



ΔΙΕΘΝΕΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

Πανεπιστημιούπολη Σίνδου

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ, STEAM ΚΑΙ ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ
ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ»**

Διπλωματική Εργασία

**ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ STEM ΚΑΙ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ
ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ:
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ
STEM ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΝΟΜΩΝ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ ΣΕ
ΜΑΘΗΤΕΣ Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ**

Της

ΚΑΠΟΥΣΙΖΗ ΔΗΜΗΤΡΑΣ

Επιβλέπων Καθηγητής
Κοσμάνης Θεόδωρος

Υποβλήθηκε ως απαιτούμενο για την απόκτηση του μεταπτυχιακού διπλώματος
ειδίκευσης Ρομποτική, STEAM και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση
Θεσσαλονίκη, Φεβρουάριος 2024



Η παρούσα Διπλωματική Εργασία καλύπτεται στο σύνολό της νομικά από δημόσια άδεια πνευματικών δικαιωμάτων CreativeCommons:

Αναφορά Δημιουργού - Μη Εμπορική Χρήση - Παρόμοια Διανομή



Μπορείτε να:

- **Μοιραστείτε:** αντιγράψετε και αναδιανέμετε το παρόν υλικό με κάθε μέσο και τρόπο
- **Προσαρμόστε:** αναμείξτε, τροποποιήστε και δημιουργήστε πάνω στο παρόν υλικό

υπό τους ακόλουθους όρους:

- **Αναφορά Δημιουργού:** Θα πρέπει να καταχωρίσετε αναφορά στο δημιουργό, με σύνδεσμο της άδειας, και με αναφορά αν έχουν γίνει αλλαγές. Μπορείτε να το κάνετε αυτό με οποιονδήποτε εύλογο τρόπο, αλλά όχι με τρόπο που να υπονοεί ότι ο δημιουργός αποδέχεται το έργο σας ή τη χρήση που εσείς κάνετε.
- **Μη Εμπορική Χρήση:** Δε μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το υλικό για εμπορικούς σκοπούς.
- **Παρόμοια Διανομή:** Αν αναμείξετε, τροποποιήσετε, ή δημιουργήσετε πάνω στο παρόν υλικό, πρέπει να διανείμετε τις δικές σας συνεισφορές υπό την ίδια άδεια CreativeCommons όπως και το πρωτότυπο.

Αναλυτικές πληροφορίες νομικού κώδικα στην ηλεκτρονική διεύθυνση:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode>

Υπεύθυνη Δήλωση

Με ατομική μου ευθύνη και γνωρίζοντας τις κυρώσεις που προβλέπονται από τον Κανονισμό Σπουδών του Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Ρομποτική, STEAM και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση» του Διεθνούς Πανεπιστημίου Ελλάδος, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

- Η παρούσα Διπλωματική Εργασία αποτελεί έργο αποκλειστικά δικής μου δημιουργίας, έρευνας, μελέτης και συγγραφής.
- Για τη συγγραφή της Διπλωματικής μου Εργασίας δεν χρησιμοποίησα ολόκληρο ή μέρος έργου άλλου δημιουργού ή τις ιδέες και αντιλήψεις άλλου δημιουργού χωρίς να γίνεται σαφής αναφορά στην πηγή προέλευσης (βιβλίο, άρθρο από επιστημονικό περιοδικό, ιστοσελίδα κλπ.).

Θεσσαλονίκη, 12, Φεβρουάριος, 2024

Ο/Η Δηλών/ούσα: Δήμητρα Καπουσίτζη

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου διατριβής θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Θεόδωρο Κοσμάνη, Καθηγητή του Τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, του Διεθνούς Πανεπιστημίου Ελλάδος, ο οποίος στάθηκε πολύτιμος σύμμαχος στην αντιμετώπιση κάθε δυσκολίας και προβληματισμού μου. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Βασίλειο Νεοφώτιστο, μέλος του Εργαστηριακού Διδακτικού Προσωπικού του Πανεπιστημίου Μακεδονίας, για το χρόνο που αφιέρωσε για να συζητήσει μαζί μου σχετικά με τον σχεδιασμό των διδακτικών σεναρίων, όπως και όσους καλούς μου φίλους και συναδέλφους εκπαιδευτικούς αφιέρωσαν χρόνο στον έλεγχο της ορθότητας των σεναρίων και φύλλων εργασίας και της εγκυρότητας των ερευνητικών εργαλείων. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω το διευθυντή του Ιου Γυμνασίου Ευόσμου κ. Αναστάσιο Κορόσογλου, καθώς και τον συνάδελφο εκπαιδευτικό κ. Εμμανουήλ Καρανδρέα, με των οποίων την έγκριση και την αμέριστη υποστήριξη υλοποιήθηκε η παρούσα έρευνα. Τέλος, νιώθω ανείπωτη ευγνωμοσύνη για την οικογένεια μου, τον σύζυγό μου Κυριάκο Αλεξόπουλο και τα δύο μας παιδιά, Χάρις και Νικόλα, για την υποστήριξη που μου προσέφεραν καθ' όλη τη διάρκεια παρακολούθησης του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών.

Πάνω από όλους όμως, θα ήθελα να ευχαριστήσω αυτούς που με το παράδειγμα, τη στάση ζωής και το όραμά τους για τη διδασκαλία αποτέλεσαν, εν αγνοία τους, την κινητήριου δύναμη για την εξέλιξή μου και καθόρισαν την επαγγελματική και ακαδημαϊκή μου πορεία: τους Δάσκαλους μου, που μου μετέδωσαν τη δίψα για μάθηση, το μεράκι για τη διδασκαλία και το πείσμα του εκπαιδευτικού να φωτίσει τα μυαλά των μαθητών του.

Στην Άννα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ολοκληρωμένη προσέγγιση STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) στην εκπαίδευση κερδίζει το ενδιαφέρον ερευνητών, επιστημόνων και σχεδιαστών αναλυτικών προγραμμάτων, καθώς φαίνεται κατάλληλη να προετοιμάσει επαρκώς τους μαθητές ώστε να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις του 21ου αιώνα, αναπτύσσοντας ανώτερες μαθησιακές, νοητικές και κοινωνικές δεξιότητες και στάσεις. Ωστόσο, η έρευνα σχετικά με την ενσωμάτωση στοιχείων της εκπαίδευσης STEM στη διερευνητική μέθοδο διδασκαλίας και μάθησης, η οποία είναι θεμελιώδης μέθοδος για την εκπαίδευση των ΦΕ, είναι σχετικά περιορισμένη. Η παρούσα έρευνα δράσης αφορά τον σχεδιασμό, την εφαρμογή και την αποτίμηση μιας διδακτικής παρέμβασης τριών δώρων, διδακτικών σεναρίων για τη διδασκαλία των νόμων του Νεύτωνα στη Β' Γυμνασίου. Ως μέθοδος διδασκαλίας εφαρμόζεται η δομημένη, συνεργατική διερεύνηση η οποία είναι κατάλληλη για την υλοποίηση δραστηριοτήτων STEM. Το δείγμα της έρευνας αποτελούν 26 μαθητές της Β' Γυμνασίου. Συγκεκριμένα, διερευνάται το κατά πόσο επιτυγχάνεται κατανόηση του γνωστικού περιεχομένου των ενοτήτων που σχετίζονται με τους τρεις νόμους του Νεύτωνα, το πώς αποτιμούν οι μαθητές τη συμμετοχή τους στην παρέμβαση καθώς και το πώς αποτιμούν οι μαθητές την ανάπτυξη δεξιοτήτων κριτικής σκέψης, συνεργασίας, επικοινωνίας και δημιουργικότητας (δεξιότητες «4Cs») του 21ου αιώνα. Για τις ανάγκες της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν ένα ερωτηματολόγιο κατανόησης γνωστικού περιεχομένου, ένα ερωτηματολόγιο αυτοαξιολόγησης της συμμετοχής των μαθητών και ένα ερωτηματολόγιο αποτίμησης της ανάπτυξης δεξιοτήτων 4Cs. Τα αποτελέσματα έδειξαν χαμηλό βαθμό κατανόησης του γνωστικού περιεχομένου (βαθμολογία 8.2 στις 20 μονάδες). Ωστόσο, η συνολική συμμετοχή, όπως και η ανάδειξη ή ανάπτυξη των δεξιοτήτων 4Cs των μαθητών αποτιμήθηκαν θετικά, αποτέλεσμα που ενισχύει τα συμπεράσματα παρόμοιων ερευνών σχετικά με την ανάπτυξη δεξιοτήτων 4Cs από τη συμμετοχή των μαθητών σε διερευνητικές, εκπαιδευτικές δράσεις STEM.

