώνονται σε πολλά αντίτυπα. Αυτή η αναπαραγωγή των ανθολογίων επιτρέπει και στον da Vinci να διατηρεί υπό την κατοχή του τα έργα μηχανικών εγνωσμένης αξίας. Επιπλέον, ο ίδιος ο da Vinci προχωρά σε συστηματική καταγραφή των μηχανών ενώ ταυτοχρόνως καταπιάνεται και με τομείς που δεν εμπίπτουν στη Φυσική. Το ίδιο πράττουν και αρκετοί ακόμη πολυμαθείς, που ταυτόχρονα με την ασχολία τους με τις μηχανές ασχολούνται και με άλλες επιστήμες. Το αποτέλεσμα της ταυτόχρονης ενασχόλησης οδηγεί σε επανεξέταση των λειτουργιών των μηχανών με απώτερο στόχο τον μετασχηματισμό τους, διευρύνοντας τις λειτουργίες τους και τη χρησιμότητά τους.

4.3. Απλές μηχανές και μαθησιακή διαδικασία

Καθ' όλη την ιστορία τους, οι άνθρωποι ανέπτυξαν πολλές απλές μηχανές για να διευκολύνουν την εργασία. Οι πιο αξιοσημείωτες από αυτές είναι γνωστές ως οι «έξι απλές μηχανές»: ο τροχός και ο άξονας, ο μοχλός, το κεκλιμένο επίπεδο, η τροχαλία, η βίδα και η σφήνα, αν και οι τρεις τελευταίες είναι στην πραγματικότητα απλώς προεκτάσεις ή συνδυασμοί των τριών πρώτων, σύμφωνα με την Εγκυκλοπαίδεια [Britannica](#).

Εφόσον το έργο ορίζεται ως δύναμη που ασκεί ένα αντικείμενο προς την κατεύθυνση της κίνησης, μια μηχανή διευκολύνει την εργασία με τους εξής τρόπους:

- μεταφέροντας μια δύναμη από το ένα σημείο στο άλλο,
- αλλάζοντας την κατεύθυνση μιας δύναμης,
- αυξάνοντας το μέγεθος μιας δύναμης ή
- αυξάνοντας την απόσταση ή την ταχύτητα μιας δύναμης.

Οι απλές μηχανές είναι συσκευές με καθόλου ή πολύ λίγα κινούμενα. Πολλά από τα σημερινά πολύπλοκα εργαλεία είναι απλώς συνδυασμοί ή πιο περίπλοκες μορφές των έξι

απλών μηχανών παρόλο που μερικές φορές είναι δύσκολο να τις αναγνωρίσουμε αφού δείχνουν διαφορετικές από τα συνήθη παραδείγματα που χρησιμοποιούνται στην τάξη. Από την άλλη, η διαθέσιμη ηλεκτρική ενέργεια και οι τεχνολογικά προηγμένες μηχανές μάς δυσκολεύουν να δούμε τι επιτυγχάνει η απλή μηχανή. Θέτοντας, για παράδειγμα, το μάθημα στο πλαίσιο της αρχαίας Αιγύπτου, με τους μαθητές να λειτουργούν ως μηχανικοί επιφορτισμένοι με την κατασκευή μιας πυραμίδας (από τη σχεδίαση και την επιλογή της τοποθεσίας έως και την τελική ανέγερση), θα μπορούσαμε να αναπτύξουμε μιας εις βάθος κατανόηση των απλών μηχανών. Εν συνεχεία, μετατοπίζοντας το πλαίσιο μας στην κατασκευή ενός ουρανοξύστη στη σημερινή εποχή, μπορούμε να συγκρίνουμε και να αντιπαραβάλλουμε πώς χρησιμοποιήθηκαν οι απλές μηχανές ανά τους αιώνες και πώς χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα.

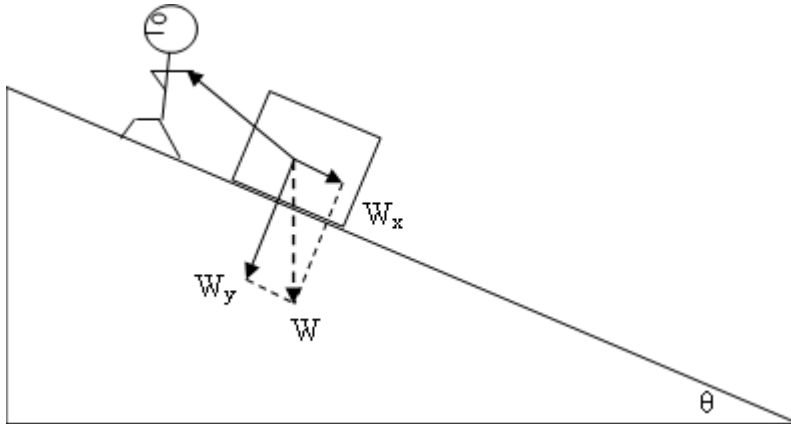
Παρόλο, λοιπόν, που οι απλές μηχανές παίρνουν πολλά σχήματα, διατίθενται σε έξι βασικούς τύπους:

- **Κεκλιμένο επίπεδο:** Ανυψώνει αντικείμενα μετακινώντας τα προς τα πάνω σε μια επικλινή επιφάνεια.
- **Σφήνα:** Μια συσκευή που επιβάλλει τον διαχωρισμό των πραγμάτων.
- **Τροχός και άξονας:** Χρησιμοποιείται για τη μείωση της τριβής.
- **Μοχλός:** Κινείται γύρω από ένα σημείο περιστροφής για να αυξήσει ή να μειώσει το μηχανικό πλεονέκτημα.
- **Βίδα:** Μια συσκευή που μπορεί να ανυψώσει ή να συγκρατήσει πράγματα μεταξύ τους.
- **Τροχαλία:** Αλλάζει την κατεύθυνση μιας δύναμης.

4.3.1. Κεκλιμένο επίπεδο (Inclined plane)

Ένα κεκλιμένο επίπεδο είναι μια επίπεδη επιφάνεια με το ένα άκρο ψηλότερα από το άλλο. Οι μηχανικοί χρησιμοποιούν ράμπες για να μετακινούν εύκολα αντικείμενα σε μεγαλύτερο ύψος. Υπάρχουν δύο τρόποι για να σηκώσουμε ένα αντικείμενο: σηκώνοντάς το κατακόρυφα προς τα πάνω ή σπρώχνοντάς το διαγώνια προς τα πάνω. Τα βαριά αντικείμενα ολισθαίνουν προς το υψηλότερο σημείο αντί να ανυψωθούν κατακόρυφα. Με

την κατακόρυφη ανύψωση, το αντικείμενο μετακινείται στη μικρότερη απόσταση, αλλά πρέπει να ασκηθεί μεγαλύτερη δύναμη. Από την άλλη πλευρά, η χρήση ενός κεκλιμένου επιπέδου απαιτεί μικρότερη δύναμη, αλλά πρέπει να ασκηθεί για μεγαλύτερη απόσταση.



Εικάζεται ότι μια πολύ απλή και φαινομενικά πρωτόγονη κατασκευή από ράμπες επέτρεψε στους Αιγύπτιους να μετακινήσουν τους μεγάλους πέτρινους ογκόλιθους που χρησιμοποιήθηκαν για να χτίσουν τις τεράστιες πυραμίδες.

Στα καθημερινά παραδείγματα κεκλιμένων επιπέδων περιλαμβάνονται οι ράμπες πρόσβασης σε αυτοκινητόδρομους, οι ράμπες πεζοδρομίων και οι κεκλιμένους μάντες μεταφοράς.

4.3.2. Σφήνα (Wedge)

Η σφήνα είναι μια απλή μηχανή που διαχωρίζει αντικείμενα ή υλικά με την εφαρμογή δύναμη σε μια μεγάλη επιφάνεια της σφήνας, με αυτήν τη δύναμη να μεγεθύνεται όταν συγκεντρώνεται σε μια μικρότερη περιοχή της σφήνας ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Μία από τις πιο κοινές σφήνες είναι το καρφί: η δύναμη εφαρμόζεται στην πεπλατυσμένη περιοχή της κεφαλής ενώ η συγκεντρωτική δύναμη ασκείται μέσω του αιχμηρού άκρου. Η δύναμη μεγεθύνεται σε αυτό το σημείο, επιτρέποντας στο καρφί να τρυπήσει το ξύλο. Καθώς το καρφί βυθίζεται στο ξύλο, το σχήμα σφήνας στην αιχμή του καρφιού κινείται προς τα εμπρός και αναγκάζει το ξύλο να χωρίσει.



Εικόνα 1: Το τσεκούρι είναι ένα παράδειγμα σφήνας.

Καθημερινά παραδείγματα σφηνών περιλαμβάνουν το τσεκούρι (βλ. Εικόνα 1), το καρφί, το στοπ πόρτας, τη σμίλη, το πριόνι, το σφυρί, το φερμουάρ, το άροτρο, το φτερό αεροπλάνου, το μαχαίρι, το πιρούνι και την πλήρη βάρκας ή πλοίου.

Στα αρχαία υπαίθρια λατομεία σχιστόλιθου και ασβεστόλιθου, η απόσπαση των όγκων γινόταν με τη δημιουργία κατακόρυφων και οριζόντιων αυλακιών με πριόνι και άμμο. Στη συνέχεια, άνοιγαν σε αυτά υποδοχές για σφήνες από ξερό ξύλο, το οποίο όταν βρεχόταν διογκωνόταν και βοηθούσε στην απόσπαση του όγκου από το μητρικό πέτρωμα. Η ίδια μέθοδος χρησιμοποιούταν και για το άνοιγμα των κορμών των κομμένων δέντρων.

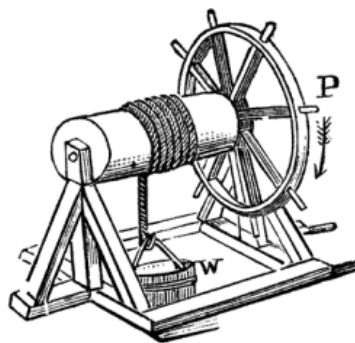
4.3.3. Τροχός και άξονας (Wheel and axle)

Η μηχανή χρησιμοποιεί έναν τροχό με μια ράβδο στερεωμένη στη μέση ως άξονα για να ανυψώνει ή να μετακινεί φορτία. Σε ορισμένες περιπτώσεις αυτό το μηχανήμα λειτουργεί σαν μοχλός πολλαπλασιασμού της δύναμης (όπως με ένα πόμολο πόρτας ή ένα καρούλι ψαρέματος). Σε άλλες περιπτώσεις χρησιμοποιείται για την ευκολότερη μετακίνηση αντικειμένων όπως οι ρόδες σε ποδήλατο. Ο τροχός περιστρέφεται γύρω από τον άξονα (ουσιαστικά μια ράβδο που περνάει μέσα από τον τροχό, αφήνοντας τον τροχό να περιστρέφεται), κυλά πάνω από την επιφάνεια και ελαχιστοποιεί την τριβή.

Η παλαιότερη μαρτυρία που υπάρχει για τη χρήση του τροχού, προέρχεται από πήλινες επιγραφές που βρέθηκαν στην περιοχή της Μεσοποταμίας και χρονολογούνται κοντά στο 3500 π.Χ. ή κατ' άλλους το 4500 π.Χ. Εκείνοι που τον ανακάλυψαν πρώτοι θεωρείται ότι

ήταν οι Σουμέριοι, για να τον χρησιμοποιήσουν σαν εργαλείο κατασκευής κεραμικών και η κατασκευή του ήταν από πέτρα. Πιστεύεται επίσης ότι κατά πάσα πιθανότητα ανέπτυξαν το πρώτο δίτροχο άρμα ανοίγοντας μια τρύπα μέσα από το πλαίσιο του κάρου για να δημιουργήσουν έναν άξονα, ο οποίος στη συνέχεια συνέδεσε τους τροχούς για να σχηματίσει ένα άρμα. Αυτά τα άρματα πιθανότατα χρησιμοποιήθηκαν σε τελετές ή από τον στρατό, ή ως μέσο για να μετακινηθούν στο ανώμαλο έδαφος της υπαίθρου.

Άλλη μία χρήση της μηχανής ήταν για την ανύψωση βαρών ή κουβάδων νερού από πηγάδια.

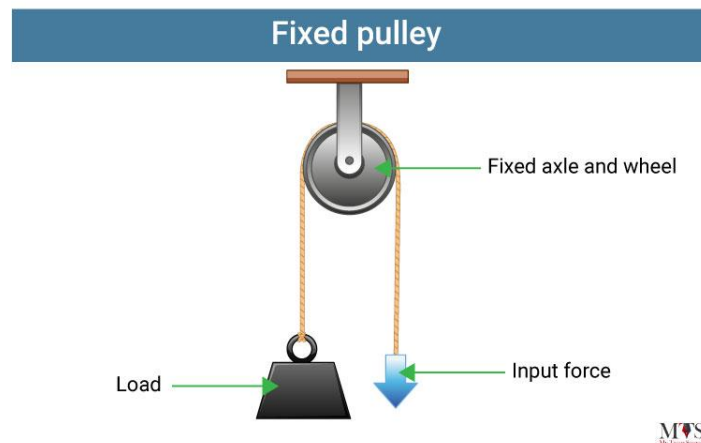


Εικόνα 2: Πηγάδι με κουβά

Στα σύγχρονα καθημερινά παραδείγματα τροχού και άξονα γύρω μας περιλαμβάνονται τα αυτοκίνητα, τα ποδήλατα, η καρέκλα γραφείου, το καρότσι αγορών και τα πατίνια.

4.3.4. Τροχαλία (Pulley)

Η τροχαλία είναι ένας τύπος απλής μηχανής που χρησιμοποιεί έναν τροχό με ένα αυλάκι και ένα σχοινί, καλώδιο ή αλυσίδα. Το σχοινί προσαρμόζεται στην αυλάκωση και το ένα άκρο του σχοινιού περιστρέφεται γύρω από το φορτίο. Τραβώντας το άλλο άκρο του σχοινιού, μετακινείται το φορτίο ή να αλλάζει η κατεύθυνση της δύναμης.



Εικόνα 3: Σταθερή τροχαλία

Ακόμη πιο πολύτιμο είναι ένα σύστημα πολλών τροχαλιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν συνδυαστικά για να μειωθεί η δύναμη που απαιτείται για την ανύψωση ενός αντικειμένου σε συνδυασμό για τη μετάδοση ενέργειας και κίνησης. Αυτά τα συστήματα πολλαπλών τροχαλιών επέτρεψαν την κατασκευή ορισμένων από τα μεγαλύτερα επιτεύγματα της Αρχαιότητας. Για παράδειγμα, για την κατασκευή του Παρθενώνα χρησιμοποιήθηκαν τουλάχιστον 20 χιλιάδες τόνοι πεντελικού μαρμάρου. Όταν τα μάρμαρα έφταναν στους πρόποδες του Ιερού Βράχου, οι εργάτες έπρεπε να τα ανεβάσουν, κάτι που ήταν αδύνατο να συμβεί χρησιμοποιώντας μόνο η σωματική τους δύναμη. Θέτοντας σε λειτουργία τους κατάλληλους μοχλούς και τροχαλίες που πολλαπλασίαζαν τη ροπή της δύναμης, έχοντας ως αποτέλεσμα έναν τρόπο ανύψωσης που θυμίζει εξαιρετικά τις σύγχρονες μεθόδους. Οι αρχαιολόγοι εκτιμούν ότι γύρω από τον Παρθενώνα δούλευαν 8 μεγάλοι γερανοί και αρκετοί άλλοι μικρότεροι, κυρίως στο εσωτερικό του.

Οι τροχαλίες βρήκαν επίσης εφαρμογή στο θέατρο με το *εκκύκλημα*, μια τροχήλατη σκηνική εξέδρα που εξυπηρετούσε την εναλλαγή των προηγούμενων σκηνικών, καθώς και την επίδειξη του εσωτερικού του οίκου στους θεατές, αλλά και το εφεύρημα του «από μηχανής Θεού» το οποίο χρησιμοποιήθηκε ευρέως στις αρχαίες τραγωδίες (κατά την κορύφωση του δράματος, όταν τα πρόσωπα του έργου είχαν οδηγηθεί σε αδιέξοδο, εμφανιζόταν αναπάντεχα στη σκηνή με τη βοήθεια κάποιου *μηχανισμού* κάποιο θεϊκό πρόσωπο για να δώσει λύση). Ο Έλληνας μαθηματικός Αρχιμήδης (3ος αιώνας π.Χ.), φημολογείται ότι χρησιμοποίησε σύνθετες τροχαλίες για να τραβήξει ένα πλοίο στην ξηρά.



Εικόνα 4: Σχεδιαστική αναπαράσταση ξύλινου ανυψωτικού γερανού από το βιβλίο του Μανώλη Κορρέ "Από την Πεντέλη στον Παρθενώνα".

Στα καθημερινά παραδείγματα τροχαλιών που χρησιμοποιούμε σήμερα περιλαμβάνονται τα κοντάρια σημαίων, οι ανελκυστήρες, τα πανιά στα ιστιοφόρα πλοία, οι γερανοί, αλλά και οι περσίδες των παραθύρων.

4.3.5. Μοχλός (Lever)

Ο μοχλός αποτελείται από ένα ευθύ άκαμπτο αντικείμενο όπως μια σανίδα ή μια ράβδος που περιστρέφεται σε ένα σημείο καμπής που ονομάζεται υπομόχλιο. Το φορτίο είναι το αντικείμενο που μετακινείται ή ανυψώνεται (το σώμα που δέχεται την επίδραση της δύναμης). Με την άσκηση δύναμης στο ένα άκρο του μοχλού (η ασκούμενη δύναμη), δημιουργείται μια δύναμη στο άλλο άκρο του μοχλού. Η εφαρμοζόμενη δύναμη είτε αυξάνεται είτε μειώνεται, ανάλογα με την απόσταση από το υπομόχλιο (το σημείο ή το

στήριγμα στο οποίο περιστρέφεται ένας μοχλός) στο φορτίο και από το υπομόχλιο μέχρι το σημείο εφαρμογής.

Παρότι δεν ήταν ο Αρχιμήδης που εφηύρε τον μοχλό, ήταν ο πρώτος που έδωσε μια εξήγηση για την αρχή στην οποία βασίζεται η χρήση του στο έργο του *Περί επιπέδων ισορροπιών*, διατυπώνοντας τον νόμο των μοχλών ως εξής:

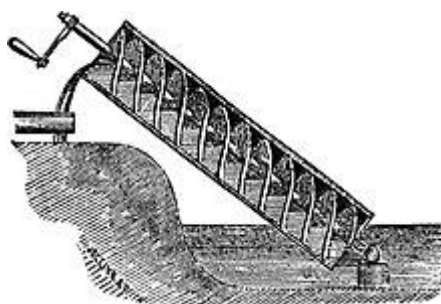
«(ίσα) βάρη σε ίσες αποστάσεις βρίσκονται σε ισορροπία, και ίσα βάρη σε άνισες αποστάσεις δεν βρίσκονται σε ισορροπία, αλλά κλίνουν προς το βάρος που βρίσκεται στη μεγαλύτερη απόσταση.» Σύμφωνα με τον Πάππο τον Αλεξανδρέα, το έργο του Αρχιμήδη πάνω στους μοχλούς τον έκανε να παρατηρήσει: «Δώστε μου ένα σημείο να στηριχθώ και θα κινήσω τη Γη» (δῶς μοι πᾶ στῶ καὶ τὰν γᾶν κινάσω).