Λέξεις κλειδιά: Εκπαίδευση STEM, διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας και μάθησης, δομημένη συνεργατική διερεύνηση, διδακτικά σεναρία, δεξιότητες 4Cs.

ABSTRACT

Integrated STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) approach in education captures the interest of researchers, scientists, and curriculum designers, as it appears suitable for adequately preparing students to face the challenges of the 21st century, by developing advanced learning, cognitive, and social skills and attitudes. However, research on the integration of STEM education elements into the Inquiry-Based Teaching and Learning method (IBTL or Inquiry-based Learning, IBL), which is a fundamental method for Science Education (SE), is relatively limited. The current research focuses on the design, implementation, and evaluation of a teaching intervention consisting of three two-hours' instructional scenarios for teaching Newton's laws in the second grade of secondary school. The teaching method applied is structured, collaborative inquiry, which is suitable for implementing STEM activities. The research sample consists of 26 second-grade students. Specifically, the research inquires the extent to which there is an achievement of understanding the cognitive content related to Newton's laws, how students assess their participation in this intervention, and how students assess the development of critical thinking, collaboration, communication, and creativity (4Cs) skills of the 21st century. For research purposes, a comprehension questionnaire of cognitive content, a self-assessment questionnaire of student participation, and an awareness-evaluation questionnaire of the development of 4Cs skills were used. The results indicated a low level of understanding of the cognitive content (a score of 8.2 out of 20 units). However, overall participation, as well as the identification or development of students' 4Cs skills, were positively evaluated, reinforcing conclusions from similar studies regarding the development of 4Cs skills through students' participation in STEM and Inquiry-based educational activities.

Key words: STEM education, Inquiry-Based Teaching and Learning, Structured Collaborative Inquiry, Instructional Scenarios, 4Cs skills.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	11
ABSTRACT	13
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	15
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ, ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΩΝ	17
ΛΙΣΤΑ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ ΚΑΙ ΑΚΡΟΝΥΜΙΩΝ.....	19
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	21
ΜΕΡΟΣ Α: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εκπαίδευση STEM.....	23
1.1 Η ολοκληρωμένη προσέγγιση STEM στην εκπαίδευση	23
1.1.1 Ιστορική αναδρομή της εκπαίδευσης STEM.....	27
1.1.2 Η εκπαίδευση STEM στην Ελλάδα	29
1.1.3 Επιστημολογία εκπαίδευσης STEM	31
1.2 Θεωρίες μάθησης που θεμελιώνουν την εκπαίδευση STEM.....	39
1.2.1 Βιωματική μάθηση (EBL).....	42
1.2.2 Εποικοδομητισμός	45
1.2.3 Ανακαλυπτική / διερευνητική μάθηση.....	47
1.2.4 Κονστραξιονισμός ή κατασκευαστικός εποικοδομητισμός	48
1.2.5 Κοινωνικοπολιτισμικές θεωρίες μάθησης.....	49
1.3 Μέθοδοι Διδασκαλίας STEM.....	50
1.3.1 Διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας και μάθησης – Inquiry-based Teaching and Learning (IBL)	51
1.3.2 Μάθηση βάσει Ερευνητικών Σχεδίων Εργασίας ή Συνθετικών Εργασιών – Project-based Learning	56
1.3.3 Μάθηση με βάση την Επίλυση Προβλήματος – Problem-based Learning	59
1.4 Σκοπός και στόχοι της εκπαίδευσης STEM.....	62
1.5 Περιορισμοί, μειονεκτήματα και προκλήσεις της εκπαίδευσης STEM.....	72
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Διδακτικά Σενάρια STEM.....	77
2.1 Η Διερευνητική Μέθοδος διδασκαλίας και μάθησης στην παρούσα έρευνα	77
2.2 Σχεδιασμός Διδακτικών Σεναρίων Δραστηριοτήτων STEM	79
2.3 Διδακτικό Σενάριο Α: Ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα	82
2.4 Διδακτικό Σενάριο Β: Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα.....	90
2.5 Διδακτικό Σενάριο Γ – Ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα.....	98

ΜΕΡΟΣ Β: ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	105
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Μεθοδολογία Έρευνας.....	105
3.1 Ερευνητική μεθοδολογία.....	105
3.2 Επισκόπηση ερευνών υλοποίησης δραστηριοτήτων STEM τυπικής δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην Ελλάδα.....	106
3.3 Αναγκαιότητα της έρευνας.....	110
3.4 Σκοπός της έρευνας και ερευνητικά ερωτήματα	111
3.5 Είδος της έρευνας και ερευνητικά εργαλεία	112
3.5.1 Ερωτηματολόγιο κατανόησης γνωστικού περιεχομένου	113
3.5.2 Ερωτηματολόγιο αυτοαξιολόγησης των μαθητών για την αποτίμηση της συμμετοχής τους στη διδακτική παρέμβαση.....	114
3.5.3 Ερωτηματολόγιο διερεύνησης ανάπτυξης δεξιοτήτων 4Cs από τη συμμετοχή στις διδακτικές παρεμβάσεις	116
3.6 Η έρευνα.....	116
3.6.1 Το δείγμα της έρευνας.....	118
3.6.2 Εγκυρότητα και αξιοπιστία της έρευνας	118
3.6.3 Μέθοδος ανάλυσης και επεξεργασίας δεδομένων	119
3.7 Αποτελέσματα της έρευνας.....	120
3.7.1. Κατανόηση γνωστικού περιεχομένου	120
3.7.2. Αποτίμηση συμμετοχής.....	123
3.7.3 Ανάπτυξη δεξιοτήτων 4Cs	136
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Συμπεράσματα και συζήτηση.....	141
4.1 Συμπεράσματα βιβλιογραφικής επισκόπησης	141
4.2 Συμπεράσματα της έρευνας.....	143
4.2.1 Συμπεράσματα σχετικά την κατανόηση του γνωστικού περιεχομένου	143
4.2.2 Συμπεράσματα σχετικά με την αποτίμηση της συμμετοχής των μαθητών στα διδακτικά σενάρια	144
4.2.3 Συμπεράσματα σχετικά με την ανάπτυξη δεξιοτήτων 4Cs	145
4.2.4 Γενικά συμπεράσματα και αναστοχασμός	145
4.3 Περιορισμοί της έρευνας	147
4.4 Προτάσεις για το μέλλον.....	148
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	151
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι. ΦΥΛΛΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	173
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ	199
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ. ΕΝΤΥΠΟ ΕΝΥΠΟΓΡΑΦΗΣ ΣΥΝΓΚΑΤΑΘΕΣΗΣ	207
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	209

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ, ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΩΝ

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1.1 Προσεγγίσεις της εκπαίδευσης STEM	35
Πίνακας 1.2: Συγκεντρωτικός πίνακας βασικών θεωριών μάθησης και χαρακτηριστικών	40
Πίνακας 2.1: Διδακτικό Σενάριο 1 – Ο 1 ^{ος} νόμος του Νεύτωνα	83
Πίνακας 2.2: Διδακτικό Σενάριο 2 – Ο 2ος νόμος του Νεύτωνα.....	90
Πίνακας 2.3: Διδακτικό Σενάριο 3 – Ο 3 ^{ος} νόμος του Νεύτωνα.....	98
Πίνακας 3.1: Σύντομη βιβλιογραφική επισκόπηση ερευνητικών εργασιών για την εκπαίδευση STEM στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση στην Ελλάδα.....	107
Πίνακας 3.2: Ερωτηματολόγιο αποτίμησης της συμμετοχής	115
Πίνακας 3.3: Πλήθος συμπληρωμένων ερωτηματολογίων	119
Πίνακας 3.4: Βαθμολογίες ερωτηματολογίου κατανόησης γνωστικού περιεχομένου	121
Πίνακας 3.5: Πλήθος μαθητών ανά βαθμολογική κλίμακα.....	121
Πίνακας 3.6: Απαντήσεις ανά Ερώτηση Αυτοαξιολόγησης, EA1 – EA5 (ΔΣ1).....	123
Πίνακας 3.7: Πλήθος απαντήσεων ανά κατηγορία στις ερωτήσεις EA6 – EA8 (ΔΣ1)	124
Πίνακας 3.8: Απαντήσεις ανά Ερώτηση Αυτοαξιολόγησης, EA1 – EA5 (ΔΣ2).....	127
Πίνακας 3.9: Πλήθος απαντήσεων ανά κατηγορία στις ερωτήσεις EA6 – EA8 (ΔΣ2)	128
Πίνακας 3.10: Απαντήσεις ανά Ερώτηση Αυτοαξιολόγησης, EA1 – EA5 (ΔΣ3).....	130
Πίνακας 3.11: Πλήθος απαντήσεων ανά κατηγορία στις ερωτήσεις EA6 – EA8 (ΔΣ3)	131
Πίνακας 3.12: Παρουσίαση αποτελεσμάτων βαθμού ανάπτυξης δεξιοτήτων 4Cs.....	136
Πίνακας 3.13 Καταμέτρηση πλήθους βαθμών συμφωνίας ανά ερώτηση	137