Καθημερινά παραδείγματα μοχλών περιλαμβάνουν την τραμπάλα, τον βραχίονα γερανού, το κοντάρι ψαρέματος και ανοιχτήρι μπουκαλιών.

4.3.6. Βίδα/Κοχλίας (Screw)

Μια βίδα είναι ουσιαστικά ένα κεκλιμένο επίπεδο που τυλίγεται γύρω από έναν άξονα. Οι βίδες έχουν δύο κύριες λειτουργίες: συγκρατούν τα πράγματα μεταξύ τους ή ανυψώνουν αντικείμενα. Μια βίδα μπορεί να συγκρατήσει πράγματα λόγω του σπειρώματος γύρω από τον άξονα. Το σπείρωμα συγκρατεί το περιβάλλον υλικό σαν δόντια, με αποτέλεσμα ένα ασφαλές κράτημα αφού ο μόνος τρόπος για να αφαιρέσετε μια βίδα είναι να περιστραφεί προς την αντίθετη κατεύθυνση. Ένας γρύλος αυτοκινήτου είναι ένα παράδειγμα μιας βίδας που χρησιμοποιείται για να σηκώσει κάτι.

Ιδιαίτερη μνεία πρέπει να γίνει στον κοχλία του Αρχιμήδη, ή αντλία με κοχλία, μια κατασκευή που από την αρχαιότητα χρησιμοποιούνταν για να αντλεί και να μετακινεί νερό από κάποιο χαμηλό μέρος κυρίως σε κανάλια άρδευσης. Εκτός από το να τροφοδοτεί κανάλια άρδευσης, ο κοχλίας του Αρχιμήδη, χρησιμοποιούνταν για άντληση νερού από ορυχεία ή από χαμηλές περιοχές που γέμιζαν ανεπιθύμητο νερό, ενώ χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα για να αποστραγγίσει ξηρά που βρίσκεται κάτω από το επίπεδο της θάλασσας (όπως στην Ολλανδία).

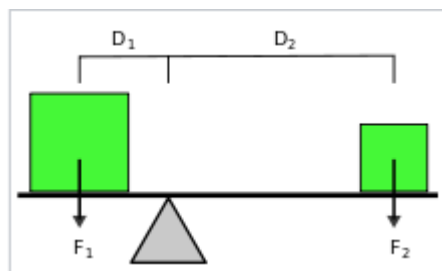


Εικόνα 5: Κοχλίας του Αρχιμήδους

Παραδείγματα της σύγχρονης καθημερινότητας με βίδες περιλαμβάνουν το μπουλόνι, το καπάκι βάζου, τον γρύλο αυτοκινήτου, το περιστρεφόμενο σκαμπό και τη σπειροειδή σκάλα.

4.4. Σχετικές έρευνες για την θεματική ενότητα των απλών μηχανών και των μοχλών

Η αξία της ένταξης των απλών μηχανών ως θεματική ενότητα των φυσικών επιστημών στις αίθουσες διδασκαλίας, έχει διαπιστωθεί από ερευνητές ότι είναι πολύ σημαντική. Ωστόσο, οι εμπειρικές έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί δεν είναι αρκετές. Είναι λίγες οι έρευνες που εστιάζουν στον εντοπισμό των ιδεών που διακατέχουν τόσο τους μαθητές, όσο και τους εκπαιδευτικούς, όπως λίγες είναι και οι έρευνες που διερευνούν το κατά πόσο οι παρεμβάσεις στο πλαίσιο της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών που αφορούν τις απλές μηχανές είναι αποτελεσματικές. Τα τελευταία χρονικά διάστημα, σε όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες αλλά κυρίως στην πρωτοβάθμια, το ενδιαφέρον σχετικά με τις θεμελιώδεις έννοιες των φυσικών επιστημών και της τεχνολογίας είναι αυξημένο. Οι μοχλοί, επί παραδείγματι, στις φυσικές επιστήμες συνεισφέρουν σημαντικά στην κατανόηση σημαντικών φυσικών μεγεθών όπως το έργο, η δύναμη, η ενέργεια κ.α. και στην τεχνολογία μπορούν στη πράξη να ρυθμίσουν τη δύναμη που μέσω αυτών ασκείται. Αποτελούν κατά συνέπεια ιδανική περίπτωση για την εις βάθος μελέτη των απλών μηχανών. Σε έρευνα με συμμετοχή 370 παιδιών για μοχλό δεύτερου είδους σε παιδιά που φοιτούν στις πρώτες τάξεις του δημοτικού



Μοχλός 2ου είδους

παρατηρήθηκε ότι ο εντοπισμός του φορτίου, του μοχλοβραχίονα και του υπομοχλίου δυσκόλεψε τους μαθητές και κατόπιν τούτου σχεδιάστηκαν διδακτικές παρεμβάσεις με

αποτελεσματικότερες αυτές που συνδύασαν οπτικές αναπαραστάσεις και προφορικές οδηγίες (Leuchter & Naber, 2019). Μία άλλη έρευνα διάρκειας τεσσάρων ετών με συμμετοχή περισσότερων από 2.500 μαθητών του δημοτικού και 24 διδασκόντων που αφορούσε μία εργασία οκτώ εβδομάδων και σκοπό να αναπτυχθούν οι απόψεις για το πώς μας βοηθούν οι μηχανές να πραγματοποιήσουμε μεγάλες κατασκευές. (Rivet & Krajcik, 2004). Τα αποτελέσματα ήταν ενθαρρυντικά όσον αφορά έννοιες όπως το μηχανικό πλεονέκτημα, ο συσχετισμός δύναμης και απόστασης και η αποδόμηση των σύνθετων μηχανών σε απλές. Σε έρευνα όπου προσφέρθηκαν 18 μαθήματα 45 λεπτών, έλαβαν μέρος 16 μαθητές και παρουσιάστηκε η αναγνώριση μερών από διάφορες απλές μηχανές, η αύξηση της δύναμης, ο συσχετισμός μεταξύ ενέργειας και δύναμης και το μηχανικό πλεονέκτημα (English et al., 2013), οι μαθητές προχώρησαν στην κατασκευή ενός καταπέλτη εργαζόμενοι σε ομάδες. Στο τέλος της διδακτικής αυτής παρέμβασης το 60% χρησιμοποίησε πάνω από 3 απλές μηχανές, χωρίς να μπορούν όμως να εξηγήσουν και την αντίστοιχη αρχή της φυσικής στην οποία βασίστηκαν.

Κεφάλαιο 5: Νευτώνεια Μηχανική

5.1. Η έννοια της ταχύτητας

Στο επόμενο τμήμα, παρέχουμε μια συνοπτική επισκόπηση της επιστημονικής κατανόησης της ταχύτητας και των αρχών που διέπουν αυτήν. Αυτή η διευκρίνιση έχει σημασία στη διαμόρφωση της δομής και της εξέλιξης της διδακτικής ακολουθίας μάθησης μέσω του μετασχηματισμού περιεχομένου. Για να το πετύχουμε αυτό, βασιζόμαστε στις ανεκτίμητες γνώσεις που περικλείονται σε τρία θεμελιώδη έργα στον τομέα της Πανεπιστημιακής Φυσικής: «Fundamentals of Physics» των Halliday, Resnick και Krane (2009), «Conceptual Physics» με συγγραφέα τον Hewitt (2014) και «Πανεπιστημιακή Φυσική» του Young (1994).

Σε όλη τη διάρκεια της ιστορίας, τα άτομα έχουν χρησιμοποιήσει τους όρους «αργή» ή «γρήγορα» για να απεικονίσουν την κίνηση των αντικειμένων. Ο χαρακτηρισμός της κίνησης εξαρτάται από τη σχετικότητα, που σημαίνει ότι αρθρώνουμε την κίνηση μιας οντότητας σε σχέση με ένα άλλο σημείο αναφοράς. Για να απεικονίσουμε την κίνηση των

σωμάτων, έχουμε στη διάθεσή μας δύο μεθόδους: τις γραφικές απεικονίσεις και τις μαθηματικές εξισώσεις (Halliday et al., 2009). Η επιστημονική έννοια της ταχύτητας οριοθετείται ως η απόσταση που διανύεται σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα και μπορεί να ποσοτικοποιηθεί χρησιμοποιώντας διάφορους συνδυασμούς μονάδων για την απόσταση και τον χρόνο (Hewitt, 2014).

$$ΤΑΧΥΤΗΤΑ = ΑΠΟΣΤΑΣΗ / ΧΡΟΝΟΣ$$

Η έννοια της μέσης ταχύτητας συνεπάγεται τον υπολογισμό της αναλογίας μεταξύ της μεταβολής της απόστασης σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και της διάρκειας αυτού του διαστήματος. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η μέση ταχύτητα αποτυγχάνει να παρέχει πληροφορίες για τις διακυμάνσεις στις μετρήσεις της ταχύτητας που συνέβησαν σε όλη τη διάρκεια της κίνησης (Halliday et al., 2009; Hewitt, 2014; Young, 1994).

$$ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ = ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ / ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ = \\ \Delta X / \Delta t$$

Ως *στιγμιαία ταχύτητα* ορίζουμε την ταχύτητα μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή δηλαδή το όριο του λόγου μεταβολής της απόστασης προς το χρονικό διάστημα όταν το δ χρονικό διάστημα τείνει στο μηδέν και ονομάζεται παράγωγος του x ως προς το t (Halliday et al., 2009; Young, 1994).

$$ΣΤΙΓΜΙΑΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑ = \lim_{t \rightarrow 0} \Delta X / \Delta t = dx / dt$$

Τόσο οι στιγμιαίες όσο και οι μέσες ταχύτητες διαθέτουν διανυσματικά χαρακτηριστικά, που σημαίνει ότι ορίζονται όχι μόνο από το μέγεθός τους αλλά και από την κατεύθυνση της κίνησης. Όταν έχουμε γνώση τόσο του μεγέθους της ταχύτητας όσο και της κατεύθυνσης της κίνησης, το αναφέρουμε ως διανυσματικό μέγεθος (Hewitt, 2014). Αυτή η έννοια ευθυγραμμίζεται με τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα (1687, όπως αναφέρεται στο Hewitt, 1997), επίσης γνωστός ως νόμος της αδράνειας, ο οποίος δηλώνει ότι «κάθε σώμα επιμένει στην κατάσταση ηρεμίας ή στην ομοιόμορφη κίνησή του σε ευθεία γραμμή, εκτός εάν ενεργεί από εξωτερική δύναμη.»

Η διανυσματική ταχύτητα μπορεί να υποστεί μεταβολή είτε μέσω αλλαγών στο μέγεθος, αλλαγών στην κατεύθυνση ή και των δύο ταυτόχρονα. Διατηρεί μια σταθερή

κατάσταση όταν το μέτρο της ταχύτητας παραμένει σταθερό και η κίνηση συμβαίνει κατά μήκος μιας ευθείας γραμμής (Hewitt, 2014). Αυτός ο τύπος κίνησης αναφέρεται ως «ευθύγραμμη ομαλή κίνηση» στην ελληνική λογοτεχνία, ενώ το αγγλικό αντίστοιχο είναι γνωστό ως «σταθερή ταχύτητα». Από την άλλη πλευρά, όταν η διανυσματική ταχύτητα ενός αντικειμένου μεταβάλλεται με το χρόνο, λέγεται ότι υφίσταται επιτάχυνση. Η επιτάχυνση ορίζεται ως ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας με την πάροδο του χρόνου και, όπως η ταχύτητα, είναι ένα διανυσματικό μέγεθος (Hewitt, 2014; Young, 1994).

$$\text{ΜΕΣΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ} = \text{ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ} / \text{ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ} = \\ \Delta u / \Delta t$$

5.2. Οι εναλλακτικές ιδέες των θετικών επιστημών.

Πριν από την επίσημη διδασκαλία, τα παιδιά συχνά διατυπώνουν τις δικές τους αντιλήψεις για τα φυσικά φαινόμενα, που μπορεί να συνυπάρχουν παράλληλα με τις επιστημονικές έννοιες που διδάσκονται στα μαθήματα φυσικής. Δεν είναι ασυνήθιστο οι ιδέες των μαθητών να αποκλίνουν σημαντικά από τις καθιερωμένες επιστημονικές προοπτικές (Driver et al., 2000). Η ανάπτυξη αυτών των εναλλακτικών ιδεών και ερμηνειών πηγάζει από τις καθημερινές εμπειρίες των παιδιών. Αυτές οι ιδέες τυπικά διαθέτουν τρία βασικά χαρακτηριστικά: α) Είναι προσωπικές, που σημαίνει ότι μπορεί να διαφέρουν μεταξύ των μαθητών, ακόμη και σε διαφορετικές χώρες. β) Συχνά φαίνονται ασυνάρτητα στους επιστήμονες και συχνά προσφέρουν αντιφατικές εξηγήσεις για ισοδύναμα φαινόμενα. γ) Επιδεικνύουν σταθερότητα, υποδεικνύοντας ότι ακόμη και μετά τη λήψη της διδασκαλίας, οι μαθητές μπορεί να μην αλλάξουν απαραίτητα τις αντιλήψεις τους (Driver et al., 1993).

Σύμφωνα με τον Κώτση (2014), η επικράτηση αυτών των εναλλακτικών ιδεών μεταξύ των μαθητών μπορεί να αποδοθεί στη συχνή χρήση, τη δοκιμή και τη συνεπή επιβεβαίωσή τους κατά την ερμηνεία φυσικών φαινομένων, οδηγώντας έτσι στη σταθερή εδραίωση τους στο μυαλό των μαθητών. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι αυτές οι

εναλλακτικές ιδέες δεν είναι παράλογες ούτε περιορίζονται σε μια συγκεκριμένη ομάδα μαθητών. Στην πραγματικότητα, τα παιδιά και οι μαθητές έχουν την ικανότητα να παρατηρούν φυσικά φαινόμενα, να δικαιολογούν την ύπαρξή τους, ακόμη και να κάνουν προβλέψεις με βάση αυτές τις εναλλακτικές ιδέες. Είναι σημαντικό για τους εκπαιδευτικούς να παραμένουν ενημερωμένοι σχετικά με τα ευρήματα της έρευνας, να γνωρίζουν τις εννοιολογικές δυσκολίες και να αναπτύσσουν κατάλληλες στρατηγικές που στοχεύουν στην πρόκληση και τη μετατροπή των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών. Αυτή η διαδικασία μπορεί να είναι χρονοβόρα, ειδικά αν σκεφτεί κανείς ότι οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί μπορεί να έχουν εναλλακτικές ιδέες στο αντικείμενο (Στύλος, Κώτσης & Εμβλωτής, 2014). Επιπλέον, είναι σημαντικό να δημιουργηθούν περιβάλλοντα μάθησης όπου οι μαθητές ενθαρρύνονται να διατυπώνουν ανοιχτά τις εναλλακτικές ιδέες τους. Μέσω της παρατήρησης και του πειραματισμού, οι μαθητές μπορούν σταδιακά να συνειδητοποιήσουν τις ασυνέπειες στις πεποιθήσεις τους. Οι δάσκαλοι πρέπει να βασίζονται στις υπάρχουσες ιδέες των μαθητών και να τους καθοδηγούν προς πιο ώριμες κατανοήσεις (Βοσνιάδου, 2003).

Οι Βοσνιάδου και Brewer (1987) υποστηρίζουν ότι η διαδικασία απόκτησης γνώσης περιλαμβάνει διάφορους τύπους αλλαγών. Μερικές φορές, απαιτεί εμπλουτισμό των υπάρχουσών κατανοήσεων, ενώ άλλες φορές απαιτεί τη δημιουργία εντελώς νέων γνωστικών δομών. Υπάρχουν δύο κύριες τροχιές στον μετασχηματισμό της γνώσης: η ασθενής τάση, η οποία περιλαμβάνει τη δημιουργία νέων συνδέσεων υψηλότερου επιπέδου μεταξύ των υπάρχουσών εννοιών και η ριζική τάση, η οποία συνεπάγεται μια θεμελιώδη αναδιάρθρωση των εννοιών και των φαινομένων που πρέπει να διδαχθούν. Οι Posner, Strike, Hewson και Gertzog (1982) πρότειναν τέσσερα κριτήρια που πρέπει να ικανοποιούνται για την τροποποίηση εναλλακτικών ιδεών μέσω γνωστικών συγκρούσεων στο πλαίσιο της εννοιολογικής αλλαγής. Πρώτον, η υπάρχουσα ιδέα αποτυγχάνει να ικανοποιήσει τον μαθητή, γίνεται αντιληπτή ως δυσλειτουργική και προκαλεί δυσαρέσκεια. Δεύτερον, η νέα ιδέα πρέπει να είναι κατανοητή, λογική και εσωτερικά συνεκτική. Τρίτον, η νέα ιδέα θα πρέπει να είναι λογική και εύλογη, ικανή να αντιμετωπίσει τα προβλήματα που η προϋπάρχουσα ιδέα δεν μπορούσε, ενώ θα παραμείνει συνεπής με άλλες καθιερωμένες γνώσεις. Τέλος, για να είναι αποτελεσματική η νέα ιδέα στην εξήγηση φαινομένων, θα πρέπει επίσης να είναι γόνιμη και εφαρμόσιμη σε νέους ερευνητικούς τομείς.

Σε σχέση με τη σύνδεση μεταξύ της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών και της εννοιολογικής αλλαγής, ο Carey (2000) τονίζει τη σημασία της αναγνώρισης των προηγούμενων αντιλήψεων των μαθητών, της διερεύνησης των μηχανισμών που διέπουν την εννοιολογική αλλαγή και διερευνώντας τους λόγους για τους οποίους ακόμη και καλά σχεδιασμένα προγράμματα σπουδών συχνά αποτυγχάνουν να διευκολύνουν μια τέτοια αλλαγή. Είναι σημαντικό να μετατοπιστεί η διδακτική φιλοσοφία προς την ενεργό συμμετοχή των μαθητών στην κατασκευή των δικών τους εξηγήσεων για τα φυσικά φαινόμενα. Επιπλέον, είναι απαραίτητο να εμβαθύνουμε την κατανόηση των φυσικών επιστημών από τους μαθητές βυθίζοντάς τους στο επιστημονικό πλαίσιο. Τέλος, οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί πρέπει να αποκτήσουν μια ολοκληρωμένη κατανόηση της εννοιολογικής αλλαγής και να λάβουν κατάρτιση σε αυτόν τον τομέα, ευθυγραμμίζοντας τις γνώσεις και την προσέγγισή τους με τα επιθυμητά αποτελέσματα της διδασκαλίας της εννοιολογικής αλλαγής.

5.3. Οι εναλλακτικές ιδέες και οι δυσκολίες της Κινηματικής

Το πεδίο που έχει συγκεντρώσει την πιο εκτεταμένη έρευνα σχετικά με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών στον τομέα των φυσικών επιστημών είναι η μηχανική, που συνήθως αναφέρεται ως «Δύναμη και Κίνηση» στην αγγλική βιβλιογραφία. Σύμφωνα με τους Driver et al. (1993), τις τελευταίες τέσσερις δεκαετίες, οι ερευνητές έχουν εξερευνήσει πολυάριθμα δυναμικά και κινηματικά σενάρια και έχουν εξετάσει τις ερμηνείες που παρέχονται από μαθητές και δασκάλους δημοτικού σχολείου. Συνοψίζοντας τα ευρήματα, οι Driver et al. (2000) σκιαγραφούν τις ακόλουθες βασικές ιδέες που έχουν οι μαθητές:

- Η πεποίθηση ότι για να διατηρήσει ένα αντικείμενο σταθερή κίνηση, πρέπει να υποβάλλεται συνεχώς σε μια σταθερή δύναμη.
- Η έννοια μιας εσωτερικής δύναμης μέσα στα σώματα που σταδιακά εξασθενεί με την πάροδο του χρόνου, οδηγώντας στη διακοπή της κίνησης.
- Η ταξινόμηση των αντικειμένων σε δύο διακριτές καταστάσεις: είτε σε κίνηση είτε σε ηρεμία, χωρίς να λαμβάνονται επαρκώς υπόψη οι ενδιάμεσες καταστάσεις και τα χρονικά διαστήματα κίνησης.
- Η λανθασμένη αντίληψη ότι η επιτάχυνση αυξάνεται παράλληλα με την ταχύτητα.