Κατάλογος σχημάτων

Σχήμα 1.1 Διάγραμμα πυραμίδας Yakman (2008, σελ. 18)	26
Σχήμα 1.2: Επίπεδα ολοκλήρωσης της εκπαίδευσης STEM κατά Vasquez κ. συν. (2013)....	34
Σχήμα 1.3 Εννοιολογικό πλαίσιο ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM των Kelley & Knowles (2016)	36
Σχήμα 1.4: Τα 7 χαρακτηριστικά της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM κατά τους Roehrig κ. συν. (2021).....	38
Σχήμα 1.5: Ο κύκλος μάθησης και ο τύποι μάθησης του Kolb με τις αντιστοιχίες της εκπαίδευσης STEM.....	44
Σχήμα 1.6. Πλαίσιο Διερευνητικής Μάθησης (Pedaste κ. συν., 2015, σελ.51).....	54
Σχήμα 1.7: Τα 5E της καθοδηγούμενης διερευνητικής μάθησης του R. W. Bybee	55
Σχήμα 1.8: Διάκριση Ερευνητικών Σχεδίων Εργασίας.....	58

Σχήμα 1.9: Κύκλος μάθησης στην επίλυση προβλήματος	61
Σχήμα 1.10: Γνωστικές, διαπροσωπικές και ενδοπροσωπικές δεξιότητες του 21 ^{ου} αιώνα	67
Σχήμα 1.11: Δεξιότητες του 21 ^{ου} αιώνα. Πηγή: P21 (2016, σελ.4)	68
Σχήμα 1.12: Δεξιότητες Μάθησης του 21 ^{ου} αιώνα 4Cs (P21, 2009)	68
Σχήμα 3.1: Η ερευνητική μεθοδολογία της παρούσας έρευνας.....	106
Σχήμα 3.2: Μέρος του ερωτηματολογίου ελέγχου κατανόησης γνωστικού περιεχομένου ...	114

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 3.1: Βαθμολογική κατανομή κατανόησης γνωστικού περιεχομένου	122
Διάγραμμα 3.2: Απαντήσεις ανά Ερώτηση Αυτοαξιολόγησης, EA1 – EA5 (ΔΣ1).....	124
Διάγραμμα 3.3: Κατηγορίες απαντήσεων μαθητών στην EA6 του ΔΣ1	126
Διάγραμμα 3.4: Κατηγορίες απαντήσεων μαθητών στην EA7 του ΔΣ1	126
Διάγραμμα 3.5: Κατηγορίες απαντήσεων μαθητών στην EA8 του ΔΣ1	126
Διάγραμμα 3.6: Απαντήσεις ανά Ερώτηση Αυτοαξιολόγησης, EA1 – EA5 (ΔΣ2).....	127
Διάγραμμα 3.7: Κατηγορίες απαντήσεων μαθητών στην EA6 του ΔΣ2.....	129
Διάγραμμα 3.8: Κατηγορίες απαντήσεων μαθητών στην EA7 του ΔΣ2.....	129
Διάγραμμα 3.9: Κατηγορίες απαντήσεων μαθητών στην EA8 του ΔΣ2.....	129
Διάγραμμα 3.10: Απαντήσεις ανά Ερώτηση Αυτοαξιολόγησης, EA1 – EA5 (ΔΣ3).....	130
Διάγραμμα 3.13: Κατηγορίες απαντήσεων μαθητών στην EA7 του ΔΣ3	132
Διάγραμμα 3.14: Κατηγορίες απαντήσεων μαθητών στην EA8 του ΔΣ3	132
Διάγραμμα 3.15: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα αποτίμησης συμμετοχής στα ΔΣ.....	133
Διάγραμμα 3.16: Παράγοντες δυσκολίας υλοποίησης της διδακτικής παρέμβασης	134
Διάγραμμα 3.17: Προτιμήσεις μαθητών από τη διδακτική παρέμβαση.....	134
Διάγραμμα 3.18: Προτάσεις μαθητών για ενδιαφέρον και αποδοτικό μάθημα.....	135
Διάγραμμα 3.19: Πλήθος απαντήσεων ανά βαθμό συμφωνίας	138

ΛΙΣΤΑ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ ΚΑΙ ΑΚΡΟΝΥΜΙΩΝ

AAAS:	American Association for the Advancement of Science
AESOP:	Advanced Electronic Scenarios Operating Platform (Αίσωπος)
C.T.:	Computational Thinking
EBL:	Experiential – Based Learning
ELT:	Experiential Learning Theory
EU:	European Union
HASS:	Humanities, Art and Social Sciences
IBL:	Inquiry – Based Learning
IBLT:	Inquiry – Based Learning and Teaching
IMaST:	Integrated Math, Science and Technology
IoT:	Internet of Things
ISS:	International Space Station
ISTF:	International Science Teaching Foundation
ITEA:	International Technology Education Association
ITEEA:	International Technology and Engineering Educators Association
ML:	Mobile Learning
MSTE:	Mathematics, Science and Technology Education
NASA:	National Aeronautics and Space Administration
NGA:	National Governors Association
NRC:	National Research Council
NSF:	National Science Foundation
NSTC:	National Science and Technology Council
PBL:	Problem – Based Learning
PBL:	Project – Based Learning
PISA:	Programme for International Student Assessment
P21:	Partnership for 21 st Century Skills
QR:	Quick Response
RC:	Resistance Capacitor
SSI:	Socio – Scientific Issues
STEM:	Science, Technology, Engineering and Mathematics
STEAM:	Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics
STREM:	Science, Technology, Robotics, Engineering and Mathematics
s.t.e.m.:	Support, Teaching, Efficacy and Materials
ZPD:	Zone of Proximal Development
4Cs:	Critical thinking, Communication, Collaboration and Creativity
5E:	Engage, Explore, Explain, Elaborate and Evaluate

ΔΕΠΠΣ:	Διαθεματικό Ενιαίο Πρόγραμμα Σπουδών
ΔΣ(αρ.):	Διδακτικό Σενάριο (αριθμός)
Ε(αρ.):	Ερώτηση (αριθμός)
ΕΑ(αρ.):	Ερώτηση Αυτοαξιολόγησης (αριθμός)
ΙΕΠ:	Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής
ΕΠΑΛ:	Επαγγελματικό Λύκειο
ΕΡ(αρ.):	Ερευνητικό ερώτημα (αριθμός)
Ε3STEM:	Ελληνική Εκπαιδευτική Ένωση STEM
ΖΕΑ:	Ζώνη Επικείμενης Ανάπτυξης
ΗΠΑ:	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής
Η/Υ:	Ηλεκτρονικός Υπολογιστής
ΚΔΑΠ:	Κέντρο Δημιουργικής Απασχόλησης Παιδιών
Κ(αρ.):	Κριτήριο (αριθμός)
ΙΤΥΕ:	Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων
ΜΝΑΕ:	Μια Νέα Αρχή στα ΕΠΑΛ
Μ.Σχ.:	Μηχανική Σχεδίαση
Μ.Σκ.:	Μαθηματική σκέψη
Μ.Τ.:	Μέση Τιμή
ΣΕΒ:	Σύνδεσμος Επιχειρήσεων και Βιομηχανιών
ΠΙ:	Παιδαγωγικό Ινστιτούτο
ΠΣ:	Πρόγραμμα Σπουδών
Τ.Ε.:	Τεχνολογικός Εγγραμματισμός
ΤΠΕ:	Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών
ΥΠΑΙΘΑ:	Υπουργείο Παιδείας, Αθλητισμού και Θρησκευμάτων
Υ.Σ.:	Υπολογιστική Σκέψη
ΦΕΚ:	Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως
ΦΥ.Τ.ΕΜ.ΜΑ.Γ.:	Φυσική, Τεχνολογία, Επιστήμη Μηχανικών, Μαθηματικά και Γλώσσα
ΦΕ:	Φυσικές Επιστήμες

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εκπαίδευση STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) αφορά την εμπλοκή των μαθητών στη διεπιστημονική προσέγγιση θεμάτων και πραγματικών προβλημάτων με βιωματικές, διερευνητικές, εποικοδομητικές και συνεργατικές δραστηριότητες. Παρεμβάσεις που υλοποιούνται παγκοσμίως και σε κάθε εκπαιδευτική βαθμίδα τυπικής ή μη τυπικής εκπαίδευσης, αποδεικνύουν την θετική επίδραση που έχει η συμμετοχή των μαθητών σε δράσεις STEM στην ανάπτυξη γνωστικών, προσωπικών και διαπροσωπικών δεξιοτήτων (Bybee, 2012· Sanders, 2012· Kennedy & Odell, 2014· National Science and Technology Council, NSTC, 2018). Η εκπαίδευση STEM μπορεί να υποστηριχθεί από πλήθος διδακτικών πρακτικών και μεθόδων, όπως η διερευνητική μέθοδος (Inquiry-Based Learning, IBL) και η μέθοδος σχεδίων εργασίας ή project (Project-Based Learning), και να ενισχύσει την ανάπτυξη ανώτερων γνωστικών αλλά και κοινωνικο-συναισθηματικών δεξιοτήτων, των δεξιοτήτων του 21^{ου} αιώνα. Τα παραδοσιακά μαθήματα που άπτονται των πεδίων STEM (ΦΕ, Τεχνολογία ή Μαθηματικά) δεν είναι δυνατό να αντικατασταθούν εξ ολοκλήρου, ωστόσο φαίνεται πως οφείλουν να εμπλουτιστούν και να προσανατολιστούν στην εκπαίδευση STEM. Παρόλα αυτά, η έρευνα σχετικά με την ενσωμάτωση στοιχείων της εκπαίδευσης STEM στη διδασκαλία των βασικών μαθημάτων είναι σχετικά περιορισμένη. Σε αυτή την κατεύθυνση, διενεργήθηκε η παρούσα μελέτη με σκοπό να ενσωματώσει στοιχεία της εκπαίδευσης STEM στη διερευνητική μέθοδο διδασκαλίας και μάθησης των τριών νόμων του Νεύτωνα για τη Β' Γυμνασίου. Η μελέτη περιλαμβάνει δύο μέρη, το θεωρητικό πλαίσιο και το ερευνητικό.

Το θεωρητικό πλαίσιο αποτελείται από δύο κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο επιχειρείται η αποσαφήνιση των όρων που σχετίζονται με την εκπαίδευση STEM και γίνεται μια ιστορική αναδρομή ώστε να γίνουν κατανοητές οι ιστορικές, κοινωνικές, οικονομικές και πολιτικές συνθήκες βάσει των οποίων αναπτύχθηκε. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κυριότερες θεωρίες μάθησης που θεμελιώνουν την εκπαίδευση STEM και γίνεται αναφορά στις βασικότερες μεθόδους και πρακτικές υλοποίησης δράσεων STEM. Τέλος, παρουσιάζονται ο σκοπός και οι στόχοι της εκπαίδευσης STEM και συζητούνται οι περιορισμοί και οι προκλήσεις που καλείται να αντιμετωπίσει. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο σχεδιασμός των τριών

διδασκαλίας των νόμων του Νεύτωνα, σύμφωνα με τη διερευνητική μέθοδο που υιοθετήθηκε στην παρούσα έρευνα, μέθοδος που είναι απόλυτα συνυφασμένη με τη διδασκαλία και μάθηση των ΦΕ.

Το τρίτο και τέταρτο κεφάλαιο της μελέτης αποτελούν το δεύτερο μέρος της εργασίας, το ερευνητικό πλαίσιο. Στο τρίτο κεφάλαιο αναπτύσσεται η μεθοδολογία της έρευνας και περιλαμβάνει την παρουσίαση της ερευνητικής μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για τη διεξαγωγή της έρευνας δράσης και μία σύντομη επισκόπηση ερευνών που σχετίζονται με την εφαρμογή δράσεων STEM στην τυπική, δευτεροβάθμια εκπαίδευση στην Ελλάδα, το σκοπό της έρευνας και τα ερευνητικά ερωτήματα. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα ερευνητικά εργαλεία με τα οποία επιχειρήθηκε να διερευνηθεί η κατανόηση του γνωστικού περιεχομένου και η αποτίμηση της συμμετοχής και της ανάπτυξης δεξιοτήτων 4Cs των μαθητών που συμμετείχαν στη διδακτική παρέμβαση υλοποίησης των τριών σεναρίων. Τέλος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της διδακτικής παρέμβασης που προέκυψαν μετά τη συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων της έρευνας. Στο τέταρτο, και τελευταίο, κεφάλαιο της εργασίας αναφέρονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της έρευνας, συζητούνται οι περιορισμοί της και γίνονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

ΜΕΡΟΣ Α: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εκπαίδευση STEM

Σε αυτό το κεφάλαιο επιχειρείται η αποσαφήνιση των όρων που σχετίζονται με την εκπαίδευση STEM και γίνεται μια ιστορική αναδρομή της εκπαίδευσης STEM, ώστε να ορισθεί το πλαίσιο για την κατανόηση των ιστορικών, κοινωνικών, οικονομικών και πολιτικών συνθηκών βάσει των οποίων αναπτύχθηκε η εκπαίδευση STEM. Στη συνέχεια, αναλύονται οι κυριότερες θεωρίες μάθησης που θεμελιώνουν την εκπαίδευση STEM καθώς και οι βασικότερες μέθοδοι με τις οποίες προτείνεται να υλοποιείται αυτή η προσέγγιση στην πράξη. Τέλος, καταγράφονται οι βασικές αρχές, ο σκοπός και οι στόχοι της εκπαίδευσης STEM, όπως προκύπτουν από ποικίλες πηγές της διεθνούς βιβλιογραφίας, ενώ συζητούνται οι περιορισμοί της.

1.1 Η ολοκληρωμένη προσέγγιση STEM στην εκπαίδευση

Η εκπαίδευση STEM αφορά τη διεπιστημονική προσέγγιση θεμάτων που άπτονται των Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών (Science, Technology, Engineering & Mathematics) με βιωματικές, διερευνητικές, εποικοδομητικές και συνεργατικές δραστηριότητες. Μπορεί να προσαρμοστεί σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, από την προσχολική έως και την τριτοβάθμια εκπαίδευση, στην τυπική ή μη τυπική εκπαίδευση, και αφορά την εμπλοκή των μαθητών στην επίλυση πραγματικών προβλημάτων της καθημερινής ζωής και του φυσικού κόσμου, παράλληλα με την ανάπτυξη γνωστικών, προσωπικών και διαπροσωπικών δεξιοτήτων (Wang, Moore, Roehrig & Park, 2011· Gonzalez & Kuenzi, 2012· Bybee, 2012· Sanders, 2012· Kennedy & Odell, 2014· Adel El Sayary, Forawi & Mansour, N, 2015· Siekmann & Korbel, 2016· National Science and Technology Council, NSTC, 2018· McLure, Tang & Williams, 2022). Πλέον γίνεται λόγος για την «ολοκληρωμένη» εκπαίδευση STEM ή την εκπαίδευση με την «ενσωμάτωση» των πεδίων STEM, όρος που συζητείται εκτενέστερα στην ενότητα 1.1.2.