- Η λανθασμένη αντίληψη ότι ελλείπει κίνησης, δεν επιδρούν δυνάμεις στο σώμα.

Αυτές οι εναλλακτικές ιδέες υπογραμμίζουν την αναγκαιότητα αντιμετώπισης και διόρθωσης των λανθασμένων αντιλήψεων των μαθητών μέσω αποτελεσματικής διδασκαλίας και στρατηγικών εννοιολογικής αλλαγής στη διδασκαλία της μηχανικής.

Η εστίαση αυτής της έρευνας επικεντρώνεται στο πεδίο της Κινηματικής, που μπορεί να οριστεί ως η μελέτη της κίνησης του σώματος χωρίς να εμβαθύνουμε στους υποκείμενους αιτιακούς παράγοντες (Arons & Miner, 1990). Η διδασκαλία της Κινηματικής έχει σημαντική σημασία καθώς χρησιμεύει ως εισαγωγικό θέμα στη Μηχανική σε διάφορα εκπαιδευτικά επίπεδα. Παρέχει άφθονες ευκαιρίες για τη διεξαγωγή πειραμάτων και τη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών. Επιπλέον, υπάρχει μια ουσιαστική διαφορά μεταξύ των πρώιμων αντιλήψεων των ατόμων για τις καταστάσεις κίνησης και των επιστημονικά αποδεκτών απόψεων (Zimogiannis et al., 1998). Είναι αξιοσημείωτο ότι ακόμη και από την ηλικία των 24 μηνών, τα βρέφη επιδεικνύουν ευαισθησία για να αντιληφθούν την άμεση σχέση μεταξύ της διάρκειας της κίνησης και της προκύπτουσας θέσης. Για παράδειγμα, μπορούν να προβλέψουν με ακρίβεια τη θέση που θα φτάσει ένα τρένο όταν γνωρίζουν τη διάρκεια της κίνησης μέσω ακουστικών ενδείξεων. Αυτό υποδηλώνει ότι τα βρέφη διαθέτουν μια έμφυτη αίσθηση της συνέχειας στην κίνηση και μια στοιχειώδη κατανόηση της σταθερής ταχύτητας των αντικειμένων (Möhring et al., 2012).

Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των εννοιών της ταχύτητας, της μετατόπισης και του χρόνου, καθώς και η κατανόηση αυτών των εννοιών από τους μαθητές, έχουν αποτελέσει αντικείμενο εκτενούς έρευνας (Acredolo, Adams & Schmid, 1984; Borghi et al., 1991; Matsuda, 2001; Matsuda, Tanaka, Hara & Matsuda, 1995· Wilkening, 1981, et al.). Οι μαθητές συχνά αγωνίζονται να δημιουργήσουν συνδέσεις μεταξύ της ταχύτητας, της μετατόπισης και του χρόνου λόγω παραγόντων όπως η γλωσσική τους ανάπτυξη και η εφαρμογή συγκεκριμένων κανόνων, συμπεριλαμβανομένων των αλγεβρικών αρχών. Για παράδειγμα, η χρήση του πολλαπλασιασμού είναι συνήθως ευκολότερη για τους μαθητές από τη διαίρεση, οδηγώντας σε μια ταχύτερη κατανόηση της σχέσης μεταξύ της απόστασης και άλλων εννοιών όπως η ταχύτητα και ο χρόνος (Wilkening, 1981). Μεταξύ των μαθητών ηλικίας 10 έως 12 ετών, η έννοια της ταχύτητας φαίνεται συχνά να δικαιολογείται αποκλειστικά από την άποψη της απόστασης ή του χρόνου, χωρίς να αναγνωρίζεται η αλληλεξάρτηση και των τριών εννοιών (Carvalho & Teixeira, 1985). Αρκετοί ερευνητές

έχουν εντοπίσει μια κοινή παρανόηση σύμφωνα με την οποία οι μαθητές εσφαλμένα υποθέτουν ότι όταν δύο σώματα βρίσκονται στην ίδια θέση, πρέπει να έχουν την ίδια ταχύτητα (Hewson, 1985; Jones, 1983; Rosenquist & McDermott, 1987). Επιπλέον, οι μαθητές συχνά αγωνίζονται να διαφοροποιήσουν τη μετατόπιση, την ταχύτητα και την επιτάχυνση (Rosenquist & McDermott, 1987; Trowbridge & McDermott, 1981). Οι Halloun και Hestenes (1985) κατέληξαν σε παρόμοια συμπεράσματα με βάση τα αποτελέσματα πριν και μετά τη δοκιμή από 478 φοιτητές Φυσικής, καθώς και από συνεντεύξεις με 22 μαθητές ένα μήνα μετά τη δοκιμή. Επιπλέον, διαπίστωσαν ότι οι μαθητές συχνά αποτυγχάνουν να διακρίνουν τις έννοιες του χρόνου και της στιγμής, θεωρώντας λανθασμένα τη δεύτερη ως σύντομη χρονική περίοδο.

Ο DiSessa (1993) έχει τεκμηριώσει διάφορα παραδείγματα που απεικονίζουν τη σύγχυση που προκύπτει από τις προαναφερθείσες παρανοήσεις. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι ότι οι μαθητές τείνουν να πιστεύουν ότι ένα προηγούμενο σώμα κινείται πιο γρήγορα, παραλείποντας να λάβουν υπόψη τις αρχικές θέσεις των εμπλεκόμενων σωμάτων. Μια άλλη εσφαλμένη αντίληψη είναι η πεποίθηση ότι μια μικρότερη απόσταση που διανύθηκε αντιστοιχεί σε μικρότερο χρόνο που απαιτείται, πιθανώς λόγω δυσκολιών στην κατανόηση της έννοιας της απόστασης. Επιπλέον, οι μαθητές έχουν συχνά την εσφαλμένη πεποίθηση ότι η ταχύτερη κίνηση συνεπάγεται μεγαλύτερη διάρκεια κίνησης. Αυτή η παρανόηση μπορεί να προέρχεται από την παρατήρηση ότι τα πιο γρήγορα αντικείμενα καλύπτουν γενικά μεγαλύτερες αποστάσεις, σε συνδυασμό με την τάση των παιδιών να συνδέουν μεγαλύτερη απόσταση με μεγαλύτερο χρόνο. Ο DiSessa σημειώνει επίσης ότι οι μαθητές έχουν συχνά την πεποίθηση ότι τα αντικείμενα θα συνεχίσουν να κινούνται με τον ίδιο τρόπο όπως πριν, κάτι που μπορεί να υποδηλώνει μια πρόωγη αναγνώριση της έννοιας της ορμής. Επιπλέον, υπάρχει μια τάση μεταξύ των μαθητών να πιστεύουν ότι τα αντικείμενα κινούνται προς την κατεύθυνση που κοιτάζουν, αντανακλώντας την κλίση τους να αποδίδουν ανθρώπινα χαρακτηριστικά σε άψυχα αντικείμενα. Τέλος, η DiSessa υπογραμμίζει πρόσθετες παρανοήσεις που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά των σωμάτων και την ταχύτητα, όπως η πεποίθηση ότι τα ελαφρύτερα αντικείμενα κινούνται πιο γρήγορα και ότι τα μικρότερα αντικείμενα κινούνται πιο γρήγορα.

Τα ευρήματα των Métioui και Baulu-MacWillie (2013) υποστηρίζουν το αρχικό συμπέρασμα, αλλά στη μελέτη τους, όταν ζητήθηκε από τα παιδιά να συγκρίνουν δύο παρόμοια αυτοκίνητα διαφορετικών μεγεθών, η πλειοψηφία των παιδιών πίστευε ότι το

μεγαλύτερο αυτοκίνητο θα κινούνταν πιο γρήγορα. Αυτή η πεποίθηση αποδόθηκε σε διάφορους παράγοντες όπως η μεγαλύτερη δεξαμενή καυσίμου, οι μεγαλύτεροι τροχοί, ο μεγαλύτερος κινητήρας ή απλώς το να είναι πιο μακρύς. Η μελέτη εξέτασε τις αντιλήψεις 400 γαλλόφωνων μαθητών Ε' και Στ' δημοτικού από τον Καναδά, τη Γαλλία και το Μαρόκο σχετικά με την έννοια της ταχύτητας, οι οποίες κατηγοριοποιήθηκαν σε τέσσερις ομάδες. Η πρώτη κατηγορία αφορούσε τη συσχέτιση της ταχύτητας με την «ταχύτητα» και την επιτάχυνση (Καναδάς: 53%, Μαρόκο: 73%, Γαλλία: 51%). Η δεύτερη κατηγορία αφορούσε την ταχύτητα με τα χαρακτηριστικά του οχήματος (Καναδάς: 5%, Μαρόκο: 0%, Γαλλία: 7%). Η τρίτη κατηγορία συνέδεσε την ταχύτητα με τα ατυχήματα, τους νικηφόρους αγώνες δρόμου ή τον χρόνο (Καναδάς: 17%, Μαρόκο: 15%, Γαλλία: 7%). Η τέταρτη κατηγορία περιελάμβανε καμία απάντηση ή ελλιπείς απαντήσεις (Καναδάς: 25%, Μαρόκο: 22%, Γαλλία: 35%) (Μέτιουι & Baulu-MacWillie, 2013). Ομοίως, μια έρευνα που διεξήχθη σε 120 μαθητές της Στ' τάξης στη Ρόδο αποκάλυψε ότι η πλειοψηφία των μαθητών (50%) όρισε την ταχύτητα με βάση την έννοια της ίδιας της ταχύτητας, ευθυγραμμιζόμενη με τα ευρήματα της έρευνας των Μέτιουι και Baulu-MacWillie. Σημειωτέον, είναι ενδιαφέρον να παρατηρήσουμε ότι το 23,33% των μαθητών όρισε την ταχύτητα χρησιμοποιώντας τη διχοτόμηση «γρήγορο-αργή» (Σιαφάκας, 2017).

5.4. Οι δυσκολίες γύρω από τη Μέση ταχύτητα

Η διάκριση μεταξύ μέσης ταχύτητας και στιγμιαίας ταχύτητας θέτει σημαντικές προκλήσεις για τους μαθητές, όπως τονίστηκε από τους Halloun και Hestenes (1985). Οι μαθητές συχνά δυσκολεύονται να κατανοήσουν την έννοια της μέσης ταχύτητας, η οποία μπορεί στη συνέχεια να εμποδίσει την κατανόησή τους για τη διανυσματική ταχύτητα (Marshall & Carrejo, 2008). Αυτή η δυσκολία στην κατανόηση παρατηρήθηκε και στην έρευνα που διεξήχθη από τους Billings και Klanderinan (2000), οι οποίοι εξέτασαν 15 μαθητές από παιδαγωγικές σχολές. Η μελέτη αποκάλυψε ότι αυτοί οι μαθητές αντιμετώπισαν πολλές δυσκολίες όταν ασχολούνταν με γραφικές αναπαραστάσεις μέσης και στιγμιαίας ταχύτητας.

Μια έρευνα που διεξήχθη μεταξύ μαθητών γυμνασίου στη Σιγκαπούρη, οι οποίοι είχαν λάβει οδηγίες για την έννοια της ταχύτητας, αποκάλυψε ενδιαφέροντα ευρήματα. Ενώ

οι περισσότεροι μαθητές ήταν σε θέση να υπολογίσουν τη μέση ταχύτητα αλγεβρικά, αντιμετώπισαν σημαντικές δυσκολίες όταν τους ζητήθηκε να υπολογίσουν τον χρόνο κίνησης σε σενάρια που αφορούσαν περιόδους ακινησίας (Kadir, Foong, Wong & Kurpan, 2011). Μια άλλη παρανόηση που παρατηρήθηκε στη μελέτη αφορούσε τη γραφική αναπαράσταση της κίνησης μιας μπάλας σε μια λεία επιφάνεια, η οποία είχε προηγουμένως επισημανθεί από ερευνητές. Οι μαθητές πίστεψαν λανθασμένα ότι η κίνηση τελικά σταματά λόγω των παρατηρήσεών τους για την τριβή, παρά το γεγονός ότι ενημερώθηκαν ρητά για την απουσία της στο συγκεκριμένο πλαίσιο (Kadir, Foong, Wong & Kurpan, 2011). Οι Ahl και Helenius (2018) εντόπισαν περαιτέρω μια γλωσσική πτυχή που επηρεάζει την κατανόηση της μέσης ταχύτητας. Τα παιδιά τείνουν να συσχετίζουν τον όρο «μέσος όρος» με τον αριθμητικό μέσο όρο, αντλώντας από τις εμπειρίες τους από την επιτυχή χρήση αυτής της έννοιας σε άλλα πλαίσια. Αυτή η εξάρτηση στον αριθμητικό μέσο όρο έναντι της μέσης ταχύτητας επισημάνθηκε επίσης από τους Taqwa και Rivaldo (2019), οι οποίοι παρατήρησαν επιπλέον μαθηματικές δυσκολίες και μια σημαντική πρόκληση στον προσδιορισμό της εξίσωσης της απόστασης έναντι του χρόνου, $x(t)$.

Η έννοια του σταθμισμένου μέσου όρου αποτελεί σημαντική πρόκληση για τους μαθητές, ιδιαίτερα κατά την επίλυση προβλημάτων που περιλαμβάνουν μέση ταχύτητα. Πολλοί μαθητές αγωνίζονται να λάβουν υπόψη τη διάρκεια του χρόνου που αφιερώνεται σε κάθε ταχύτητα, με αποτέλεσμα ανακριβείς υπολογισμούς της σταθμισμένης μέσης ταχύτητας (Reed, 1984). Αυτή η δυσκολία παρατηρήθηκε επίσης από τους Reed και Jazo (2002) στη μελέτη τους στην οποία συμμετείχαν 24 φοιτητές ψυχολογίας, όπου η πλειοψηφία εμφάνιζε παρόμοια αδυναμία. Μια άλλη πτυχή που συχνά παραβλέπεται από τους μαθητές κατά τον υπολογισμό της μέσης ταχύτητας είναι η χρονική περίοδος κατά την οποία το σώμα παραμένει ακίνητο. Έρευνα που διεξήχθη από τους Foong et al. (2020) και ο Σιαφάκας (2017) επιβεβαιώνει αυτή την παράβλεψη στους υπολογισμούς της μέσης ταχύτητας των μαθητών.

5.5. Εναλλακτικές ιδέες γύρω από την έννοια του χρόνου

Στον τομέα της αντίληψης του χρόνου, ο Wilkening (1981) διεξήγαγε μια μελέτη που αποκάλυψε ότι τα 5χρονα παιδιά είχαν την ικανότητα να αντιλαμβάνονται τον χρόνο

ως ποσοτική έννοια. Ωστόσο, όταν ήρθε η ώρα να κρίνουν την ταχύτητα, αυτά τα παιδιά δεν ενσωμάτωσαν πληροφορίες που σχετίζονται με το χρόνο, αλλά επικεντρώθηκαν αποκλειστικά στην απόσταση. Ο Wilkening απέδωσε αυτή τη δυσκολία στο γεγονός ότι οι πληροφορίες για το χρόνο δεν υπήρχαν οπτικά, απαιτώντας από τους μαθητές να τις ανακτήσουν από τη μνήμη, κάτι που τους αποτελούσε πρόκληση. Βασιζόμενοι σε αυτά τα ευρήματα, οι Levin και Wilkening (1989) κατέληξαν σε ένα παρόμοιο συμπέρασμα σχετικά με την ικανότητα των 5χρονων να αντιλαμβάνονται τον χρόνο ως ποσοτική έννοια. Ωστόσο, σημείωσαν ότι αυτοί οι μαθητές μπορούσαν να «ποσοτικοποιήσουν» τη διάρκεια των γεγονότων χωρίς να λαμβάνουν υπόψη πληροφορίες σχετικά με την ταχύτητα και την απόσταση. Επιπλέον, οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι όχι μόνο τα παιδιά μπορούσαν να κάνουν διαφοροποίηση μεταξύ διαφορετικών χρονικών διαρκειών, αλλά μπορούσαν επίσης να εφαρμόσουν τους κανόνες της πρόσθεσης σε αυτές τις διάρκειες. Υπό το φως των ευρημάτων τους, ο Levin και ο Wilkening υποστήριξαν την άποψη του Piaget ότι η μετρική διάσταση του χρόνου απουσιάζει στα 10χρονα παιδιά. Τελικά, τα παιδιά επιδεικνύουν επάρκεια στην ανακάλυψη λογικών και μη τρόπων μέτρησης του χρόνου, κατανόησης της μετρήσεώς του και της δυνατότητας να τον χωρίσουν σε μονάδες (Levin & Wilkening, 1989).

Ακόμη και σε νεαρή ηλικία, τα παιδιά, ήδη από την ηλικία των 4 ετών, κατέχουν μια σχετικά σταθερή σιωπηρή κατανόηση των άμεσων σχέσεων μεταξύ χρονικής διάρκειας και απόστασης, καθώς και μεταξύ απόστασης και ταχύτητας. Ωστόσο, όταν πρόκειται για την αναπαράσταση της σχέσης μεταξύ της χρονικής διάρκειας και της ταχύτητας, τείνουν να κάνουν λάθη (Matsuda, 2001). Για παράδειγμα, σε μια μελέτη στην οποία συμμετείχαν παιδιά 5 ετών, οι κρίσεις τους για το χρόνο που χρειάστηκε για να πέσει ένα αντικείμενο επηρεάστηκαν από την προηγούμενη έκθεσή τους σε εικόνες που απεικονίζουν διαφορετικές ταχύτητες. Είναι ενδιαφέρον ότι, αφού είδαν εικόνες υψηλής ταχύτητας, τα παιδιά εκτίμησαν ότι το αντικείμενο έπεφτε πιο αργά σε σύγκριση με τις εκτιμήσεις τους πριν από μια τέτοια έκθεση. Αντίθετα, όταν παρατήρησαν εικόνες με αργές ταχύτητες, αντιλήφθηκαν ότι το αντικείμενο πέφτει πιο γρήγορα από πριν (Matsuda, 2001).

Παρόμοια ευρήματα παρατηρήθηκαν με παιδιά 11 ετών όταν εκτέθηκαν σε εικόνες υψηλής ταχύτητας, αν και η κρίση τους παρέμενε ανεπηρέαστη από την αντίθετη συνθήκη της προβολής εικόνων χαμηλής ταχύτητας (Mori & Tadang, 1973). Σύμφωνα με τους ερευνητές, η αντίληψη των παιδιών για το χρόνο είναι στενά συνδεδεμένη με την οπτική

τους αντίληψη για την ταχύτητα των φυσικών κινήσεων, την οποία αναπτύσσουν μέσα από τις καθημερινές τους εμπειρίες. Ρίχνοντας φως στην κατανόηση της έννοιας του χρόνου από τα παιδιά, οι Μέτιουι & Baulu-MacWillie (2013) συνόψισαν τις απαντήσεις που ελήφθησαν σε μια ανοιχτή ερώτηση σε έξι κατηγορίες. Αυτές οι κατηγορίες περιλάμβαναν συσχετίσεις χρόνου των μαθητών με: α) μονάδες μέτρησης όπως ώρες και λεπτά, β) τη διάρκεια ή την ταχύτητα ενός γεγονότος, γ) τη ζωή, την ευχαρίστηση ή κάτι σημαντικό, δ) το κλίμα, ε) τα όργανα μέτρησης όπως ρολόγια και στ) περιπτώσεις όπου οι μαθητές δεν απάντησαν ή η απάντηση ήταν ελλιπής.

Οι Mori, Kitagawa, & Tadang (1974b) διεξήγαγαν μια μελέτη που εξέτασε την επίδραση των πολιτισμικών διαστάσεων, ιδιαίτερα των θρησκευτικών πεποιθήσεων, στις αντιλήψεις των μαθητών για το χρόνο και την κίνηση. Τα ευρήματά τους πρότειναν ότι τα παιδιά αναπτύσσουν την κατανόησή τους για το χρόνο σε σχέση με το κοινωνικό και πολιτιστικό πλαίσιο μέσα στο οποίο μεγαλώνουν. Η μελέτη ανέδειξε παραλλαγές στην εννοιολόγηση του χρόνου μεταξύ διαφορετικών θρησκειών. Στον Χριστιανισμό, ο χρόνος εκλαμβάνεται ως τμηματικός, με ξεκάθαρη αρχή και τέλος. Στον Βουδισμό, ο χρόνος αντιμετωπίζεται κυκλικά, με έναν συνεχή κύκλο καταλήξεων και αρχών. Στην Ιαπωνία, επηρεασμένη από τον Βουδισμό, η αντίληψη του χρόνου είναι πιο άπειρη και χωρίς ξεκάθαρη αρχή ή τέλος. Οι ερευνητές παρατήρησαν περαιτέρω ότι τα παιδιά στην Ταϊλάνδη τείνουν να υιοθετούν μια κυκλική προσέγγιση του χρόνου κατά τη διάρκεια του δημοτικού και του γυμνασίου, αν και αυτή η τάση σταδιακά μειώνεται. Αντίθετα, τα παιδιά στα χριστιανικά σχολεία στην Ιαπωνία τείνουν να επιδεικνύουν μια τμηματική προσέγγιση του χρόνου κατά τη διάρκεια του δημοτικού σχολείου, η οποία αργότερα μεταβαίνει σε μια πιο γραμμική προοπτική στο γυμνάσιο. Τέλος, τα παιδιά που φοιτούν σε δημόσια σχολεία στην Ιαπωνία επιδεικνύουν σταθερά μια γραμμική προσέγγιση του χρόνου τόσο στο δημοτικό όσο και στο γυμνάσιο. Αυτά τα ευρήματα υπογραμμίζουν την επίδραση πολιτιστικών και θρησκευτικών παραγόντων στην κατανόηση και ερμηνεία της έννοιας του χρόνου από τα παιδιά.

Κεφάλαιο 6: Ο Τρόπος εκμάθησης Νευτώνειας Μηχανικής μέσω του STEM.

6.1. Εισαγωγή

Η δημιουργία διασυνδέσεων εντός των κλάδων STEM αντιπροσωπεύει μια πολύπλευρη πρόκληση, που απαιτεί από τους εκπαιδευτικούς να παραδώσουν το πρόγραμμα σπουδών STEM με σκόπιμα τρόπο που ενισχύει την κατανόηση των μαθητών της πρακτικής εφαρμογής της γνώσης STEM στην αντιμετώπιση πραγματικών ζητημάτων. Επί του παρόντος, αυτές οι διατομεακές συνδέσεις είναι συχνά σιωπηρές ή ακόμη και εντελώς απύσες, όπως υπογραμμίζεται από την Εθνική Ακαδημία Μηχανικών και το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας (2009).

Η Επιτροπή για την Ολοκληρωμένη Εκπαίδευση STEM παρατήρησε ότι η αλληλεπίδραση εννοιών σε διαφορετικούς ακαδημαϊκούς τομείς γίνεται ιδιαίτερα περίπλοκη όταν οι μαθητές έχουν περιορισμένη ή καθόλου εξοικείωση με τις σχετικές αρχές σε κάθε αντίστοιχο κλάδο. Επιπλέον, οι μαθητές δεν εφαρμόζουν σταθερά ή διαισθητικά τις γνώσεις τους που αφορούν τον κλάδο σε ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο. Ως αποτέλεσμα, οι μαθητές χρειάζονται καθοδήγηση για την άρθρωση των σχετικών επιστημονικών ή μαθηματικών εννοιών στο πλαίσιο του μηχανικού ή τεχνολογικού σχεδιασμού, δημιουργώντας παραγωγικούς δεσμούς μεταξύ αυτών των ιδεών και αναδιαμόρφωση των προσωπικών τους αντιλήψεων ώστε να ευθυγραμμίζονται με καθιερωμένους επιστημονικούς κανόνες και πρακτικές (National Academy of Engineering and Εθνικό Συμβούλιο Ερευνών, 2014, σελ. 5).

Η βελτιωμένη ενσωμάτωση των θεμάτων STEM μπορεί να μην αποφέρει πιο αποτελεσματικά αποτελέσματα εκτός εάν προσεγγιστεί στρατηγικά. Ωστόσο, η καλά σχεδιασμένη ενσωμάτωση του προγράμματος σπουδών παρέχει στους μαθητές ευκαιρίες να συμμετάσχουν σε πιο συναφείς και ελκυστικές μαθησιακές εμπειρίες. Προωθεί επίσης τη χρήση δεξιοτήτων κριτικής σκέψης υψηλότερης τάξης, ενισχύει τις ικανότητες επίλυσης προβλημάτων και ενισχύει τη διατήρηση της γνώσης (Stohlmann et al., 2012). Η διαμόρφωση μιας στρατηγικής προσέγγισης για την ενσωμάτωση των εννοιών STEM απαιτεί μια ολοκληρωμένη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι μαθητές αποκτούν και

χρησιμοποιούν περιεχόμενο STEM. Σε αυτό το πλαίσιο, το επόμενο θεωρητικό πλαίσιο για το ολοκληρωμένο STEM προσπαθεί να προσφέρει ένα σχέδιο για μια τέτοια προσέγγιση..

6.2. Εννοιολογικό πλαίσιο για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM

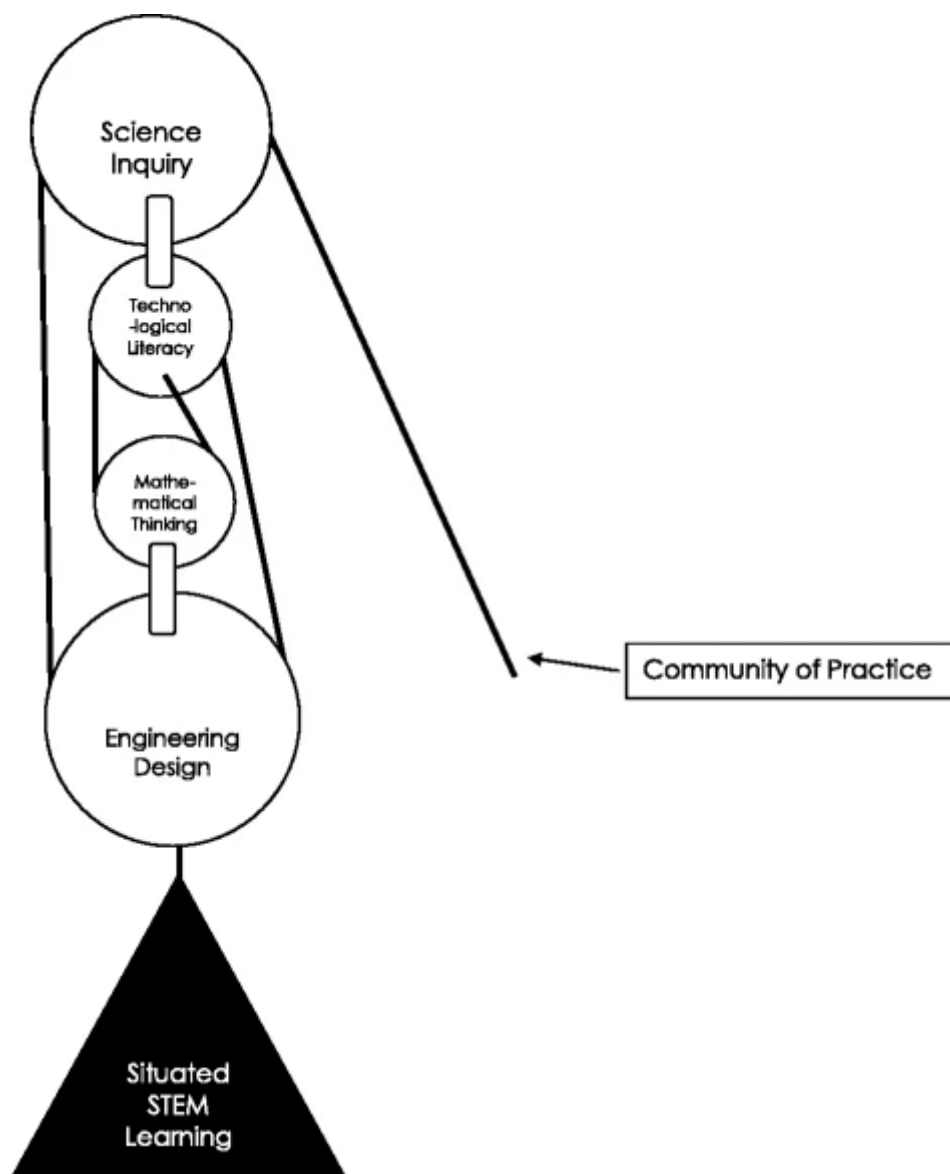
Ένα εννοιολογικό πλαίσιο για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM είναι ένα πολύτιμο εργαλείο για την καθοδήγηση της έρευνας και την ενημέρωση των ενδιαφερομένων στην εκπαίδευση STEM. Μας επιτρέπει να εντοπίσουμε εμπόδια και βέλτιστες πρακτικές, ανοίγοντας το δρόμο για την πλήρη αξιοποίηση του δυναμικού της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM. Σε αυτό το πλαίσιο, προτείνουμε ένα εννοιολογικό πλαίσιο με επίκεντρο τις θεωρίες μάθησης και τις παιδαγωγικές προσεγγίσεις που είναι καθοριστικές για την επίτευξη βασικών μαθησιακών αποτελεσμάτων.

Για να δημιουργηθεί ένα αποτελεσματικό εννοιολογικό πλαίσιο για την εκπαίδευση STEM, είναι απαραίτητη η βαθιά κατανόηση των περιπλοκών που σχετίζονται με τον τρόπο με τον οποίο μαθαίνουν τα άτομα, ιδιαίτερα τη διδασκαλία και τη μάθηση του περιεχομένου STEM. Η έρευνα δείχνει ότι η ποιότητα της εκπαίδευσης STEM βελτιώνεται σημαντικά όταν οι εκπαιδευτικοί κατέχουν μια καλή αντίληψη του αντικειμένου και της γνώσης παιδαγωγικού περιεχομένου σε συγκεκριμένο τομέα (Nadelson et al., 2012).

Αντί να μεταφέρει απλώς περιεχόμενο και δεξιότητες με την ελπίδα ότι οι μαθητές θα αντιληφθούν αυθόρμητα τις εφαρμογές τους στον πραγματικό κόσμο, μια ολοκληρωμένη προσέγγιση επιδιώκει ενεργά να δημιουργήσει συνδέσεις μεταξύ των κλάδων STEM και να παρέχει ένα ουσιαστικό πλαίσιο για την αφομοίωση περιεχομένου. Οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να προσπαθήσουν να διατηρήσουν την αυθεντικότητα του τρόπου με τον οποίο η επιστήμη, η τεχνολογία, η μηχανική και τα μαθηματικά χρησιμοποιούνται σε πρακτικές, πραγματικές καταστάσεις. Αυτή η προοπτική ευθυγραμμίζεται με τις συστάσεις των Προτύπων Επιστήμης Επόμενης Γενιάς (NRC, 2012), που υπογραμμίζουν τη σημασία της προσεκτικής εξέτασης των πρακτικών ως μέσου για τη δημιουργία ενός πλαισίου για την ενσωμάτωση θεμάτων STEM.

Το προτεινόμενο πλαίσιο είναι προσαρμοσμένο για τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, στοχεύοντας συγκεκριμένα σε εκπαιδευτικούς γυμνασίου και μαθητές. Για να

αναπαραστήσετε οπτικά αυτό το εννοιολογικό πλαίσιο για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM, ανατρέξτε στο Σχήμα 1. Αυτό το γράφημα χρησιμεύει τόσο ως επεξηγητικό βοήθημα όσο και ως ακρογωνιαίος λίθος για τις βασικές έννοιες που διερευνώνται σε αυτό το έγγραφο. Θα χρησιμοποιήσουμε αυτήν την οπτική αναφορά σε όλη τη συζήτησή μας για να διασαφηνίσουμε βασικές ιδέες και να δημιουργήσουμε συνδέσεις με τις πρακτικές STEM. Τελικά, ο στόχος αυτής της εργασίας είναι να παρουσιάσει ένα εννοιολογικό πλαίσιο που μπορεί να καθοδηγήσει τους εκπαιδευτές STEM και να θέσει τα θεμέλια για μια ερευνητική ατζέντα στον τομέα της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM.



Σχήμα 1 : Γραφικό εννοιολογικού πλαισίου για τη μάθηση STEM/ πηγή : <https://link.springer.com/article/10.1186/s40594-016-0046-z/figures/1>

Το Σχήμα 1 χρησιμεύει ως ενδεικτική αναπαράσταση του προτεινόμενου εννοιολογικού πλαισίου για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM. Η εικόνα απεικονίζει ένα σύστημα μπλοκ και τάκλιν που αποτελείται από τέσσερις τροχαλίες που έχουν σχεδιαστεί για να ανυψώνουν ένα φορτίο, συμβολίζοντας την "τοποθετημένη μάθηση STEM". Το σύστημα μπλοκ και τάκλιν είναι μια διάταξη τροχαλίας που ενισχύει το μηχανικό πλεονέκτημα, καθιστώντας την ανύψωση φορτίων πιο αποτελεσματική. Σε αυτήν την απεικόνιση, η μάθηση σε τοποθεσία, ο μηχανικός σχεδιασμός, η επιστημονική έρευνα, ο τεχνολογικός εγγραμματισμός και η μαθηματική συλλογιστική αλληλοσυνδέονται ως ένα ολοκληρωμένο σύστημα. Κάθε τροχαλία σε αυτό το σύστημα συνδέει κοινές πρακτικές εντός των τεσσάρων κλάδων STEM και συνδέεται μεταξύ τους με το σχοινί μιας κοινότητας πρακτικής. Αυτή η περίπλοκη σχέση μεταξύ των στοιχείων του συστήματος τροχαλίας πρέπει να λειτουργεί αρμονικά για να διασφαλίζεται η συνολική ακεραιότητα του συστήματος. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι συγγραφείς δεν υποστηρίζουν ότι και οι τέσσερις τομείς του ενσωματωμένου STEM πρέπει να υπάρχουν σε κάθε μαθησιακή εμπειρία STEM. Ωστόσο, οι εκπαιδευτές STEM θα πρέπει να έχουν πλήρη κατανόηση των αλληλεπιδράσεων που μπορούν να δημιουργηθούν μεταξύ των τομέων και της σημασίας της δέσμευσης μιας κοινότητας πρακτικής. Είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε ότι, όπως κάθε νοητικό μοντέλο, αυτή η προσέγγιση έχει τους περιορισμούς της κατά την εξέταση της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM. Θα επιδιώξουμε να υποστηρίξουμε αυτό το νοητικό μοντέλο, αναγνωρίζοντας παράλληλα τους περιορισμούς που είναι εγγενείς σε αυτήν την προοπτική. Κάθε στοιχείο του εννοιολογικού πλαισίου θα διευκρινιστεί λεπτομερώς και ενθαρρύνουμε τους αναγνώστες να ανατρέξουν στο Σχήμα 1 για μια σαφέστερη κατανόηση των διαφόρων πτυχών αυτού του προτεινόμενου πλαισίου.

● **Situated STEM Learning**

Οι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι η πλειονότητα του περιεχομένου STEM μπορεί να εδραιωθεί αποτελεσματικά στη θεωρία της εντοπισμένης γνώσης (Brown et al., 1989· Lave and Wenger, 1991· Putnam and Borko, 2000). Στον πυρήνα αυτής της θεωρίας βρίσκεται η ιδέα ότι η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο μπορούν να εφαρμοστούν οι γνώσεις και οι

δεξιότητες είναι εξίσου ζωτικής σημασίας με την απόκτηση της ίδιας της γνώσης και των δεξιοτήτων. Η θεωρία της γνωσιακής κατάστασης αναγνωρίζει ότι τόσο το φυσικό όσο και το κοινωνικό πλαίσιο μιας μαθησιακής δραστηριότητας διαδραματίζουν καθοριστικούς ρόλους στη μαθησιακή διαδικασία. Όταν ένας μαθητής αναπτύσσει ένα σύνολο γνώσεων και δεξιοτήτων σε σχέση με μια δραστηριότητα, το πλαίσιο αυτής της δραστηριότητας καθίσταται απαραίτητο για τη μαθησιακή διαδικασία (Putnam and Borko, 2000). Η μάθηση που βασίζεται σε ένα τοπικό πλαίσιο συχνά αποδίδει αυθεντικότητα και συνάφεια, καθιστώντας την αντιπροσωπευτική της πρακτικής STEM της πραγματικής ζωής. Στο πλαίσιο της ενσωμάτωσης του περιεχομένου STEM, ο μηχανικός σχεδιασμός μπορεί να χρησιμεύσει ως το ενσωματωμένο πλαίσιο και πλατφόρμα για τη μάθηση STEM.

Ωστόσο, είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε ότι δεν μπορεί να τοποθετηθεί όλο το περιεχόμενο STEM σε αυθεντικά περιβάλλοντα. Έτσι, αυτό το μοντέλο περιορίζεται σε περιεχόμενο που μπορεί να διδαχθεί αποτελεσματικά μέσω προσεγγίσεων εντοπισμένης μάθησης. Η αναλογία της εντοπιζόμενης μάθησης είναι παρόμοια με ένα «φορτίο» που πρέπει να αρθεί στο Σχήμα 1 μπορεί να παρουσιάζει μια κάπως περιορισμένη άποψη αυτού του εκπαιδευτικού μοντέλου.

● Μηχανικός Σχεδιασμός

Ο μηχανικός σχεδιασμός αναδεικνύεται ως ιδανικός ολοκληρωμένος για περιεχόμενο STEM (National Academy of Engineering and National Research Council, 2009; National Research Council, 2012). Επιπλέον, η χρησιμοποίηση μιας προσέγγισης σχεδιασμού μηχανικής για την παροχή εκπαίδευσης STEM δημιουργεί ένα βέλτιστο σημείο εισόδου για την ενσωμάτωση πρακτικών μηχανικής στο υπάρχον πρόγραμμα σπουδών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Η χρήση του μηχανικού σχεδιασμού ως καταλύτη για τη μάθηση STEM είναι ζωτικής σημασίας για την τοποθέτηση και των τεσσάρων κλάδων STEM σε ισότιμη βάση. Η ίδια η φύση του μηχανικού σχεδιασμού εξοπλίζει τους φοιτητές με μια συστηματική προσέγγιση επίλυσης προβλημάτων, η οποία φυσικά εφαρμόζεται σε διάφορα πεδία STEM. Ο μηχανικός σχεδιασμός παρέχει μια ευκαιρία για τον εντοπισμό διασταυρώσεων και τη δημιουργία συνδέσεων μεταξύ των κλάδων STEM, ένα αναγνωρισμένο κλειδί για την ολοκλήρωση του θέματος (Frykholm and Glasson, 2005; Barnett and Hodson, 2001).