Όσον αφορά τα γνωστικά πεδία που εμπλέκονται στον όρο «STEM», το Εθνικό Συμβούλιο Ερευνών των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (ΗΠΑ) διακρίνει τα

αρχικά S., T., E. και M., ως εξής (National Research Council, NRC, 2011, 2012, 2014· Asunda, 2012· Bybee, 2012· Department of Education, Ireland, 2017· Psycharis, Kalovrektis & Xenakis, 2020):

- **S (Science):** ο όρος «Επιστήμες», περιλαμβάνει αυτές που έχουν καθιερωθεί στη χώρα μας ως Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) συμπεριλαμβανομένων και των υποπεδίων τους. Έτσι μπορεί να περιλαμβάνει τη Φυσική, τη Βιολογία, τη Χημεία, ως 'μητρικές' επιστήμες, αλλά και τη Βιοχημεία, τη Βιο-ιατρική, τη Διαστημική και τη Γεωλογία κ.ά. ως παράγωγες ή 'θυγατρικές' επιστήμες. Οι ΦΕ έχουν ως αντικείμενο τη μελέτη του φυσικού κόσμου και την ερμηνεία των φαινομένων του, με σκοπό να παρέχουν εξήγηση για κάθε τι επιστητό. Εκτός του ότι αποτελούν ένα μεγάλο πεδίο γνώσης και συσσωρευμένων πληροφοριών, περιλαμβάνουν τις δικές τους μεθόδους και διαδικασίες όπως η μέθοδος της επιστημονικής διερεύνησης και του αποδεικτικού πειραματισμού, που χρησιμοποιούνται ήδη στην εκπαίδευση. Η γνώση που παράγεται από τις ΦΕ εμπλουτίζει τα γνωστικά αντικείμενα των υπόλοιπων πεδίων STEM αλλά και υποστηρίζεται και ενισχύεται από αυτά.
- **T (Technology):** η Τεχνολογία περιλαμβάνει όλες τις εφαρμογές της βιομηχανίας και των εφαρμοσμένων επιστημών, των μεταφορών, των επικοινωνιών, της πληροφορικής κ.ά. Οι εφαρμογές αυτές εμπεριέχουν και αξιοποιούν την επιστημονική γνώση που παράγεται από άλλους τομείς προς κάποιο πρακτικό όφελος. Όπως ήδη αναφέρθηκε, η Τεχνολογία ενισχύεται από τις ΦΕ και, παράλληλα, δημιουργεί αντικείμενα, προϊόντα και εφαρμογές που συντελούν στην ανάπτυξη των επιστημών.
- **E (Engineering):** η Μηχανική περιλαμβάνει όλες τις εφαρμογές των ειδικοτήτων της μηχανολογίας, της ηλεκτρολογίας, της ηλεκτρονικής, των αυτοματισμών κ.ά. και αφορά τον σχεδιασμό και την κατασκευή τεχνουργημάτων, κατασκευών και μηχανημάτων ή μηχανισμών, με σκοπό την επίλυση ενός προβλήματος ή τη βελτίωση μιας διαδικασίας. Αυτός ο προσανατολισμός της Μηχανικής στην επίλυση προβλημάτων, διέπει και την εκπαίδευση STEM. Ομοίως με την Τεχνολογία, η Μηχανική τροφοδοτείται γνωστικά από τις ΦΕ και ταυτόχρονα, διευρύνει τα όριά τους.
- **M (Mathematics):** τα Μαθηματικά (άλγεβρα, γεωμετρία, εφαρμοσμένα μαθηματικά, μαθηματική λογική κ.ά.) αποτελούν τον σκελετό του

οικοδομήματος της σύνθεσης των παραπάνω πεδίων. Σε αντίθεση με τις άλλες επιστήμες, η μαθηματική τεκμηρίωση γίνεται μέσω λογικών επιχειρημάτων που ανάγονται σε θεμελιώδεις παραδοχές. Δεν κρίνεται απαραίτητη περαιτέρω αναφορά στη σύνδεση των Μαθηματικών με τις Επιστήμες ή τη Μηχανική, καθώς είναι, αξιωματικά, άρρηκτα συνδεδεμένες.

Μετά το 2010, άρχισε να χρησιμοποιείται συχνά και το ακρωνύμιο STEAM με το γράμμα A ως το αρχικό της λέξη Arts (Τέχνες), ώστε να ενισχυθεί η εκφραστικότητα, ο συναισθηματισμός, η διέγερση της δημιουργικότητας και της φαντασίας, ως στοιχεία της κοινωνικής αλληλεπίδρασης και εκφράσεις του ανθρώπινου πολιτισμού¹. Οι Τέχνες περιλαμβάνουν τη γλώσσα και την επικοινωνία, τη φυσική αγωγή και τον αθλητισμό, τις Ανθρωπιστικές Επιστήμες (Φιλοσοφία, Ιστορία, Πολιτικές Επιστήμες, Ψυχολογία, Κοινωνιολογία, Εκπαίδευση κ.ά.). Έτσι, δίνουν τη δυνατότητα μιας πιο δημιουργικής, καλλιτεχνικής και κοινωνικοπολιτισμικής αλληλεπίδρασης των εμπλεκόμενων πεδίων (Yakman, 2008, Yakman & Lee, 2012, Daugherty, 2013, Watson & Watson, 2013, Ghanbari, 2015). Σε αυτή την κατεύθυνση, η εκπαίδευση STEAM, ή STE(A)M όπως αναφέρεται και στο νέο αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (ΠΣ) της Φυσικής Γυμνασίου (Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, ΙΕΠ, 2015), περιλαμβάνει δραστηριότητες δημιουργικότητας, εφευρετικότητας, καινοτομίας, μηχανικής σχεδίασης ή σχεδιασμού Μηχανικής² (Engineering design), αλλά και ελέγχου της αισθητικής των παραγόμενων αποτελεσμάτων με τρόπο που κεντρίζει το ενδιαφέρον όλων των ηλικιών και καθιστά τους μαθητές ικανούς να βλέπουν τον κόσμο από πολλές οπτικές γωνίες (Watson & Watson, 2013· Παλιούρας & Ψυχάρης, 2017· Psycharis κ. συν., 2020· Kastriti, Kalogiannakis, Psycharis & Vavougiος, 2022).

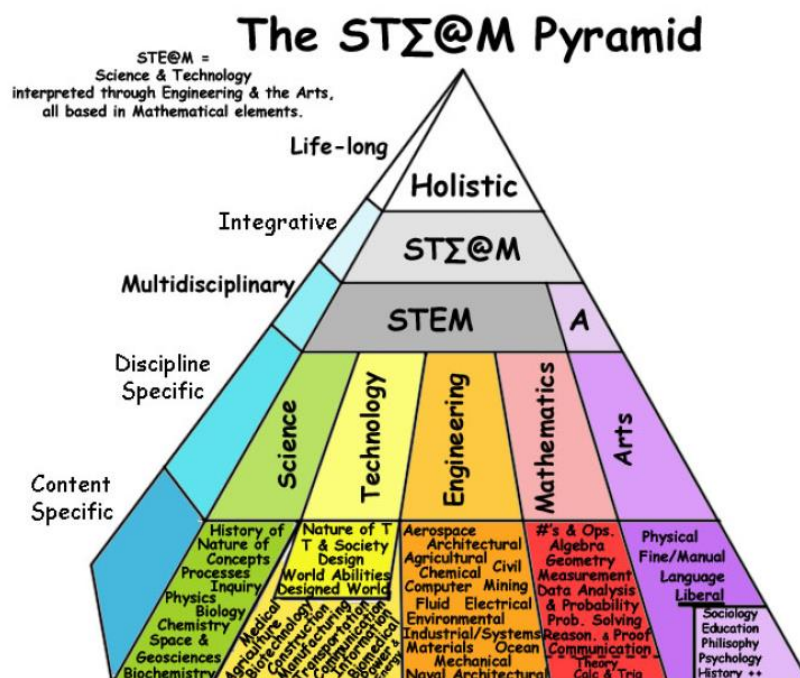
Επίσης, τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται και το ακρωνύμιο STREM ή STREAM, όπου το 'R' αναφέρεται στο πεδίο Robotics (Ρομποτική), το οποίο συνενώνει στοιχεία από πολλούς τομείς όπως η τεχνολογία, οι αυτοματισμοί, η πληροφορική κ.ά. Έχει εντοπιστεί στη βιβλιογραφία, το γράμμα R να χρησιμοποιείται ως Reading (ανάγνωση), για να αναδείξει τη σημασία των θεωρητικών, ανθρωπιστικών

¹ Οι Siekmann & Korbel (2016) αναφέρουν το ακρωνύμιο HASS το οποίο αντιπροσωπεύει τις λέξεις Humanities, Art and Social Sciences (Ανθρωπιστικές Επιστήμες, Τέχνες και Κοινωνικές Επιστήμες).