Η ενσωμάτωση μιας προσέγγισης σχεδιασμού μηχανικού στην εκπαίδευση των επιστημών ενισχύει την εφαρμογή της επιστημονικής γνώσης και έρευνας, ενώ προσφέρει επίσης ένα αυθεντικό πλαίσιο για την εκμάθηση μαθηματικού συλλογισμού για τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων κατά τη διαδικασία σχεδιασμού. Τα Εννοιολογικά Πλαίσια για Νέα Πρότυπα Εκπαίδευσης Επιστημών στις Ηνωμένες Πολιτείες (Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας, 2012) συνιστά στους μαθητές σε όλα τα επίπεδα της τάξης K-12 να συμμετέχουν στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη επιστημονικών ερευνών και σχεδίων μηχανικής (σελ. 9). Η αναλυτική πτυχή της διαδικασίας μηχανικού σχεδιασμού επιτρέπει στους μαθητές να χρησιμοποιήσουν μαθηματικά και επιστημονική έρευνα στη δημιουργία και τη διεξαγωγή πειραμάτων για να ενημερώσουν τον εκπαιδευόμενο σχετικά με τη λειτουργία και την απόδοση πιθανών λύσεων σχεδιασμού πριν κατασκευαστεί ένα τελικό πρωτότυπο. Αυτή η προσέγγιση στον μηχανολογικό σχεδιασμό δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να βασιστούν στις εμπειρίες τους και προσφέρει ευκαιρίες για την κατασκευή νέων επιστημονικών και μαθηματικών γνώσεων μέσω ανάλυσης σχεδιασμού και επιστημονικής έρευνας.

Μπορούν να δοκιμάσουν την αναπτυσσόμενη επιστημονική τους γνώση και να την εφαρμόσουν σε πρακτικά προβλήματα, ενισχύοντας την κατανόησή τους για την επιστήμη και κεντρίζοντας το ενδιαφέρον τους για την επιστήμη καθώς αναγνωρίζουν την αλληλεπίδραση μεταξύ επιστήμης, μηχανικής και τεχνολογίας. Είμαστε πεπεισμένοι ότι η ενασχόληση με τις πρακτικές του μηχανικού σχεδιασμού είναι τόσο μέρος της εκμάθησης της επιστήμης όσο και η ενασχόληση με τις πρακτικές της επιστήμης» (σελ. 12).

Στην πρακτική της μηχανικής, ο μηχανικός σχεδιασμός και η επιστημονική έρευνα συμπλέκονται μέσω μιας πολύπλοκης διαδικασίας συμπεριφορών σχεδιασμού και επιστημονικού συλλογισμού (Purzer et al., 2015). Παρόλο που ο μηχανικός σχεδιασμός και η επιστημονική έρευνα έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά, συγκλίνουν με σημαντικούς τρόπους, ιδιαίτερα όσον αφορά την αναλογική συλλογιστική, η οποία χρησιμεύει ως γέφυρα πλοήγησης μεταξύ προβλημάτων και λύσεων και στην αντιμετώπιση της αβεβαιότητας ως αρχική συνθήκη που απαιτεί γνωστικούς πόρους (Purzer et al., 2015). Επιπλέον, τόσο ο μηχανικός σχεδιασμός όσο και η επιστημονική έρευνα δίνουν έμφαση στη βιωματική μάθηση. Ωστόσο, είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε ότι δεν μπορεί να διδαχθεί

αποτελεσματικά όλο το περιεχόμενο STEM χρησιμοποιώντας μια προσέγγιση που βασίζεται στον σχεδιασμό.

● **Επιστημονική Διερεύνηση**

Η εκμάθηση της επιστήμης μέσα σε ένα σχετικό πλαίσιο και η ικανότητα εφαρμογής της επιστημονικής γνώσης σε αυθεντικές καταστάσεις είναι απαραίτητα για τη γνήσια κατανόηση. Μια προσέγγιση βασισμένη στην έρευνα στη διδασκαλία απαιτεί από τους εκπαιδευτικούς να προωθούν και να μοντελοποιούν δεξιότητες επιστημονικής έρευνας, περιέργεια, δεκτικότητα σε νέες ιδέες και σκεπτικισμό, τα οποία είναι όλα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της επιστημονικής πρακτικής (Εθνικό Συμβούλιο Ερευνών, 1996, σ. 37). Η επιστημονική έρευνα εξοπλίζει τους μαθητές να σκέφτονται και να ενεργούν σαν πραγματικοί επιστήμονες, ενθαρρύνοντάς τους να κάνουν ερωτήσεις, να διατυπώνουν υποθέσεις και να συμμετέχουν σε έρευνες χρησιμοποιώντας τυπικές επιστημονικές πρακτικές. Ωστόσο, η εφαρμογή μιας προσέγγισης που βασίζεται στην έρευνα απαιτεί υψηλό επίπεδο γνώσεων και δέσμευσης τόσο από τους δασκάλους όσο και από τους μαθητές. Οι δάσκαλοι αισθάνονται συχνά κακώς προετοιμασμένοι λόγω έλλειψης προσωπικής εμπειρίας με αυθεντική επιστημονική έρευνα και έρευνα (Nadelson et al., 2012). Μπορεί να έχουν λανθασμένες αντιλήψεις σχετικά με την πρακτική διδασκαλία, εξισώνοντας λανθασμένα μια σειρά εργασιών και εργαστηριακών δραστηριοτήτων με την επιστημονική έρευνα. Ωστόσο, οι πρακτικές και διαδικαστικές πρακτικές δραστηριότητες δεν ισοδυναμούν με γνήσια επιστημονική έρευνα. Αντίθετα, η αληθινή επιστημονική έρευνα πρέπει να περιλαμβάνει εμπειρίες που βασίζονται σε κonstruktivistικές προσεγγίσεις στη μάθηση της επιστήμης (Εθνικό Συμβούλιο Ερευνών, 1996, σ. 13). Οι μαθητές μπορούν να γίνουν οδηγοί της δικής τους μάθησης όταν τους παρέχεται η ευκαιρία να διατυπώσουν τις δικές τους ερωτήσεις σχετικά με το επιστημονικό περιεχόμενο που διερευνούν. Η αποτελεσματική προετοιμασία των δασκάλων να καθοδηγήσουν μέσω της έρευνας απαιτεί τη βελτίωση της γνώσης του παιδαγωγικού περιεχομένου τους και τη συμμετοχή σε αυθεντικές επιστημονικές έρευνες και πρακτικές πειραματισμού. Οι Powell-Moman και Brown-Schild (2011) σημειώνουν ότι "οι συνεχείς εκπαιδευτικοί αποκομίζουν άμεσα οφέλη όταν οι συνεργασίες επιστημόνων-δασκάλων, που σχετίζονται με την επαγγελματική ανάπτυξη, χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη της γνώσης περιεχομένου

μαζί με την επιστημονική διαδικασία και τις ερευνητικές δεξιότητες μέσω της συνεργασίας σε ερευνητικά έργα". (σελ. 48).

● Τεχνολογικός Γραμματισμός

Η πλήρης κατανόηση του «Τ» στην εκπαίδευση STEM συχνά διαφεύγει από πολλούς εκπαιδευτικούς που περιορίζουν την προοπτική τους αποκλειστικά στη χρήση της εκπαιδευτικής τεχνολογίας για τη βελτίωση των εμπειριών μάθησης STEM (Cavanagh, 2008). Αυτοί οι εκπαιδευτικοί παραβλέπουν το γεγονός ότι η τεχνολογία περιλαμβάνει ένα σύνολο γνώσεων, δεξιοτήτων και πρακτικών. Ο όρος «τεχνολογία» φέρει διάφορες ερμηνείες, καθιστώντας τον σχεδόν άνευ πρακτικής σημασίας. Η περαιτέρω εξέταση των ορισμών της τεχνολογίας προσφέρει λίγη σαφήνεια στο θέμα (Barak, 2012). Ο Herschbach (2009) θέτει δύο κοινές απόψεις για την τεχνολογία: μια άποψη μηχανικής και μια προοπτική ανθρωπιστικών επιστημών. Η μηχανική άποψη, που συχνά αποκαλείται εργαλειακή προοπτική (Mitcham, 1994; Feenberg, 2006), εξισώνει την τεχνολογία με τη δημιουργία και τη χρήση υλικών αντικειμένων, δηλ. τεχνουργημάτων (σελ. 128). Αντίθετα, η ανθρωπιστική άποψη τονίζει τον ανθρώπινο σκοπό της τεχνολογίας ως απάντηση σε μια συγκεκριμένη ανθρώπινη προσπάθεια, προσθέτοντας βάθος στην κατανόηση της τεχνολογίας (Achterhuis, 2001, Mitcham, 1994). Η προοπτική των ανθρωπιστικών επιστημών αναγνωρίζει ότι η τεχνολογία φέρει αξίες (Feenberg, 2006) και, ως αποτέλεσμα, παρέχει διόδους για τη διερεύνηση των επιπτώσεων της στον πολιτισμό, την κοινωνία, την οικονομία, την πολιτική και το περιβάλλον (ITEA, 2000).

Ο Mitcham (1994) εδραιώνει αυτές τις απόψεις εντοπίζοντας τέσσερις διαφορετικούς τρόπους εννοιολόγησης της τεχνολογίας: ως (α) αντικείμενα, (β) γνώση, (γ) δραστηριότητες και (δ) βούληση. Συχνά, τα άτομα συνδέουν την τεχνολογία αποκλειστικά με αντικείμενα, περιορίζοντας την αντίληψή τους. Η υπέρβαση αυτής της περιορισμένης άποψης είναι απαραίτητη για τη διδασκαλία του STEM με ολοκληρωμένο τρόπο. Ο Mitcham ισχυρίζεται επίσης ότι η τεχνολογία περιλαμβάνει διακριτή και συγκεκριμένη γνώση, συνιστώντας έτσι έναν κλάδο. Χαρακτηρίζει την τεχνολογία ως μια διαδικασία που περιλαμβάνει δραστηριότητες όπως ο σχεδιασμός, η δημιουργία και η χρήση της τεχνολογίας. Η έννοια της τεχνολογίας ως βούλησης τονίζει ότι η ανθρώπινη βούληση οδηγεί την τεχνολογία,

ενσωματώνοντάς την στον πολιτισμό μας και καθοδηγούμενη από τις ανθρώπινες αξίες. Ο Herschbach (2009) υποστηρίζει ότι η τεχνολογία αξιοποιεί τη γνώση από διάφορους τομείς σπουδών. Ο DeVries (2011) στο Barak (2012) διακρίνει τη μηχανική από την τεχνολογία, τονίζοντας ότι η μηχανική επικεντρώνεται στην ανάπτυξη και παραγωγή τεχνολογίας, ενώ η ευρύτερη έννοια της τεχνολογίας περιλαμβάνει τη διάσταση του χρήστη. Οι τεχνολόγοι, περισσότερο από τους μηχανικούς, αντιμετωπίζουν τις ανθρώπινες ανάγκες, καθώς και οικονομικές, κοινωνικές, πολιτιστικές και περιβαλλοντικές πτυχές στην επίλυση προβλημάτων και στην ανάπτυξη νέων προϊόντων. Για να αντιμετωπίσει αυτές τις αποχρώσεις, ο Barak (2012) προτείνει τη διδασκαλία της μηχανικής και της τεχνολογίας μαζί σε ένα ενιαίο σχολικό μάθημα που ονομάζεται Εκπαίδευση Τεχνολογίας Μηχανικής (ETE).

Το 2000, η Διεθνής Ένωση Τεχνολογικής Εκπαίδευσης (ITEA) εισήγαγε τα Πρότυπα για τον Τεχνολογικό Γραμματισμό: Περιεχόμενο για τη Μελέτη της Τεχνολογίας (STL). Τα STL δημιουργήθηκαν για να περιγράψουν το περιεχόμενο που απαιτείται για τους μαθητές K-12 να γίνουν τεχνολογικά εγγράμματοι πολίτες τον εικοστό πρώτο αιώνα. Έχουν αναθεωρηθεί δύο φορές (ITEA, 2002, 2007) και περιλαμβάνουν πρότυπα αξιολόγησης μαθητών και επαγγελματικής ανάπτυξης (ITEA, 2003). Αυτά τα πρότυπα ορίζουν τις προσδοκίες περιεχομένου για τους βαθμούς K-12, προσφέροντας στους μαθητές την ευκαιρία να σκεφτούν κριτικά την τεχνολογία πέρα από το να την βλέπουν απλώς ως αντικείμενο. Με αυτόν τον τρόπο, οι μαθητές είναι έτοιμοι να γίνουν τεχνολογικά εγγράμματοι. Οι εκπαιδευτές STEM θα πρέπει να ενθαρρύνουν τους μαθητές να θεωρούν την τεχνολογία ως μοχλό αλλαγής με θετικές και αρνητικές επιπτώσεις στον πολιτισμό, την κοινωνία, την πολιτική, την οικονομία και το περιβάλλον.

● Μαθηματική Σκέψη

Η έρευνα έχει δείξει ότι οι μαθητές παρουσιάζουν υψηλότερα κίνητρα και αποδίδουν καλύτερα στις αξιολογήσεις περιεχομένου μαθηματικών όταν οι δάσκαλοι χρησιμοποιούν μια ολοκληρωμένη εκπαιδευτική προσέγγιση STEM. Μια πρόσφατη μελέτη αποκάλυψε ότι οι μαθητές πέτυχαν ανώτερα αποτελέσματα στις αξιολογήσεις περιεχομένου μετά τα μαθηματικά και παρουσίασαν αύξηση στις βαθμολογίες STEM όταν συμμετείχαν σε

μαθησιακές δραστηριότητες που ενσωματώνουν μηχανικό σχεδιασμό και ανάπτυξη πρωτοτύπων χρησιμοποιώντας τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης (Tillman et al., 2014). Ο Williams (2007) τόνισε ότι η διδασκαλία με βάση τα συμφραζόμενα προσδίδει νόημα στα μαθηματικά, καθώς «οι μαθητές θέλουν να ξέρουν όχι μόνο πώς να ολοκληρώσουν μια μαθηματική εργασία αλλά και γιατί πρέπει να μάθουν τα μαθηματικά εξαρχής. Θέλουν να μάθουν πώς σχετίζονται τα μαθηματικά τη ζωή τους» (σελ. 572). Η ενσωμάτωση πρακτικών STEM που περιλαμβάνουν μαθηματική ανάλυση απαραίτητη για την αξιολόγηση σχεδιαστικών λύσεων παρέχει το σκεπτικό για τους μαθητές να σπουδάσουν μαθηματικά και να αναγνωρίσουν τις συνδέσεις μεταξύ αυτού που μαθαίνουν στο σχολείο και των απαιτήσεων της σταδιοδρομίας STEM (Burghardt και Hacker, 2004).

Ωστόσο, είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε ότι δεν μπορεί να εφαρμοστεί εύκολα όλο το περιεχόμενο των μαθηματικών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στις προσεγγίσεις του μηχανικού σχεδιασμού. Ομοίως, οι μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης μπορεί να μην κατέχουν πάντα τη γνωστική ανάπτυξη που απαιτείται για τη δημιουργία συνδέσεων μεταξύ της μαθηματικής σκέψης και όλων των προβλημάτων μηχανικού σχεδιασμού.

6.3. Η Διδασκαλία Νευτώνειων Αρχών Φυσικής σε μαθητές Δημοτικού μέσω της Εκπαίδευσης STEM

Η κύρια εστίαση είναι στην πλήρη κατανόηση των απλών εννοιών της νευτώνειας φυσικής, οι οποίες χρησιμεύουν ως θεμελιώδεις μηχανικές συσκευές που είτε μειώνουν τη δύναμη που απαιτείται για την κίνηση ενός αντικειμένου είτε αλλάζουν την κατεύθυνση της ασκούμενης δύναμης. Στο πλαίσιο της εκπαίδευσης STEM, αυτές οι έννοιες παρέχουν στους νέους μαθητές μια βαθιά γνώση της πρακτικής εφαρμογής των αρχών της φυσικής στην καθημερινή τους ζωή.

Στόχοι :

Οι στόχοι του προγράμματος σπουδών κατασκευάζονται με σκοπό την ενίσχυση των νεαρών μαθητών στην:

- **Κατανόηση των Θεμελιωδών Αρχών της Νευτώνειας Φυσικής:** Οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να εξηγήσουν τις βασικές αρχές της Νευτώνειας φυσικής, περιλαμβανομένων των νόμων της κίνησης, του δευτέρου και του τρίτου νόμου του Νεύτωνα.
- **Εφαρμογή των Αρχών στην Πράξη:** Οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να εφαρμόσουν τις αρχές της Νευτώνειας φυσικής για την επίλυση προβλημάτων και την εξήγηση της κίνησης αντικειμένων.
- **Κατανόηση των Απλών Μηχανισμών:** Οι μαθητές θα πρέπει να αναγνωρίζουν και να κατανοούν τους απλούς μηχανισμούς που βασίζονται στις αρχές της Νευτώνειας φυσικής, όπως η διακύμανση, η δύναμη και η ενέργεια.
- **Εφαρμογή Απλών Μηχανισμών:** Οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να χρησιμοποιούν απλούς μηχανισμούς, όπως τον επιτράπεζιο μοχλό, τον ανακλινόμενο επίπεδο, την κατσαβίδα και τον τροχό, για την επίλυση πρακτικών προβλημάτων.
- **Ανάπτυξη Ικανοτήτων Σχεδιασμού:** Οι μαθητές θα πρέπει να αναπτύξουν ικανότητες σχεδιασμού λύσεων βασισμένες στη Νευτώνεια φυσική, λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις προβλημάτων και επιλέγοντας την κατάλληλη λύση.
- **Κατανόηση της Σημασίας της Νευτώνειας Φυσικής στη Τεχνολογία και την Κοινωνία:** Οι μαθητές θα πρέπει να κατανοούν τη σημασία της Νευτώνειας φυσικής στην τεχνολογική πρόοδο και την κοινωνία, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο οι αρχές αυτές επηρεάζουν την καθημερινή μας ζωή.

6.4. Πρότυπα Ακαδημαϊκών Επιστημών

Προτυπό 1

- 1.Επιστημονική Διερεύνηση: Το πρόγραμμα σπουδών ενθαρρύνει τους μαθητές να συμμετάσχουν στην επιστημονική έρευνα, χρησιμοποιώντας ποικίλες προσεγγίσεις για τη διερεύνηση φυσικών φαινομένων.
- 2.Εργαλεία και Μαθηματικά: Υπογραμμίζει τη σημασία των εργαλείων και των μαθηματικών για την ενίσχυση των επιστημονικών και τεχνικών προσπαθειών.

Πρότυπο 2

1. Μηχανική και Κοινωνία: Δίνει έμφαση στο ρόλο των μηχανικών στο σχεδιασμό και τη δημιουργία δομών, διαδικασιών και συστημάτων για την ενίσχυση της κοινωνικής ευημερίας.
2. Μηχανικός Σχεδιασμός: Υπογραμμίζει τη διαδικασία μηχανικού σχεδιασμού, που περιλαμβάνει τον εντοπισμό προβλημάτων, τη δημιουργία πολλαπλών λύσεων, την επιλογή της καλύτερης δυνατής λύσης.
3. Αντίκτυπος της κοινωνίας στην τεχνολογία: Ρίχνει φως στον τρόπο με τον οποίο οι κοινωνικές ανάγκες επηρεάζουν την ανάπτυξη και τη χρήση των τεχνολογιών.