² Σύμφωνα με την Εθνική Ένωση Κυβερνητών (National Governors Association, NGA, 2007) μηχανική σχεδίαση, σχεδιασμός Μηχανικής ή σχεδιασμός των Μηχανικών (engineering design), είναι η συστηματική και δημιουργική εφαρμογή των επιστημονικών, συμπεριλαμβανομένων και των μαθηματικών, αρχών για πρακτικούς σκοπούς, όπως είναι ο σχεδιασμός, η κατασκευή και η λειτουργία κατασκευών, μηχανών, διεργασιών και συστημάτων, με αποδοτικό και οικονομικό τρόπο (NGA, 2007).

σπουδών στην κατανόηση των πεδίων STEM και τη σύνδεσή τους με την κοινωνία, την οικονομία και το περιβάλλον (Gardner & Tillotson, 2019).

Παρατηρείται πως όλα τα αναφερθέντα πεδία εμπλέκονται, αλληλοσυμπληρώνονται και στηρίζονται τόσο πολύ το ένα στο άλλο, που οι έννοιες, τα προβλήματα και τα φαινόμενα του φυσικού κόσμου δεν μπορεί παρά να προσεγγιστούν με τη διεπιστημονικότητα και την πολυεπίπεδη, ολιστική ανάλυση που προσφέρει η ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM. Ενδεικτικά, απεικονίζεται στο σχήμα 1.1 το διάγραμμα πυραμίδας της Yakman (2008) το οποίο οικοδομεί το πλαίσιο και αναδεικνύει τη διάδραση των εμπλεκόμενων πεδίων.



Σχήμα 1.1 Πυραμίδα Yakman (2008, σελ. 18)

Παρά την πολύ σημαντική σύνδεση των Τεχνών με την εκπαίδευση STEM, σε αυτή τη διπλωματική εργασία υιοθετείται ο όρος STEM λόγω του ασύγκριτα μεγαλύτερου όγκου βιβλιογραφικών πηγών και αναφορών και λόγω του περιεχομένου των προτεινόμενων δραστηριοτήτων που θα ακολουθήσουν στο ερευνητικό μέρος της εργασίας.

1.1.1 Ιστορική αναδρομή της εκπαίδευσης STEM

Πολλοί ιστορικοί της εκπαίδευσης τοποθετούν την απαρχή της ανάπτυξης του ενδιαφέροντος για την εκπαίδευση των επιστημών και της τεχνολογίας στη διεξαγωγή του πρώτου Κογκρέσου των Η.Π.Α και το κάλεσμα του προέδρου George Washington το 1790 για την προώθηση της επιστημονική γνώσης για το καλό της «δημοκρατίας» και της «πολιτείας» (Gonzales & Kuenzi, 2012). Ισχυρό κίνητρο για τη θεμελίωση ενός εκπαιδευτικού πλαισίου που προωθεί τις Επιστήμες, τη Μηχανική και την Τεχνολογία, αποτέλεσε η εμπλοκή των Η.Π.Α. στον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, και μετέπειτα η αποστολή του δορυφόρου Sputnik ως ερέθισμα από το, τότε, αντίπαλο δέος των Η.Π.Α., τη Σοβιετική Ένωση, το 1957 (McComas, 2009· Sanders, 2009· Bybee, 2012· Chesky & Wolfmeyer, 2015· Euefueno, 2019· Gonzales & Kuenzi, 2021). Έκτοτε έγιναν αρκετές προσπάθειες συστηματικοποίησης της εκπαιδευτικής πολιτικής σε θέματα εκπαίδευσης επιστημών, παράλληλα με την ανατροπή που προσέφερε η ανάπτυξη των γνωστικών θεωριών μάθησης και των εργαλείων τους. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη νέων αναλυτικών προγραμμάτων για τη Φυσική, τη Χημεία, τη Βιολογία και λίγο αργότερα τη Γεωλογία, με την είσοδο πειραματικών δραστηριοτήτων και την εστίαση στην ανάπτυξη γνωστικών δεξιοτήτων. Παράλληλα, άρχισε να γίνεται προσπάθεια ενσωμάτωσης των πεδίων των επιστημών και των μαθηματικών και, παρομοίως της μηχανικής και τις τεχνολογίας, με διεπιστημονικές προσεγγίσεις σε ζητήματα και φαινόμενα του πραγματικού κόσμου (Bybee, 2012).

Προπομπός της εκπαίδευσης STEM θεωρείται το «Project 2061», του 1985, της Αμερικανικής Ένωσης για την Πρόοδο της Επιστήμης (American Association for the Advancement of Science, AAAS, στο Ramaley, 2009 και στο McComas, 2009), που αναδεικνύει τη σημασία σύνδεσης των Επιστημών, των Μαθηματικών και της Τεχνολογίας και το ρόλο τους στην κοινωνία. Το «Project 2061» είχε στόχο την ενίσχυση του επιστημονικού και τεχνολογικού εγγραμματισμού, με την έρευνα και ανάπτυξη σε 5 τομείς: τους εκπαιδευτικούς στόχους, το εκπαιδευτικό υλικό, τη διδασκαλία και τη μάθηση, τον έλεγχο και την αξιολόγηση και τις προεκτάσεις της εκπαίδευσης στην οικογένεια και την κοινωνία (McComas, 2009· Firman, Rustaman & Suwarma, 2015· Wells, 2019).

Όπως αναφέρει ο McComas (2009), από το 1990, το Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών των Η.Π.Α. (National Science Foundation, NSF) χρησιμοποιούσε τον όρο SMET, με τα ίδια αρχικά, σε άλλη σειρά, όχι τόσο εύηχη. Υπήρχαν ωστόσο και άλλα ακρωνύμια,

που χρησιμοποιήθηκαν κατά διαστήματα από το NSF, όπως IMaST (Integrated Math, Science and Technology) ή το MSTE (Mathematics, Science and Technology Education) αλλά δεν γνώρισαν μεγάλη αποδοχή (Siekman & Korbel, 2016· Wells, 2019). Ο όρος STEM διατυπώθηκε από τη βιολόγο και διευθύντρια του Ιδρύματος NSF, Judith A. Ramaley το 2001 και έδωσε νέα ώθηση στην εφαρμογή της εκπαίδευσης STEM (Ramaley, Olds & Earle, 2005). Η δημιουργία του προγράμματος σπουδών «Πτυχίο στην Εκπαίδευση STEM» («Degree in STEM Education») στο Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο της Βιρτζίνια των Η.Π.Α. το 2005, αποτέλεσε την επίσημη εισαγωγή της εκπαίδευσης STEM στην τριτοβάθμια εκπαίδευση (Sanders, 2009· Martín-Páez, Aguilera, Perales-Palacios, & Vílchez-González, 2019).

Τη μαζικοποίηση του ενδιαφέροντος για την εκπαίδευση STEM την πυροδότησε ο Πρόεδρος των Η.Π.Α., Barrack Obama, ο οποίος το 2009³ ανακοίνωσε την πρωτοβουλία 'Educate to Innovate' και χαρακτήρισε την εκπαίδευση στις Επιστήμες, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά ως παράγοντα ενίσχυσης του ρόλου των Η.Π.Α. ως κινητήρια δύναμη των επιστημονικών ανακαλύψεων και καινοτομιών στον κόσμο. Έκτοτε, πολλές χώρες έχουν εντάξει την εκπαίδευση STEM ή STEAM στα αναλυτικά τους προγράμματα (Καναδάς, Αυστραλία, Κίνα, Ιαπωνία, Ινδία, Νότιος Κορέα, Σιγκαπούρη Ισραήλ κ.ά.). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η αύξηση των προγραμμάτων STEM στις χώρες της Ασίας όπου οι μαθητές των συγκεκριμένων πεδίων αποτελούν περίπου το 20% του μαθητικού πληθυσμού σε σύγκριση με το αντίστοιχο 2% των μαθητών της Ευρώπης (Kennedy & Odell, 2014).