Προτυπο 3

1. Επιστημονική Διερεύνηση: Ενθαρρύνει τους μαθητές να κάνουν κρίσιμες υποθέσεις, να χρησιμοποιούν κριτική και λογική σκέψη και να εξετάζουν εναλλακτικές εξηγήσεις.
2. Εργαλεία και Μαθηματικά: Προωθεί τη χρήση εργαλείων και μαθηματικών σε επιστημονικές και μηχανολογικές αναζητήσεις.
3. Δυνάμεις και κίνηση: Αναγνωρίζει ότι οι δυνάμεις που δρουν σε αντικείμενα επηρεάζουν την κίνησή τους, η οποία μπορεί να περιγραφεί ως προς την ταχύτητα και την κατεύθυνση.
4. Επιστημονικά πρότυπα επόμενης γενιάς

Επιστήμη και Μηχανικές Πρακτικές

1. Θέτοντας ερωτήσεις και ορίζοντας προβλήματα
2. Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων
3. Σχεδιασμός και Διεξαγωγή Ερευνών
4. Ανάλυση και Ερμηνεία Δεδομένων
5. Χρήση Μαθηματικών και Υπολογιστικής Σκέψης
6. Κατασκευή Επεξηγήσεων και Σχεδιασμός Λύσεων
7. Συμμετοχή σε Επιχείρημα από Αποδείξεις

8. Λήψη, αξιολόγηση και επικοινωνία πληροφοριών
9. Διατομεακές Έννοιες

Μοτίβα

- Αιτία και αποτέλεσμα: Μηχανισμός και Εξήγηση
- Κλίμακα, αναλογία και ποσότητα
- Συστήματα και Μοντέλα Συστημάτων
- Ενέργεια και ύλη: Ροές, κύκλοι και διατήρηση
- Δομή και Λειτουργία
- Σταθερότητα και Αλλαγή

Εκπαιδευτικό Υλικό

Το σχέδιο μαθήματος περιλαμβάνει διάφορα βασικά στοιχεία για μια διεγερτική μαθησιακή εμπειρία. Αυτά περιλαμβάνουν κύρια αντίγραφα φύλλων εργασίας, υλικά σταθμών, όπως απλά φύλλα εργασίας σταθμών της μηχανικής, φύλλα εργασίας σχεδίασης δυνάμεων και άλλα διδακτικά στοιχεία που είναι προσεκτικά ενσωματωμένα στο πρόγραμμα σπουδών.

Η Μελέτη των Απλών Μηχανών

Η μελέτη της Νευτώνειας μηχανικής αποτελεί έναν σημαντικό τομέα της φυσικής που ασχολείται με την κίνηση, τη δύναμη και την αλληλεπίδραση αντικειμένων. Οι Νόμοι της Νεύτωνα, που αναπτύχθηκαν από τον Σερ Ισαάκ Νεύτωνα, αποτελούν τη βάση αυτής της μηχανικής και προσφέρουν μια εμβληματική προσέγγιση για την κατανόηση της κίνησης και της δυναμικής στον φυσικό κόσμο. Η μελέτη αυτή περιλαμβάνει την ανάλυση της κίνησης αντικειμένων, την εκτίμηση των δυνάμεων που επηρεάζουν και την πρόβλεψη της συμπεριφοράς τους. Οι Νόμοι των Νευτώνων περιλαμβάνουν τον Νόμο της Διατήρησης της Ορμής, τον Νόμο του Β' Νόμου της Νευτώνας και τον Νόμο του Γ' Νόμου της

Νευτώνας, που καθορίζουν πώς τα αντικείμενα αντιδρούν στις δυνάμεις και τις αλλαγές της κίνησης τους. Η Νευτώνεια μηχανική έχει εφαρμογές σε πολλούς τομείς, όπως η μηχανική, η αεροναυτική, η αυτοκινητοβιομηχανία και η υδροδυναμική. Κατανοώντας αυτούς τους νόμους και τις αρχές, οι μηχανικοί μπορούν να σχεδιάσουν και να δημιουργήσουν προϊόντα και συστήματα που λειτουργούν αποτελεσματικά και ασφαλώς.

Η μελέτη της Νευτώνειας μηχανικής αποτελεί βασικό στοιχείο της επιστημονικής έρευνας και της τεχνολογικής προόδου, προσφέροντας μια βαθύτερη αντίληψη για τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί ο φυσικός κόσμος και πώς μπορούμε να τον εκμεταλλευτούμε για την καλύτερη εξυπηρέτηση των αναγκών μας.

Διαδικασία

Πρόγραμμα Σπουδών: Εισαγωγή στις Αρχές της Νευτώνειας Μηχανικής

Στάδιο 1: Εισαγωγή στη Νευτώνεια Μηχανική

Εβδομάδα 1-2

- Εισαγωγή στη Νευτώνεια μηχανική και τη σημασία της στη φυσική.
- Βιογραφία του Σερ Ισαάκ Νεύτωνα και η συμβολή του στον τομέα της επιστήμης.
- Βασικοί όροι και έννοιες: κίνηση, δύναμη, ορμή, μάζα.

Στάδιο 2: Οι Νόμοι της Νευτώνα

Εβδομάδα 3-5

- Κατανόηση του Νόμου της Διατήρησης της Ορμής και των επιπτώσεων του στην κίνηση των αντικειμένων.
- Ανάλυση του Νόμου του Β' Νόμου της Νευτώνα και της σχέσης μεταξύ δύναμης, μάζας και επιτάχυνσης.
- Εφαρμογές των Νόμων της Νευτώνα σε καθημερινά παραδείγματα.

Στάδιο 3: Ανάλυση των Απλών Μηχανικών

Εβδομάδα 6-8

- Εισαγωγή στις απλές μηχανικές (π.χ., ελατήριο, κατσαβίδι, καταρράκτης).
- Κατανόηση της λειτουργίας των απλών μηχανικών και των δυνάμεων που ασκούν.
- Πρακτικές εφαρμογές: κατασκευή απλών μηχανικών συσκευών.

Στάδιο 4: Εφαρμογή των Αρχών σε Έργα Μηχανικής

Εβδομάδα 9-12

- Εφαρμογή των αρχών της Νευτώνα μηχανικής σε μηχανικά έργα και κατασκευές.
- Σχεδιασμός και δημιουργία μηχανικών προτάσεων χρησιμοποιώντας τους Νόμους της Νευτώνα.
- Παρουσίαση των έργων στην τάξη και συζήτηση σχετικά με τις μηχανικές στην καθημερινή ζωή.

Στάδιο 5: Αξιολόγηση και Ολοκλήρωση

Εβδομάδα 13-14

- Αξιολόγηση της κατανόησης των μαθητών σχετικά με τις Νευτώνειας μηχανικής αρχής μέσω ερωτήσεων και εργασιών.
- Συζήτηση των προκλήσεων και των ευκαιριών που προσφέρει η μηχανική στη σύγχρονη κοινωνία.
- Ολοκλήρωση του προγράμματος με αξιολόγηση των επιτευγμάτων των μαθητών.

Συνοπτικά, αυτό το ακαδημαϊκό κείμενο περιγράφει μια εκπαιδευτική προσέγγιση βασισμένη στο STEM για τη διδασκαλία των αρχών της Νευτώνειας φυσικής σε μαθητές δημοτικού μέσω μιας εξερεύνησης απλών μηχανών. Υπογραμμίζει τη σημασία των

μηχανικών αντικειμένων για την ενίσχυση των ανθρώπινων ικανοτήτων, δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να κατανοήσουν τη λειτουργία απλών μηχανών και τους ενθαρρύνει να αναγνωρίσουν τις διασυνδέσεις μεταξύ εξαρτημάτων μέσα σε ανθρωπογενή αντικείμενα. Ακολουθώντας ένα καλά δομημένο πρόγραμμα σπουδών που τηρεί τα ακαδημαϊκά πρότυπα και ενσωματώνει εμπειρίες πρακτικής μάθησης, οι μαθητές είναι κατάλληλα εξοπλισμένοι για να κατανοήσουν τις θεμελιώδεις αρχές που διέπουν τις λειτουργίες των μηχανών, όπως παραδειγματίζονται σε αυτό το πλαίσιο από τη ναυτιλιακή βιομηχανία στη λίμνη Superior. Αυτή η παιδαγωγική προσέγγιση όχι μόνο καλλιεργεί την επιστημονική διερεύνηση, αλλά επίσης καλλιεργεί την κριτική σκέψη και τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων, προετοιμάζοντας τους μαθητές να ενημερωθούν και να εμπλακούν σε συμμετέχοντες στον κόσμο του STEM.

Κεφάλαιο 7: Βιβλιογραφική Έρευνα

Στην ερευνητική τους εργασία με τίτλο «Teaching Astronomy in Secondary Schools in the Context of the STEM4you(th) Research Program», οι Πάνου, Στεφανίδης και Κασουτάς (2018) παρουσίασαν δέκα διδακτικά σενάρια για την επιστήμη της Αστρονομίας, τα οποία στόχευαν τόσο σε τυπικά όσο και σε άτυπη εκπαίδευση μαθητών που συμμετέχουν στο ευρωπαϊκό πρόγραμμα STEM4you(th). Οι συγγραφείς υιοθέτησαν μια προσέγγιση διδασκαλίας STEM για κάθε σενάριο, η οποία συνδύαζε στοιχεία «ανακαλυπτικής» μάθησης με τον «κονστρουκτιβισμό». Το διδακτικό υλικό αποτελούνταν από διάφορα στοιχεία, συμπεριλαμβανομένων των φύλλων δραστηριοτήτων, κατασκευών, προσομοιώσεων, αφήγησης και λογισμικού, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τη βελτίωση της μαθησιακής εμπειρίας των μαθητών.

Τα σενάρια διδασκαλίας που σχεδίασαν οι Πάνου κ.α. (2018) προσαρμόστηκαν για να ταιριάζουν στα διαφορετικά εκπαιδευτικά επίπεδα των συμμετεχόντων μαθητών, από το δημοτικό έως το γυμνάσιο. Η διδακτική προσέγγιση STEM που χρησιμοποιήθηκε σε κάθε σενάριο είχε στόχο να ενθαρρύνει τους μαθητές να αναλάβουν ενεργό ρόλο στη μαθησιακή τους διαδικασία και να αναπτύξουν τις δεξιότητές τους επίλυσης προβλημάτων και κριτικής

σκέψης. Υιοθετώντας μια κονστρουκτιβιστική προσέγγιση, οι μαθητές ενθαρρύνθηκαν να χρησιμοποιήσουν τις προηγούμενες γνώσεις και τις εμπειρίες τους για να οικοδομήσουν νέα γνώση, οδηγώντας σε μια βαθύτερη κατανόηση των επιστημονικών εννοιών και αρχών της Αστρονομίας. Η χρήση προσομοιώσεων, λογισμικού και άλλου διαδραστικού διδακτικού υλικού στόχευε στη δημιουργία ενός καθηλωτικού μαθησιακού περιβάλλοντος που θα έκανε το θέμα πιο ελκυστικό και αξιόχαστο στους μαθητές.

Στα αποτελέσματα της μελέτης τους για τη διδασκαλία της αστρονομίας σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στο πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος STEM4you(th). Τα μαθήματα σχεδιάστηκαν για να εξοπλίσουν τους φοιτητές με δεξιότητες απαραίτητες για τη σύγχρονη αγορά εργασίας, όπως η επιστημονική σκέψη και η δημιουργικότητα, και να τους βοηθήσουν να επιλέξουν σπουδές και σταδιοδρομία που σχετίζονται με θέματα STEM. Η διδακτική προσέγγιση χρησιμοποίησε έναν συνδυασμό μάθησης «ανακάλυψης» και «κονστρουκτιβισμού» και περιλάμβανε μια σειρά υλικών, όπως φύλλα δραστηριοτήτων, κατασκευές, προσομοιώσεις, αφήγηση ιστοριών και λογισμικό. Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα των μαθημάτων ήταν η διαθεσιμότητά τους σε κάθε χρήστη του διαδικτύου μέσω της διαδραστικής διαδικτυακής πλατφόρμας OLCMS. Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκαν τα λογισμικά «n Learning Conte», «nt Manage», «me», «nt Syste» και «m» και διευκόλυναν την εύκολη πρόσβαση στο διδακτικό υλικό. Η δομή και η φιλοσοφία των σεναρίων διδασκαλίας παρουσιάστηκαν στο λεπτομέρεια, μαζί με τα αποτελέσματα της εφαρμογής τους σε μονάδες δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Η μελέτη έδειξε ότι τα μαθήματα ήταν αποτελεσματικά στην καλλιέργεια δεξιοτήτων και ενδιαφέροντος για την αστρονομία μεταξύ των μαθητών, ενώ παράλληλα τους προετοίμαζαν για σπουδές και σταδιοδρομία που σχετίζονται με το STEM.

Στη μελέτη τους με τίτλο «Εφαρμογή μιας εκπαιδευτικής πλατφόρμας δύο τροχών για εφαρμογές STEM», οι Μαυροβουνιώτη, Χατζόπουλος, Παπουτσιδάκης και Δρόσος (2018) εστίασαν στην ανάπτυξη ενός εκπαιδευτικού ρομπότ με δύο τροχούς ειδικά σχεδιασμένο για παιδιά προσχολικής ηλικίας. Ο κύριος στόχος αυτού του έργου ήταν να δημιουργηθεί μια κατασκευή που θα επέτρεπε στα παιδιά να αλληλεπιδρούν με το ρομπότ χρησιμοποιώντας μονάδες εισόδου, όπως μια οθόνη αφής και ένα πληκτρολόγιο. Επιπλέον, το ρομπότ ήταν εξοπλισμένο με αισθητήρες ήχου και φωτός, επιτρέποντας στα παιδιά να ασχοληθούν μαζί του μέσω ακουστικών και οπτικών ενδείξεων. Ο πρωταρχικός στόχος αυτής της κατασκευής ήταν να εισαγάγει τα μικρά παιδιά στις θεμελιώδεις έννοιες της

μηχανικής, χρησιμοποιώντας οπτικά βοηθήματα, φως και ήχο αντί να βασίζονται στις δεξιότητες ανάγνωσης.

Πριν παρουσιάσουν την πρακτική εφαρμογή του δίτροχου εκπαιδευτικού ρομπότ, οι Μαυροβουνιώτη κ.α. (2018) παρείχε ένα ολοκληρωμένο θεωρητικό πλαίσιο. Αυτό το πλαίσιο ανέλυσε τη φύση της Μηχανικής και τις διάφορες διαστάσεις της, ενώ εξέτασε και τον ρόλο της εκπαίδευσης σε αυτόν τον τομέα. Οι συγγραφείς διερεύνησαν περαιτέρω την ανάπτυξη της μηχανικής και τόνισαν τα θετικά αποτελέσματα που προκύπτουν από την ένταξή της στην εκπαίδευση. Ο πρωταρχικός στόχος της μελέτης ήταν να καταδείξει τα πιθανά οφέλη και την εκπαιδευτική αξία της χρήσης της Μηχανικής ως εργαλείου διδασκαλίας, ιδιαίτερα για παιδιά προσχολικής ηλικίας. Συνδυάζοντας θεωρητικές γνώσεις με πρακτική εφαρμογή, οι ερευνητές στόχευαν να συμβάλουν στην πρόοδο της εκπαίδευσης STEM στην πρώιμη παιδική ηλικία.

Οι Κατσουρός κ.ά. (2018) διεξήγαγε μια μελέτη με επίκεντρο τη μάθηση STEAM χρησιμοποιώντας έναν διαδικτυακό διαδραστικό πάγκο εργασίας για δραστηριότητες μουσικής επιστήμης. Στόχος της έρευνάς τους ήταν η εισαγωγή ενός καινοτόμου παιδαγωγικού πλαισίου που ενσωματώνει τις αρχές του STEAM και η ανάπτυξη ενός διαδικτυακού πάγκου εργασίας εξοπλισμένου με προηγμένα περιβάλλοντα δραστηριοτήτων και βασικές τεχνολογίες για διαδραστικές δραστηριότητες μουσικής επιστήμης. Το γενικό παιδαγωγικό πλαίσιο αποσκοπούσε στη διευκόλυνση της απόκτησης βασικού ακαδημαϊκού περιεχομένου σε θέματα STEM μεταξύ των μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ενισχύοντας παράλληλα τη δημιουργικότητα και τις βαθύτερες δεξιότητες μάθησης μέσω της ενασχόλησης με μουσικές δραστηριότητες.

Για να επιτύχουν τον στόχο τους, οι ερευνητές εισήγαγαν νέες μεθοδολογίες και καινοτόμες τεχνολογίες για την υποστήριξη ενεργών, βασισμένων στην ανακάλυψη, συνεργατικών, εξατομικευμένων και ελκυστικών εμπειριών μάθησης. Ο πάγκος εργασίας περιλάμβανε διάφορα περιβάλλοντα δραστηριότητας και εργαλεία, όπως ένα τρισδιάστατο περιβάλλον για το σχεδιασμό εικονικών μουσικών οργάνων, προηγμένες τεχνολογίες παραγωγής και επεξεργασίας μουσικής για την εφαρμογή και ερμηνεία σχετικών αρχών της φυσικής και των μαθηματικών, δυνατότητες πολυτροπικής αλληλεπίδρασης για συνδημιουργία μουσικής και προηγμένα περιβάλλοντα για εκτέλεση εργασιών μαθηματικών και γεωμετρίας. Η εκπαιδευτική ανάπτυξη του πάγκου εργασίας βασίστηκε

σε μια σειρά διεπιστημονικών εκπαιδευτικών σεναρίων βασισμένων σε έργα και έρευνας για το STEAM, ενσωματώνοντας καινοτόμες μεθόδους διδασκαλίας και μάθησης.

Ο πάγκος εργασίας εφαρμόστηκε πιλοτικά και αξιολογήθηκε σε πραγματικά πλαίσια μάθησης σε σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε τρεις ευρωπαϊκές χώρες, επιτρέποντας την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς του και την πρακτική εφαρμογή του. Μέσω αυτής της έρευνας οι Κατσουρός κ.α. (2018) είχε ως στόχο να συμβάλει στην πρόοδο της εκπαίδευσης STEAM παρέχοντας σε εκπαιδευτικούς και μαθητές μια δυναμική και διαδραστική πλατφόρμα που συνδυάζει τη μουσική, την επιστήμη και την τεχνολογία με συνεργιστικό τρόπο.

Οι Basar, Zulkarnain, Razik και Zakaria (2020) διεξήγαγαν μια μελέτη για να αξιολογήσουν την αποτελεσματικότητα ενός κιτ εκμάθησης εφαρμογών Electrical STEM. Οι ερευνητές είχαν ως στόχο να συγκρίνουν τα αποτελέσματα της παραδοσιακής προσέγγισης που βασίζεται σε διαλέξεις με μια πρακτική μέθοδο μάθησης όσον αφορά την ενίσχυση του ενδιαφέροντος των μαθητών για τα θέματα STEM. Τα ευρήματα έδειξαν ότι η συμβατική προσέγγιση είχε περιορισμένη αποτελεσματικότητα στην ενθάρρυνση της εμπλοκής των μαθητών στους κλάδους STEM, ενώ η μέθοδος πρακτικής μάθησης, με έμφαση στον ψυχοκινητικό τομέα, αποδείχθηκε πιο αποτελεσματική στην προώθηση μιας βαθύτερης και σαφέστερης κατανόησης.