Στην Ευρώπη, η εκπαίδευση STEM προωθείται μέσω του Ευρωπαϊκού Σχολικού Δικτύου (European Schoolnet, <http://www.eun.org/>) και κυρίως του Ευρωπαϊκού Δικτύου Επιστημών (Scientix, <https://www.scientix.eu/>) που από το 2009, διοργανώνει προγράμματα συγκέντρωσης και παρουσίασης έργων STEM και ενισχύει τη διεθνή συνεργασία και επικοινωνία μεταξύ πολλών εκπαιδευτικών κοινοτήτων. Παρόμοιες πρωτοβουλίες για την προώθηση της εκπαίδευσης STEM περιλαμβάνουν τον συνασπισμό EU STEM Coalition (<https://www.stemcoalition.eu/>) και τη STEM Alliance (<http://www.stemalliance.eu/>), που λειτουργούν διασυνδέοντας τα Υπουργεία Παιδείας αρκετών χωρών, εκπαιδευτικούς οργανισμούς και επιχειρήσεις. Σταδιακά, εισάγεται στα επίσημα αναλυτικά προγράμματα ολόένα και περισσότερων χωρών της

³ Ένα χρόνο νωρίτερα είχε κατατεθεί στο Λευκό Οίκο και ταυτόχρονα στη Γερουσία των Η.Π.Α. η πράξη "Enhancing Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Education Act of 2008" (eSTEM Act, H.R 6104, στο Wells, 2019).

Ευρώπης. Όπως αναφέρεται στη σχετική έκθεση του Συνδέσμου Επιχειρήσεων και Βιομηχανιών (ΣΕΒ, 2021), πρωτοπόρος στην εκπαίδευση STEM στην Ευρώπη φαίνεται να είναι η Γερμανία, η οποία έχει το ψηλότερο ποσοστό αποφοίτων εκπαιδευτικών προγραμμάτων STEM⁴ και ταυτόχρονα χαμηλό ποσοστό ανεργίας αποφοίτων που σχετίζονται με επαγγέλματα της εκπαίδευσης STEM. Εξίσου αναγνωρισμένη είναι η εκπαίδευση STEM στο Ηνωμένο Βασίλειο στο οποίο μέσω του National STEM Centre (2014) (<https://www.stem.org.uk/>) προσφέρονται πολλά προγράμματα εκπαίδευσης και ενημέρωσης σε εκπαιδευτικούς και μαθητές.

1.1.2 Η εκπαίδευση STEM στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, μόλις τις δύο τελευταίες δεκαετίες άρχισαν να εισάγονται θεσμοθετημένα οι Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) στην εκπαίδευση, με επιμορφώσεις εκπαιδευτικών και εισαγωγική θεματικών και εργαλείων ΤΠΕ στα αναλυτικά προγράμματα διδασκαλίας. Όσον αφορά την εκπαίδευση STEM ως προέκταση των ΤΠΕ στην εκπαίδευση, το ΙΕΠ, με πράξη του 2015, προτείνει να ενταχθεί η Φυσική Γυμνασίου στο ευρύτερο πλαίσιο διδασκαλίας STEM, παρακινώντας στον σχεδιασμό αντίστοιχων αναλυτικών προγραμμάτων, με στόχο την ολιστική αντιμετώπιση προβλημάτων και τη γεφύρωση του χάσματος ανάμεσα στην επιστήμη και τις εφαρμογές της. Σε αυτή τη κατεύθυνση προτείνεται να εφαρμόζονται διεπιστημονικά και διαθεματικά σενάρια που αξιοποιούν συνδυαστικά ψηφιακούς πόρους, λαμβάνοντας δεδομένα από τα κλασικά πειράματα που πραγματοποιούνται στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, από προσομοιώσεις ή από δράσεις πεδίου (ΙΕΠ, 2015). Τα νέα αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών (ΠΣ, 2022) για το μάθημα της Φυσικής του Γυμνασίου αναφέρονται στον όρο STE(A)M συνδέοντας τον με την εκπαιδευτική ρομποτική (ΠΣ ΙΕΠ, 2022, σελ. 7, παρ. “Αισθητήρες και απτήρες – ψηφιακές τεχνολογίες”). Ωστόσο, ο Οδηγός του Εκπαιδευτικού του Προγράμματος Σπουδών για το μάθημα της Φυσικής στο Γυμνάσιο, του ΙΕΠ, αναφέρει τον όρο STE(A)M ως ενσωμάτωση της Τεχνολογίας, της Μηχανικής αλλά και της Τέχνης, στο εκπαιδευτικό πλαίσιο της διερεύνησης, με σκοπό την ανάδειξη της διεπιστημονικότητας και την επίτευξη του ψηφιακού και τεχνολογικού

⁴ Ακολουθούν η Γαλλία, η Ιταλία, το Ηνωμένο Βασίλειο και η Ισπανία. Εκτιμάται ότι μέχρι το 2025 η Γαλλία θα ξεπεράσει τη Γερμανία σε αποφοίτους και απασχολούμενους στα πεδία STEM (Shapiro κ. συν., 2015).

εγγραμματισμού, της κριτικής σκέψης, της δημιουργικότητας, της συνεργασίας και επικοινωνίας αλλά και των μεταγνωστικών δεξιοτήτων των μαθητών (Νιζαστάκης, Γκινούδη, Διαμαντής, Δρόλαπας, Καπότης, Κεραμιδάς & Ρουμπέα, 2022). Στο λύκειο, το νέο αναλυτικό ΠΣ για το μάθημα της Φυσικής αναφέρει την εκπαίδευση sSTEM⁵ χρησιμοποιώντας, ως παραλλαγή, τα αρχικά ΦΥ.Τ.ΕΜ.ΜΑ.Γ⁶, όπου το ΦΥ χρησιμοποιείται για τη Φυσική, υποκαθιστώντας στο ακρωνύμιο τις (Φυσικές) Επιστήμες και το Γ, χρησιμοποιείται για τη Γλώσσα⁷. Μάλιστα, στους γενικούς στόχους του ΠΣ αναφέρονται η αξιοποίηση των ιδεών και των διασυνδέσεων των πεδίων ΦΥ.Τ.Ε.Μ.Μ.Α.Γ και δίνονται παραδείγματα τέτοιων διασυνδέσεων σε κάθε ενότητα⁸.

Στη δευτεροβάθμια επαγγελματική εκπαίδευση, το 2017, το Υπουργείο Παιδείας εφάρμοσε πιλοτικά τα “Σχέδια Δράσης” που περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα “Μια Νέα Αρχή στα Επαγγελματικά Λύκεια” (ΜΝΑΕ), ως προγράμματα διεπιστημονικής προσέγγισης των πεδίων STEM που μπορεί να αφορούν και κοινωνικά θέματα ή δράσεις ψυχαγωγίας και πολιτισμού (Φύλλο Εφημερίδας της Κυβερνήσεως, ΦΕΚ 5883/31-12-2018). Το πρόγραμμα εφαρμόστηκε πιλοτικά σε 9 Επαγγελματικά Λύκεια (ΕΠΑΛ) την περίοδο 2017-2018 και προβλεπόταν η δυνατότητα εφαρμογής του σε όλα τα ΕΠΑΛ της χώρας έως το 2021. Φορέας διαχείρισης των Σχεδίων Δράσης (STEAM Projects) είναι το Κέντρο Διάδοσης Επιστημών και Μουσείο Τεχνολογίας ΝΟΗΣΙΣ το οποίο εγκρίνει, οργανώνει και καθοδηγεί τα προτεινόμενα projects (ΦΕΚ 5883/31-12-2018).

Το ΙΕΠ διαθέτει το τμήμα Προγραμμάτων Σπουδών και Εκπαιδευτικού Υλικού (Τμήμα Β'), που περιλαμβάνει την Επιστημονική Μονάδα των Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας, Μαθηματικών και Τεχνών (STEM/STEAM). Το συγκεκριμένο τμήμα γνωμοδοτεί ή εισηγείται για θέματα σχετικά με την εκπαίδευση STEM και προωθεί προτάσεις συμπερίληψης διδακτικών σεναρίων STEM σε ψηφιακά αποθετήρια. Ταυτοχρόνως, η πλατφόρμα Αίσωπος (Aesop, Advanced Electronic Scenarios Operating Platform, <https://aesop.iep.edu.gr/>) περιλαμβάνει ψηφιακό, διαδραστικό

⁵ Ως s στα αρχικά sSTEM, αναφέρεται η Φυσική, και όχι το σύνολο των Επιστημών (ΙΕΠ, 2022).