Ο πρωταρχικός στόχος αυτής της ερευνητικής εργασίας είναι να διερευνήσει τη μοναδική προσέγγιση που εφαρμόζεται μέσω της χρήσης του εκπαιδευτικού κιτ, με σκοπό την ενίσχυση της κατανόησης των θεμελιωδών θεμάτων και εννοιών στην ηλεκτρική επιστήμη. Διερευνώντας τον αντίκτυπο του κιτ εκμάθησης, η μελέτη συνεισφέρει πολύτιμες γνώσεις που μπορούν να ενημερώσουν την ανάπτυξη και τη βελτίωση κιτ STEM υψηλής ποιότητας για μαθητές. Τα αποτελέσματα της έρευνας επηρέασαν τη συνεχιζόμενη διαδικασία ανάπτυξης του κιτ μάθησης, εμπνέοντας νέες ιδέες για τη δημιουργία ενός εκπαιδευτικού πόρου που εμπλέκει και υποστηρίζει αποτελεσματικά τους μαθητές STEM (Basar, Zulkarnain, Razik, & Zakaria, 2020).

Οι Χατζόπουλος, Παπουτσιδάκης και Καλογιαννάκης (2018) παρουσίασαν την εργασία τους με τίτλο «Ανάπτυξη ρομποτικής πλατφόρμας χαμηλού κόστους, βασισμένη στην αξιοποίηση ευρημάτων έρευνας δράσης για την εκπαίδευση STEM και την Εκπαιδευτική Ρομποτική». Οι ερευνητικές τους προσπάθειες επικεντρώθηκαν στο

σχεδιασμό, τη δημιουργία και την ενσωμάτωση μιας προσιτής ρομποτικής πλατφόρμας υλικού και λογισμικού, χρησιμοποιώντας ανοιχτή τεχνολογία, για τη διευκόλυνση της εφαρμογής του STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Σε αυτή την πρόταση, ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη της πλατφόρμας επικεντρώνονται γύρω από τους εκπαιδευόμενους, λαμβάνοντας υπόψη τις απόψεις και τις παρατηρήσεις τους, ενσωματώνοντας παράλληλα τις ανάγκες και τις απαιτήσεις των εκπαιδευτικών.

Μια βασική πτυχή του σχεδιασμού της πλατφόρμας περιστρέφεται γύρω από τη συνδεσιμότητα της μέσω του διαδικτύου, δημιουργώντας ένα δίκτυο όπου οι χρήστες, συμπεριλαμβανομένων των δασκάλων και των μαθητών, μπορούν να αλληλεπιδρούν με εκπαιδευτικά ρομπότ και να συμμετέχουν σε διάφορες δραστηριότητες STEM. Ενσωματώνοντας την τεχνολογία με την εκπαιδευτική ρομποτική και υιοθετώντας μια ανοιχτή προσέγγιση, αυτή η πρόταση στοχεύει να προσφέρει ένα προσβάσιμο και χωρίς αποκλεισμούς περιβάλλον μάθησης που ανταποκρίνεται στις ανάγκες και τα ενδιαφέροντα τόσο των εκπαιδευτικών όσο και των μαθητών. Η ανάπτυξη της πλατφόρμας βασίζεται στα ευρήματα της έρευνας δράσης και καθοδηγείται από τον στόχο της προώθησης της εκπαίδευσης STEAM (Χατζόπουλος, Παπουτσιδάκης, & Καλογιαννάκης, 2018).

Ο Colakoglu (2016) παρουσίασε μια εις βάθος ανάλυση των εφαρμογών STEM σε σχολεία Φυσικών Επιστημών, εστιάζοντας στην ίδρυση και ανάπτυξη Επιστημονικών Λυκείων στην Τουρκία. Η ιδέα της δημιουργίας αυτών των εξειδικευμένων ιδρυμάτων συζητήθηκε σε ένα πρόγραμμα συνεργασίας στο οποίο συμμετείχαν το Υπουργείο Εθνικής Παιδείας (MoNE), το Ίδρυμα Ford, το Τεχνικό Πανεπιστήμιο Μέσης Ανατολής (METU), το Πανεπιστήμιο της Άγκυρας και η Διεθνής Υπηρεσία Ανάπτυξης (AID) αρχές της δεκαετίας του 1960. Στην Άγκυρα, το έργο του Science High School έλαβε χρηματοδότηση και τεχνική υποστήριξη από τις Ηνωμένες Πολιτείες, με την ενεργό συμμετοχή του Florida State University, METU και του Πανεπιστημίου της Άγκυρας.

Οι οργανωτικοί στόχοι των Φυσικών Λυκείων ήταν τριπλοί. Πρώτον, είχαν ως στόχο να ενισχύσουν τις ικανότητες και τη νοημοσύνη των μαθητών στον τομέα της επιστήμης. Δεύτερον, επεδίωξαν να αυξήσουν τον αριθμό του ειδικευμένου προσωπικού στην τριτοβάθμια εκπαίδευση και τη βιομηχανία. Τέλος, στόχευαν στην ενίσχυση της επιστημονικής γνώσης και στην προώθηση της έρευνας και ανάπτυξης διευρύνοντας τη

διαθεσιμότητα εργαστηριακών εγκαταστάσεων. Για να εξασφαλίσει την επιτυχία του έργου, το MoNE ίδρυσε τη «Συμβουλευτική Επιτροπή Έργου για το Γυμνάσιο Επιστημών», που αποτελείται από έξι μέλη από το Πανεπιστήμιο της Άγκυρας και τέσσερα μέλη από το METU. Αυτή η επιτροπή διαδραμάτισε καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του προγράμματος σπουδών των φυσικών επιστημών και στην επιλογή 30 καθηγητών από διάφορους κλάδους, συμπεριλαμβανομένων των Μαθηματικών, της Χημείας, της Φυσικής και της Βιολογίας, μέσω γραπτών και προφορικών εξετάσεων που διενεργήθηκαν σε εθνικό επίπεδο.

Επιλεγμένοι καθηγητές φυσικών επιστημών έλαβαν εξειδικευμένη κατάρτιση στις αξιολογήσεις θεμάτων και τους δόθηκαν ευκαιρίες να μελετήσουν την ανάπτυξη προγραμμάτων σπουδών σε πανεπιστήμια στις Ηνωμένες Πολιτείες. Αυτό το άρθρο εξετάζει διεξοδικά την ανάπτυξη και τις καινοτόμες δραστηριότητες των Φυσικών Λυκείων, δίνοντας έμφαση στα έργα STEM και το όραμα για την ενίσχυση της εκπαίδευσης STEM όχι μόνο στην Τουρκία αλλά και σε άλλες ανεπτυγμένες χώρες. Η ίδρυση αυτών των εξειδικευμένων ιδρυμάτων και οι συνεχείς προσπάθειες για τη βελτίωση της εκπαίδευσης STEM αντικατοπτρίζουν τη δέσμευση της Τουρκίας για την προώθηση της επιστημονικής γνώσης και την προετοιμασία ενός ειδικευμένου εργατικού δυναμικού για το μέλλον (Colakoglu, 2016).

Οι Hsu, Abelson, Lao και Chen (2021) διεξήγαγαν μια ολοκληρωμένη μελέτη για να διερευνήσουν τη δυνατότητα διδασκαλίας των εφαρμογών AI-STEAM σε νεαρούς μαθητές μέσω βιοματικής μάθησης. Η έρευνα είχε στόχο να αξιολογήσει την αποτελεσματικότητα της χρήσης της πλατφόρμας MIT App Inventor και του εργαλείου Personal Image Classifier (PIC) σε διεπιστημονικές εφαρμογές. Ο εκπαιδευτικός σχεδιασμός επικεντρώθηκε στην ενσωμάτωση του εργαλείου PIC στη διεπιστημονική μάθηση STEAM, η οποία περιλαμβάνει Επιστήμες, Τεχνολογία, Μηχανική, Τέχνη και Μαθηματικά, με στόχο την παροχή βιώσιμου και κατάλληλου εκπαιδευτικού περιεχομένου βασισμένου στη θεωρία βιοματικής μάθησης για μαθητές γυμνασίου.

Για να αξιολογηθεί ο αντίκτυπος του μαθήματος AI-STEAM με ένα πλαίσιο βιοματικής μάθησης, η μελέτη μέτρησε διάφορες βασικές έννοιες, όπως η λογική προγραμματισμού, οι ηλεκτρομηχανικές έννοιες, ο σχεδιασμός διεπαφής και οι εφαρμογές αναγνώρισης εικόνας. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντικές βελτιώσεις στη μαθησιακή

απόδοση μεταξύ των μαθητών, ιδιαίτερα σε δύο τομείς: τις ηλεκτρομηχανικές έννοιες και τη γνώση αναγνώρισης εικόνας. Αυτά τα ευρήματα επιβεβαίωσαν ότι το μάθημα AI-STEAM δεν ήταν υπερβολικά προκλητικό για τους νεαρούς μαθητές.

Επιπλέον, η μελέτη παρείχε πολύτιμες γνώσεις για την ανάπτυξη ενός βιώσιμου μαθήματος AI-STEAM, λαμβάνοντας υπόψη σημαντικούς παράγοντες όπως η ενεργητική μάθηση και η αυτό-αποτελεσματικότητα. Η έρευνα έδειξε ότι αυτοί οι παράγοντες έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στη διευκόλυνση επιτυχών μαθησιακών εμπειριών. Με βάση τα ευρήματα της μελέτης, έγιναν συστάσεις για την ενίσχυση της βιωσιμότητας του μαθήματος AI-STEAM, διασφαλίζοντας ότι οι μικροί μαθητές μπορούν να ασχοληθούν αποτελεσματικά με την τεχνητή νοημοσύνη και να μάθουν για αυτήν. Ενσωματώνοντας αρχές βιοματικής μάθησης και λαμβάνοντας υπόψη βασικούς παράγοντες, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να σχεδιάσουν και να εφαρμόσουν μαθήματα AI-STEAM που ενισχύουν ουσιαστικές και αποτελεσματικές μαθησιακές εμπειρίες (Hsu, Abelson, Lao, & Chen, 2021).

Συμπεράσματα

Η εκπαίδευση STEM θεωρείται κρίσιμο συστατικό για την προετοιμασία των μαθητών για μελλοντικές σταδιοδρομίες στους τομείς της επιστήμης, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών. Μέσα από πρακτικές μαθησιακές εμπειρίες, οι μαθητές μπορούν να αποκτήσουν τις απαραίτητες γνώσεις και δεξιότητες για να διαπρέψουν σε αυτούς τους τομείς. Ένας συγκεκριμένος τομέας στην εκπαίδευση STEM είναι η διδασκαλία των εννοιών της Νευτώνειας μηχανικής χρησιμοποιώντας «Απλές Μηχανές». Η χρήση των «Απλών Μηχανών» στη διδασκαλία των εννοιών της Νευτώνειας μηχανικής έχει αποδειχθεί ότι είναι ένας αποτελεσματικός και συναρπαστικός τρόπος εισαγωγής των μαθητών στο αντικείμενο. Χρησιμοποιώντας κοινά, καθημερινά αντικείμενα, όπως τροχαλίες, μοχλούς και ράμπες, οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν καλύτερα τις βασικές αρχές της φυσικής και της μηχανικής. Επιπλέον, η πρακτική φύση αυτής της μεθόδου διδασκαλίας μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση της διατήρησης και της εφαρμογής των εννοιών που μαθαίνουν οι μαθητές.

Πρώτον, η ενσωμάτωση των «Απλών Μηχανών» στη διδασκαλία των εννοιών της Νευτώνειας μηχανικής ενισχύει την κατανόηση και τη δέσμευση των μαθητών. Χρησιμοποιώντας πρακτικές δραστηριότητες και πειράματα με απλές μηχανές όπως τροχαλίες, μοχλούς και κεκλιμένα επίπεδα, οι μαθητές μπορούν να οπτικοποιήσουν και να βιώσουν τις αρχές της Νευτώνειας μηχανικής σε δράση. Αυτή η βιωματική μαθησιακή προσέγγιση επιτρέπει στους μαθητές να συνδέσουν αφηρημένες έννοιες με εφαρμογές του πραγματικού κόσμου, κάνοντας τη μαθησιακή διαδικασία πιο ουσιαστική και αξέχαστη.

Δεύτερον, η διδασκαλία της Νευτώνειας μηχανικής με «Απλές Μηχανές» προάγει την κριτική σκέψη και τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων. Οι μαθητές ενθαρρύνονται να αναλύσουν και να λύσουν προβλήματα που σχετίζονται με δυνάμεις, κίνηση και ενέργεια χρησιμοποιώντας τις αρχές της Νευτώνειας μηχανικής. Αυτή η ενεργή δέσμευση σε εργασίες επίλυσης προβλημάτων προάγει την ανάπτυξη της αναλυτικής σκέψης, του λογικού συλλογισμού και της δημιουργικότητας, οι οποίες είναι κρίσιμες δεξιότητες για την επιτυχία στους τομείς STEM και όχι μόνο.

Επιπλέον, η ενσωμάτωση των «Απλών Μηχανών» στη διδασκαλία των εννοιών της Νευτώνειας μηχανικής υποστηρίζει τη διεπιστημονική μάθηση. Οι μαθητές όχι μόνο αποκτούν γνώση των αρχών της φυσικής αλλά και αναπτύσσουν μια κατανόηση των εννοιών της μηχανικής και της τεχνολογίας. Μαθαίνουν να αναγνωρίζουν και να σχεδιάζουν απλές μηχανές για την εκτέλεση συγκεκριμένων εργασιών, εξερευνώντας τις συνδέσεις μεταξύ της φυσικής, της μηχανικής και των πρακτικών εφαρμογών.

Επιπλέον, η διδασκαλία της Νευτώνειας μηχανικής με «Απλές Μηχανές» καλλιεργεί ένα πρακτικό περιβάλλον μάθησης που βασίζεται στην έρευνα. Οι μαθητές ενθαρρύνονται να εξερευνήσουν και να πειραματιστούν με διαφορετικές διαμορφώσεις απλών μηχανών για να παρατηρήσουν σχέσεις αιτίου-αποτελέσματος. Αυτή η διαδικασία δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να κατασκευάσουν ενεργά τις γνώσεις τους, να κάνουν ερωτήσεις, να κάνουν προβλέψεις και να εξάγουν συμπεράσματα, ενθαρρύνοντας τη βαθύτερη κατανόηση των υποκείμενων επιστημονικών αρχών.

Συμπερασματικά, η ενσωμάτωση των «Απλών Μηχανών» στη διδασκαλία των εννοιών της Νευτώνειας μηχανικής στην εκπαίδευση STEM έχει πολλά οφέλη. Ενισχύει τη συμμετοχή των μαθητών, προωθεί την κριτική σκέψη και τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων, υποστηρίζει τη διεπιστημονική μάθηση και καλλιεργεί ένα πρακτικό

περιβάλλον μάθησης που βασίζεται στην έρευνα. Υιοθετώντας αυτήν την προσέγγιση, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να μεταφέρουν αποτελεσματικά τις θεμελιώδεις έννοιες της Νευτώνειας μηχανικής, εμπνέοντας τους μαθητές να αναπτύξουν ένα πάθος για τα θέματα STEM και ενθαρρύνοντάς τους να ακολουθήσουν περαιτέρω σπουδές και σταδιοδρομία σε συναφείς τομείς.

- **Μελλοντική έρευνα**

Δεδομένων των ραγδαίων εξελίξεων στην εκπαίδευση STEAM τόσο στην Ελλάδα όσο και διεθνώς, είναι δύσκολο να δημιουργηθεί μια πλήρης και ολοκληρωμένη εικόνα των πιθανών θεμάτων σε αυτόν τον τομέα. Το τοπίο των περιβαλλόντων και των εφαρμογών STEM/STEAM εξελίσσεται συνεχώς, καθιστώντας δύσκολη την ποσοτικοποίηση του ακριβούς αριθμού τους. Η δυναμική φύση του πεδίου και το ευρύ φάσμα των δυνατοτήτων που προσφέρει το καθιστούν έναν συναρπαστικό και ζωντανό τομέα εκπαιδευτικής έρευνας και πρακτικής.

Η διεπιστημονική φύση της εκπαίδευσης STEAM, που συνδυάζει την επιστήμη, την τεχνολογία, τη μηχανική, τις τέχνες και τα μαθηματικά, παρουσιάζει μια τεράστια γκάμα πιθανών θεμάτων και περιοχών εξερεύνησης. Από τη ρομποτική και την κωδικοποίηση έως τη σχεδιαστική σκέψη και τη μάθηση βάσει έργου, οι εκπαιδευτικοί ανακαλύπτουν συνεχώς καινοτόμους τρόπους για να ενσωματώσουν τις αρχές STEAM στη διδασκαλία τους. Οι δυνατότητες για την εκπαίδευση STEAM είναι ουσιαστικά απεριόριστες, καθώς αναδύονται νέες τεχνολογίες, μεθοδολογίες και παιδαγωγικές προσεγγίσεις.

Επιπλέον, οι διαφορετικές ανάγκες και τα ενδιαφέροντα των μαθητών συμβάλλουν επίσης στο διαρκώς διευρυνόμενο πεδίο των θεμάτων STEAM. Οι μαθητές μπορούν να εξερευνήσουν τομείς όπως η περιβαλλοντική βιωσιμότητα, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η βιομηχανική, τα ψηφιακά μέσα και πολλά άλλα. Η ενσωμάτωση των τεχνών και της δημιουργικότητας στα πεδία STEM διευρύνει περαιτέρω το φάσμα των πιθανών θεμάτων, επιτρέποντας την καλλιτεχνική έκφραση και τις αισθητικές εκτιμήσεις σε συνδυασμό με επιστημονικές και τεχνολογικές έννοιες.

Είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε ότι η εκπαίδευση STEAM είναι ένας ταχέως εξελισσόμενος τομέας και ότι αυτό που μπορεί να θεωρείται σημαντικό θέμα σήμερα μπορεί να αντικατασταθεί ή να επεκταθεί στο μέλλον. Η συνεχής ανάπτυξη των

προγραμμάτων σπουδών STEAM, η εμφάνιση νέων τεχνολογιών και οι εξελισσόμενες απαιτήσεις του εργατικού δυναμικού συμβάλλουν στη συνεχή εξέλιξη των θεμάτων σε αυτόν τον τομέα.

Η συστηματική ανάλυση της βιβλιογραφικής έρευνας που διεξήχθη από τους Li, Wang, Xiao και Froyd (2020) αποκάλυψε ότι οι μελέτες που επικεντρώνονται στους στόχους, την πολιτική, το πρόγραμμα σπουδών και την αξιολόγηση στην εκπαίδευση STEAM ήταν οι πιο εμφανείς στη θεματική κατηγορία. Αυτό υποδηλώνει μεγάλη έμφαση στην κατανόηση των πρωταρχικών στόχων, των πλαισίων πολιτικής, του σχεδιασμού προγραμμάτων σπουδών και των πρακτικών αξιολόγησης στο πεδίο. Αυτοί οι τομείς διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη διαμόρφωση της εφαρμογής και της αποτελεσματικότητας των εκπαιδευτικών πρωτοβουλιών STEAM.