⁶ ΦΥ: Φυσική, Τ: Τεχνολογία, ΕΜ: Επιστήμες Μηχανικού, ΜΑ: Μαθηματικά, Γ: Γλώσσα.

⁷ Η Γλώσσα αφορά τη σωστή και ακριβή χρήση της ελληνικής γλώσσας και του επιστημονικού λεξιλογίου και στον γραπτό και στον προφορικό λόγο (ΙΕΠ, 2023).

⁸ Για παράδειγμα, στην ενότητα 1. Δυνάμεις – Κινήσεις της Φυσικής Γενικής Παιδείας της Α' Λυκείου, προτείνεται για παράδειγμα η διασύνδεση της Φυσικής με το πεδίο της Μηχανικής (ενότητα: “Είδη Δυνάμεων”), με αναφορά στις τεχνολογικές και μηχανολογικές εφαρμογές των τριβών, ή με το πεδίο της Γλώσσας (ενότητα: “Η έννοια της δύναμης”, απόδοση όρων “συνισταμένη” και “συνιστώσες”).

υλικό, διαθέσιμο σε εκπαιδευτικούς και μαθητές, με πλήθος σεναρίων και δραστηριοτήτων. Παράλληλα, η Ελληνική Εκπαιδευτική Ένωση STEM, E3STEM που ιδρύθηκε το 2012 επιδιώκει την εδραίωση και διάδοση της επιστημολογίας, της μεθοδολογίας και της διδακτικής αναπλαισίωσης των πεδίων STEM στην Ελλάδα (<https://e3stem.edu.gr/wordpress>). Συγχρόνως, δημόσια και ιδιωτικά Κέντρα Δημιουργικής Απασχόλησης Παιδιών (ΚΔΑΠ), ιδιωτικά εκπαιδευτήρια που διοργανώνουν ομίλους και ημερίδες STEM και οι προκηρύξεις πανελλήνιων και διεθνών διαγωνισμών εφευρέσεων, καινοτομιών και ρομποτικής, συνεπικουρούν στη διάδοση της εκπαίδευσης STEM.

Ωστόσο, παρόλο που υπάρχουν προγράμματα⁹ ή χορηγίες για την ενίσχυση της ένταξης δραστηριοτήτων STEM στα δημόσια σχολεία, οι δραστηριότητες STEM υλοποιούνται ως επικουρικές των βασικών γνωστικών πεδίων, συνήθως των Επιστημών (Φυσική, Χημεία, Βιολογία), της Τεχνολογίας, της Πληροφορικής ή των Εργαστηρίων Δεξιοτήτων. Συχνά ακολουθείται η εκπαίδευση με τη μέθοδο σχεδίων εργασίας ή, αλλιώς, μέθοδο project (Project-based Learning). Όπως αναφέρεται στην ενότητα 1.3.2 η μέθοδος project αποτελεί δημοφιλή μέθοδο της εκπαίδευσης STEM, αλλά δεν χρησιμοποιείται μέχρι τώρα επίσημα και συστηματικά ως τέτοια, εντός καθορισμένου αναλυτικού προγράμματος.

Είναι ελπιδοφόρο το γεγονός της πρόσφατης προσπάθειας που πραγματοποιούν τα Ανώτατα Εκπαιδευτικά Ιδρύματα της χώρας στην εκπαίδευση ή μετεκπαίδευση μελλοντικών εκπαιδευτικών ή στην επιμόρφωση των εν ενεργεία εκπαιδευτικών στην εκπαίδευση STEM και φαίνεται πως ολοένα και περισσότεροι εκπαιδευτικοί εντάσσουν, έστω άτυπα, δραστηριότητες STEM στην εκπαιδευτική διαδικασία.

1.1.3 Επιστημολογία εκπαίδευσης STEM

Τα πεδία STEM ως γνωστικά αντικείμενα, το πώς συνδέονται μεταξύ τους, το πώς εφαρμόζεται η εκπαίδευση STEM στην πράξη, καθώς και οι προεκτάσεις τους στην οικονομία, την κοινωνία αλλά και την πολιτική αποτελούν αντικείμενο μιας

⁹ Παραδείγματα ενίσχυσης της εκπαίδευσης STEM στην πράξη αποτελούν τα προγράμματα: «Πρόγραμμα Ρομποτικής και STEAM FLL», από το φορέα Eduact – Δράση για την Εκπαίδευση, «Εκπαιδευτική Ρομποτική Γυμνασίου», από τον Οργανισμό Εκπαιδευτικής Ρομποτικής, Επιστήμης και Τεχνολογίας, «Ανακαλύπτοντας το STEAM (Discovering STEAM)», του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, «Οι Επιστήμονες και οι Μηχανικοί του Αύριο», από την Ελληνική Εκπαιδευτική Ένωση STEM», και άλλα προγράμματα που επιμορφώνουν, οργανώνουν και υποστηρίζουν δράσεις STEM σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης.

ολόκληρης φιλοσοφίας, της φιλοσοφίας STEM. Η φιλοσοφία STEM στηρίζεται σε πέντε πυλώνες, την οντολογία (ontology), τη λογική (logic), την ηθική και τις αξίες (axiology), την αισθητική (aesthetics) και την επιστημολογία (epistemology) των πεδίων STEM (Chesky & Wolfmeyer, 2015). Σε αυτό το σημείο της εργασίας αναπτύσσεται ο πυλώνας της επιστημολογίας, καθώς κρίνεται πολύ σημαντική η κατανόηση της φύσης της εκπαίδευσης STEM και της εμπλοκής των πεδίων της ώστε να είναι εφικτός ο σχεδιασμός, η εφαρμογή και η αποτίμηση διδακτικών σεναρίων που υιοθετούν στοιχεία της προσέγγισης STEM.

Όσον αφορά τη φύση των εκπαιδευτικών προγραμμάτων ή δραστηριοτήτων STEM, παρατηρείται πως η συζήτηση για την επιστημολογία STEM είναι ανοιχτή και διαρκώς μεταβαλλόμενη. Υπάρχουν πολλές προσεγγίσεις σχετικά με το πώς εμπλέκονται και σε τι βαθμό ενσωματώνονται τα γνωστικά αντικείμενα των πεδίων STEM (Ψυχάρης & Καλοβρέκτης, 2017· Psycharis, 2018). Παραδοσιακά, τα τέσσερα πεδία διδάσκονται ξεχωριστά μεταξύ τους, όσο κι αν, αναπόφευκτα, χρησιμοποιούνται έννοιες, εργαλεία ή τεχνικές από ένα πεδίο για να ολοκληρωθεί η διδασκαλία των γνωστικών αντικειμένων ενός άλλου πεδίου¹⁰. Κάθε ένα από αυτά αποτελεί ένα διακριτό αντικείμενο που στη βιβλιογραφία αναφέρεται ως «silo» (Yakman, 2008· Bybee, 2012· Kelley & Knowles, 2016· Wells, 2019).

Οι Yakman & Hyonyong (2012), όπως και οι Siekmann & Korbel (2016), διαπιστώνουν δύο κύριες προσεγγίσεις στα εν λόγω εκπαιδευτικά προγράμματα. Από τη μία πλευρά υπάρχει η παραδοσιακή, μονοδιάστατη προσέγγιση της διατήρησης των χαρακτηριστικών και του γνωστικού αντικειμένου του κάθε επιστημονικού πεδίου (silo) προς όφελος της εξειδίκευσης στον εκάστοτε τομέα ενώ, από την άλλη πλευρά, η δεύτερη, ολοκληρωμένη, διεπιστημονική προσέγγιση διασυνδέει τα επιστημονικά πεδία προς όφελος της ανάπτυξης της διεπιστημονικότητας (Yakman & Hyonyong, 2012).

Οι Adel El Sayary κ. συν. (2015) αναφέρουν τρεις τρόπους προσέγγισης των πεδίων STEM στην εκπαίδευση, την προσέγγιση των τεσσάρων διακριτών πεδίων, την προσέγγιση που καθιστά κυρίαρχα τα πεδία των επιστημών και των μαθηματικών με