Επιπλέον, η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας έδειξε ότι η ερευνητική κοινότητα έχει δείξει σημαντικό ενδιαφέρον για τη διερεύνηση τόσο των διδακτικών όσο και των μαθησιακών πτυχών της εκπαίδευσης STEAM. Πολυάριθμες μελέτες έχουν εξετάσει καινοτόμες παιδαγωγικές προσεγγίσεις, εκπαιδευτικές στρατηγικές και την ενσωμάτωση της τεχνολογίας για την ενίσχυση της δέσμευσης και των επιτευγμάτων των μαθητών σε θέματα STEAM. Αυτό υποδηλώνει μια ολιστική προσέγγιση για τη διερεύνηση των διαφόρων παραγόντων που συμβάλλουν στην αποτελεσματική διδασκαλία του STEAM και στα μαθησιακά αποτελέσματα.

Καθώς ο τομέας της εκπαίδευσης STEAM συνεχίζει να εξελίσσεται, θα είναι συναρπαστικό να παρατηρούμε τις τάσεις που αναδύονται σε σύντομο χρονικό ορίζοντα. Με τις ραγδαίες εξελίξεις της τεχνολογίας, τις αλλαγές στις εκπαιδευτικές πολιτικές και τις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις εργατικού δυναμικού, το ερευνητικό τοπίο στην εκπαίδευση STEAM είναι πιθανό να δει νέες οδούς έρευνας και εξερεύνησης. Οι ερευνητές αναμένεται να εμβαθύνουν σε αναδυόμενους τομείς όπως η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης, η εικονική και επαυξημένη πραγματικότητα και η διεπιστημονική μάθηση που βασίζεται σε έργα.

Παρακολουθώντας στενά τις τάσεις και τις εξελίξεις στην εκπαιδευτική έρευνα STEAM, οι εκπαιδευτικοί, οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής και οι ερευνητές μπορούν να αποκτήσουν πολύτιμες γνώσεις για τις εξελισσόμενες ανάγκες και προτεραιότητες του τομέα. Αυτή η συνεχής αξιολόγηση του ερευνητικού τοπίου θα βοηθήσει στον σχεδιασμό

αποτελεσματικών εκπαιδευτικών πρακτικών, στην ανάπτυξη προγραμμάτων σπουδών και στις αποφάσεις πολιτικής που προάγουν την ανάπτυξη και τον αντίκτυπο της εκπαίδευσης STEAM.

Συμπερασματικά, η συστηματική ανάλυση της έρευνας της βιβλιογραφίας ανέδειξε την επικράτηση των μελετών που εστιάζουν στους στόχους, την πολιτική, το πρόγραμμα σπουδών και την αξιολόγηση στην εκπαίδευση STEAM. Επιπλέον, η ερευνητική κοινότητα έχει εκδηλώσει έντονο ενδιαφέρον για τη διερεύνηση διαφόρων πτυχών της διδασκαλίας και της μάθησης εντός του πεδίου. Καθώς η εκπαίδευση STEAM συνεχίζει να εξελίσσεται, θα είναι ζωτικής σημασίας η παρακολούθηση των τάσεων και των αναδυόμενων τομέων έρευνας, καθώς θα διαμορφώσουν τις μελλοντικές κατευθύνσεις του τομέα και θα συμβάλουν στη συνεχή ανάπτυξη και τον αντίκτυπό του.

Βιβλιογραφία

- Arduino. (2021). Ανάκτηση από www.arduino.cc: <https://www.arduino.cc/>
- Arora, R., & Singh, N. (2021, May). Envisioning the welfare of society through STEAM education. International and National Conference on Learning Innovation in Science and Technology.
- Autodesk Digital STEAM Applied Mechanics. (2021, 12). Ανάκτηση από Autodesk, Inc.: <https://academy.autodesk.com/>
- Bachnak, R., Eskin, S., & Love, S. (2018, June). STEM Enrichment Program for High School Students: Results and Lessons Learned (Evaluation). Conference: 2018 ASEE Annual Conference & Exposition.
- Baker, A. (2016, 7 27). Active Learning with Interactive Videos: Creating Student-Guided Learning Materials. Journal of Library & Information Services in Distance Learning, σσ. 79-87.
- Bakırcı, H., & Kırıcı, M. G. (2021, April). The effect of STEM supported research-inquirybased learning approach on the scientific creativity of 7th grade students. Journal of Pedagogical Research.
- Barnes, J. (2015, June). An Introduction to Cross-Curricular Learning. The Creative Primary Curriculum.
- Basar, M., Zulkarnain, I., Razik, N., & Zakaria, Z. (2020, September). Exploratory of Electrical Learning Kit for STEM Application. IOP Conference Series Materials Science and Engineering, 917(1).
- Burde, J.-P., & Wilhelm, T. (2020, December). Teaching electric circuits with a focus on potential differences. Physical Review Physics Education Research, 16(2).
- Burns, M. (2018, December 6). 25 Reasons to use TED-ED in your Classroom. Ανάκτηση, από ClassTechTips.com: <https://classtechtips.com/2018/12/06/ted-ed-videos/>
- Cahyana, C., Hanif, G. H., Idris, D. a., & Aprilia, S. (2020, July). Electrical Tandem Roller (ETR) Media for 4C Capabilities Based Stem Learning Elementary Schools. International Journal of Elementary Education, 4(2), σ. 169.
- Casao, R. (2008, January). To PhET or Not To PhET: That Is the Question.

- Chasteen, S. (2017, March 30). What are some tips for using PhET in a lab setting? Ανάκτηση από Contact PhysPort: <https://www.physport.org/recommendations/Entry.cfm?ID=93337>
- Chasteen, S., & Carpenter, Y.-y. (2020, March). How do I use PhET simulations in my physics class? Ανάκτηση από Contact PhysPort: <https://www.physport.org/recommendations/Entry.cfm?ID=93341>
- Chen, M. (2021). Kerbal Space Program. Ανάκτηση, από Common Sense: <https://www.commonsense.org/education/game/kerbal-space-program>
- Colakoglu, M. H. (2016, July). STEM Applications in Turkish Science High Schools. *Journal of Education in Science Environment and Health*, 2(2), σ. 176.
- Collacchi, J. (2020, 12 12). What is Arduino? Ανάκτηση, από Create & Learn Team: <https://www.create-learn.us/blog/what-is-arduino/>
- Cowden, C. (2017, January). Information literacy framework: STEM applications. American Library Association Midwinter Conference At: Atlanta, GA.
- Creswell, D., & Creswell, J. (2019). Σχεδιασμός Έρευνας-Προσεγγίσεις Ποιοτικών, Ποσοτικών και Μεικτών Μεθόδων. (Η. Σαντουρίδης, Τ. Παγγέ, Επιμ., & Φ. Βενετσάνου, Μεταφρ.) Εκδόσεις ΠΡΟΠΟΜΠΟΣ.
- Duran et all. (2011). Examining candidate classroom teachers compliance and socialization process. *Dumlupinar University Journal of Social Sciences*(31), σσ. 465-478.
- ElSayary, A. (2021). Using a Reflective Practice Model to Teach STEM Education in a Blended Learning Environment. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(2).
- Frantiska, J. (2016, August). Types of Learning Objects. *Creating Reusable Learning Objects*, σσ. 11-15.
- Gibson, R. (2020, December). STEM into STEAM. *Transforming the Curriculum Through the Arts*, σσ. 199-220.
- Grebneva, D. M. (2021, January). Programming educational robots based on Lego Education EV3 in the Python programming language.
- Guarrella, C. (2021, May). Understanding 3D Shapes through STEAM Learning. *Embedding STEAM in Early Childhood Education and Care*, σσ. 1-19.

- Güçlü, N. (1996). The process of being a teacher: Socialization. *Education and Science*(20), σσ. 55-63.
- Hsu, T. C., Abelson, H., Lao, N., & Chen, S.-C. (2021, September). Is It Possible for Young Students to Learn the AI-STEAM Application with Experiential Learning? *Sustainability*, 13(11114)
- Kartal, S. (2007). Organizational socialization in education. .
- Maya Akademi. Karthikeyan, K. (2021, October). Problem Based Learning. IQAC Training Literature.
- Katsouros, V., Gkiokas, A., Sotiriou, S., Stergiopoulos, P., Fraiis, R., Andreotti, E., . . . Liwicki, M. (2018). STEAM learning using a web-based workbench of music science interactive activities.
- Klabak, J. (2021, September). Interdisciplinary Learning. *Journal of the American Dental Association*, 152(9), σ. 717.
- Koybasi, C., & Ugurlu, F. (2019). Teacher Candidates Socialization Process: A grounded theory study. *Asian Journal of Education and Training*(5), σσ. 213-223.
- Kratcoski, C., & Kratcoski, C. (2021, August). Preparing for Experiential Learning. *Experiential Education and Training for Employment in Justice Occupations*, σσ. 17- 28.
- KWL Charts/Facing History and Ourselves. (2021, 12). Teaching Strategies / K-W-L Charts. Ανάκτηση από Facing History and Ourselves: <https://www.facinghistory.org/resource-library/teaching-strategies/k-w-l-charts>
- Leuchter, M., & Naber, B. (2019). Studying children’s knowledge base of one-sided levers as force amplifiers. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(1), 91–112. <https://doi.org/10.1002/tea.21470>
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. (2020, March). Research and trends in STEM education: a systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*.
- Lyman, F. (2021, December). Cooperative Learning. 100 Teaching Ideas that Transfer and Transform Learning, σσ. 101-102. Matte, C. (2021). Scratch. Ανάκτηση, από Common Sense: <https://www.commonsense.org/education/website/scratch>

- Mavrounioti, V., Chatzopoulos, A., Papoutsidakis, M., & Drosos, C. (2018, October). Implementation of an 2-wheel Educational Platform for STEM Applications. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)*, 5(10).
- McConnell, D. (2021). ConcepTests. Ανάκτηση, από serc.carleton.edu: <https://serc.carleton.edu/sp/library/concepttests/index.html>
- McDermott, L., & Shaffer, P. (1992, November). Research as a Guide for Curriculum Development: An Example from Introductory Electricity, Part I: Investigation of student understanding. *American Journal of Physics*, 60(11), σσ. 994-1003.
- McManus, C. A., Lamb, R., Firestone, J., & Pooler, S. (2016, November). Gender based student experience in STEM learning in High School Science. Conference: Conference of National Science Teacher Association (NSTA).
- McQuillen, G. (2021). Autodesk Digital STEAM Applied Mechanics. Ανάκτηση, από Common Sense: <https://www.commonsense.org/education/app/autodesk-digital-steamapplied-mechanics>
- Metzler, M., & Colquitt, G. (2021, April). Cooperative Learning. *Instructional Models for Physical Education*, σσ. 225-262.
- Moore, E., Chamberlain, J., Parson, R., & Perkins, K. (2014, July). PhET Interactive Simulations: Transformative Tools for Teaching Chemistry. *The American Chemical Society and Division of Chemical Education*, 91(8), σσ. 1191–1197. Ανάκτηση από <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ed4005084#>
- Odom, A. L., & Bell, C. V. (χ.χ.). Associations of middle school student science achievement and attitudes and science with student-reported frequency of teacher lecture demonstrations and student-centered learning. *International Journal of Environmental & Science Education*, 10(1), σσ. 87–97.
- Özgen, H., Öztürk, A., & Yalçın, A. (2002). *Human resources management*. Adana: Nobel Bookstore.
- Rivet, A. E., & Krajcik, J. S. (2004). Achieving standards in urban systemic reform: An example of a sixth grade project-based science curriculum. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(7), 669–692. <https://doi.org/10.1002/tea.20021>

- Abell, S., & Lederman, N. (2007). *Handbook on research in science education*. Thousand Oaks: Sage
- ABET Engineering Accreditation Commission. (2004). *ABET criteria for accrediting engineering programs*. Baltimore: ABET, Inc. Author
- Achterhuis, H. (Ed.). (2001). *American philosophy of technology: the empirical turn*. Bloomington: Indiana University Press
- American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1989). *Science for all Americans*. New York, NY: Oxford University Press
- American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York, NY: Oxford University Press.
- Bandura, A. (1978). Reflections on self-efficacy. In S. Rachman (Ed.), *Advances in behavior research and therapy* (Vol. 1, pp. 237–269). Oxford: Pergamon.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: Freeman
- Barak, M. (2012). Teaching engineering and technology: cognitive, knowledge and problem-solving taxonomies. *Journal of Engineering, Design, and Technology*, 11(3), 316–333.
- Barnett, J., & Hodson, D. (2001). Pedagogical context knowledge: toward a fuller understanding of what good science teachers know. *Science Education*, 85(4), 426–453.
- Breiner, J., Harkness, M., Johnson, C. C., & Koehler, C. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3–11.
- Berlin, D. F., & White, A. L. (1995). Connecting school science and mathematics. In P. A. House & A. F. Coxford (Eds.), *Connecting mathematics across the curriculum*. Reston: National Council of Teachers of Mathematics.
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32–42.
- Burghardt, M. D., & Hacker, M. (2004). Informed design: a contemporary approach to design pedagogy as the core process in technology. *The Technology Teacher*, 64, 6–8.
- Bybee, R. (2010). Advancing STEM education: a 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30–35.

- Carlson, L. E., & Sullivan, J. F. (1999). Hands-on engineering: learning by doing in the integrated teaching and learning program. *The International Journal of Engineering Education*, 15(1), 20–31.
- Cavanagh, S. (2008). Where is the ‘T’ in STEM? *Education Week*, 27(30), 17–19.
- Clark, J. V. (Ed.). (2014). *Closing the achievement gap from an international perspective: Transforming STEM for effective education*. Dordrecht: Springer.
- DeVries, M. J. (Ed.). (2011). *Positioning Technology Education in the Curriculum*. Rotterdam: Sense Publishers.
- English, L. (2016). STEM education K-12: perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(3), 1–8.
- Friedman, T. L. (2005). *The world is flat: A brief history of the twenty-first century*. New York: Farrar, Straus, and Giroux.
- Feenberg, A. (2006). What is philosophy of technology? In J. R. Dakers (Ed.), *Defining Technological Literacy-Towards an Epistemological Framework* (pp. 5–16). New York: Palgrave-Macmillan.
- Frykholm, J., & Glasson, G. (2005). Connecting science and mathematics instruction: pedagogical context knowledge for teachers. *School Science and Mathematics*, 105(3), 127–141.
- Herschbach, D. (2009). *Technology education: Foundations and perspectives*. Homewood: American Technical Publishers, Inc.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: what and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266.
- Hoachlander, G., & Yanofsky, D. (2011). Making STEM real: by infusing core academics with rigorous real-world work, linked learning pathways prepare students for both college and career. *Educational Leadership*, 68(3), 60–65.
- International Technology Education Association. (1996). *Technology for all Americans: A rationale and structure for the study of technology*. Reston: Author.
- International Technology Education Association. (2000/2002/2007). *Standards for technological literacy: Content for the study of technology*. Reston: Author.
- International Technology Education Association. (2003). *Advancing excellence in technological literacy: Student assessment, professional development, and program standards*. Reston: Author.

- Kennedy, T., & Odell, M. (2014). Engaging students in STEM education. *Science Education International*, 25(3), 246–258.
- Kolodner, J. L. (2002). Facilitating the learning of design practices: lessons learned from an inquiry into science education. *Journal of Industrial Teacher Education*, 39(3), 1–31.
- Kolodner, J. L. (2006). Case-based reasoning. In K. L. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of learning sciences* (pp. 225–242). Cambridge: Cambridge University Press.
- Kolodner, J. L., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., & Puntembakar, S. (2003). Putting a student-centered *Learning by Design*TM curriculum into practice: lessons learned. *Journal of the Learning Sciences*, 12(4), 495–548.
- Krajcik, J., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., Bass, K. M., & Fredricks, J. (1998). Inquiry in project-based science classrooms: initial attempts by middle school students. *The Journal of the Learning Sciences*, 7(3–4), 313–350.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning. Legitimate peripheral participation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Levine, T. H., & Marcus, A. S. (2010). How the structure and focus of teachers' collaborative activities facilitate and constrain teacher learning. *Teaching and Teacher Education*, 26(3), 389–398.
- Marginson, S., Tytler, R., Freeman, B., & Roberts, K. (2013). *STEM: Country comparisons*. Melbourne: Australian Council of Learned Academies.
- Mitcham, C. (1994). *Thinking through Technology: The Path between Engineering and Philosophy*. Chicago: University of Chicago Press.
- Moore, T., Stohlmann, M., Wang, H., Tank, K., Glancy, A., & Roehrig, G. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. In S. Purzer, J. Strobel, & M. Cardella (Eds.), *Engineering in Pre-College Settings: Synthesizing Research, Policy, and Practices* (pp. 35–60). West Lafayette: Purdue University Press.
- 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 Academy of Engineering and National Research Council [NAE & NRC]. (2009). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects*. Washington: National Academies Press.
- National Academy of Engineering and National Research Council [NAE & NRC]. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington: National Academies Press.
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM), Commission on Standards for School Mathematics. (1989). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics*. Reston VA: The Council. <http://www.standards.nctm.org>.
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: The Council. <http://www.standards.nctm.org>.
- National Governors Association Center for Best Practices & Council of Chief State School Officers. (2010). *Common Core State Standards for Mathematics*. Washington: Authors.
- National Research Council [NRC]. (1989). *Everybody counts: A report to the nation on the future of mathematics education*. Washington: National Academy Press.
- National Research Council. [NCR]. (1994). *National Science Education Standards*. Washington: National Academy Press.
- National Research Council [NRC]. (1996). *National Science Education Standards. National Committee for Science Education Standards and Assessment*. Washington: National Academies Press.
- National Research Council [NRC]. (2000a). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School: Expanded Edition*. Washington: The National Academies Press.
- National Research Council [NRC]. (2000b). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. Washington: National Academies Press.
- National Research Council [NRC]. (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics*. Washington: National Academies Press.

- National Research Council [NRC]. (2012). *A framework for K12 science education: Practices, cross cutting concepts, and core ideas*. Washington: National Academies Press.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington: The National Academies Press.
- Powell-Moman, A. D., & Brown-Schild, V. B. (2011). The influence of a two-year professional development institute on teacher self-efficacy and use of inquiry-based instruction. *Science Educator*, 20(2), 47–53.
- Purzer, S., Goldstein, M., Adams, R., Xie, C., & Nourian, S. (2015). An exploratory study of informed engineering design behaviors associated with scientific explanations. *International Journal of STEM Education*, 2(9), 1–12.
- Putnam, R., & Borko, H. (2000). What do new views of knowledge and thinking have to say about research on teacher learning? *Educational Researcher*, 29(1), 4–15.
- President’s Council of Advisors on Science and Technology (PCAST). (2010). *Prepare and inspire: K-12 education in science, technology, engineering, and math (stem) for America’s future*. Washington: Author.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20–26.
- Stohlmann, M., Moore, T., & Roehrig, G. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2(1), 28–34. doi:[10.5703/1288284314653](https://doi.org/10.5703/1288284314653).
- Thomas, B., & Watters, J. (2015). Perspectives on Australian, Indian and Malaysian approaches to STEM education. *International Journal of Educational Development*, 45(November 2015), 42–53.
- Tillman, D., An, S., Cohen, J., Kjellstrom, W., & Boren, R. (2014). Exploring wind power: improving mathematical thinking through digital fabrication. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 23(4), 401–421.
- Wang, H., Moore, T. J., Roehrig, G. H., & Park, M. S. (2011). STEM integration: teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1(2), 1–13. doi:[10.5703/1288284314636](https://doi.org/10.5703/1288284314636).

- Williams, D. (2007). The what, why, and how of contextual teaching in a mathematics classroom. *The Mathematics Teacher.*, 100(8), 572–575.

Υπέθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον.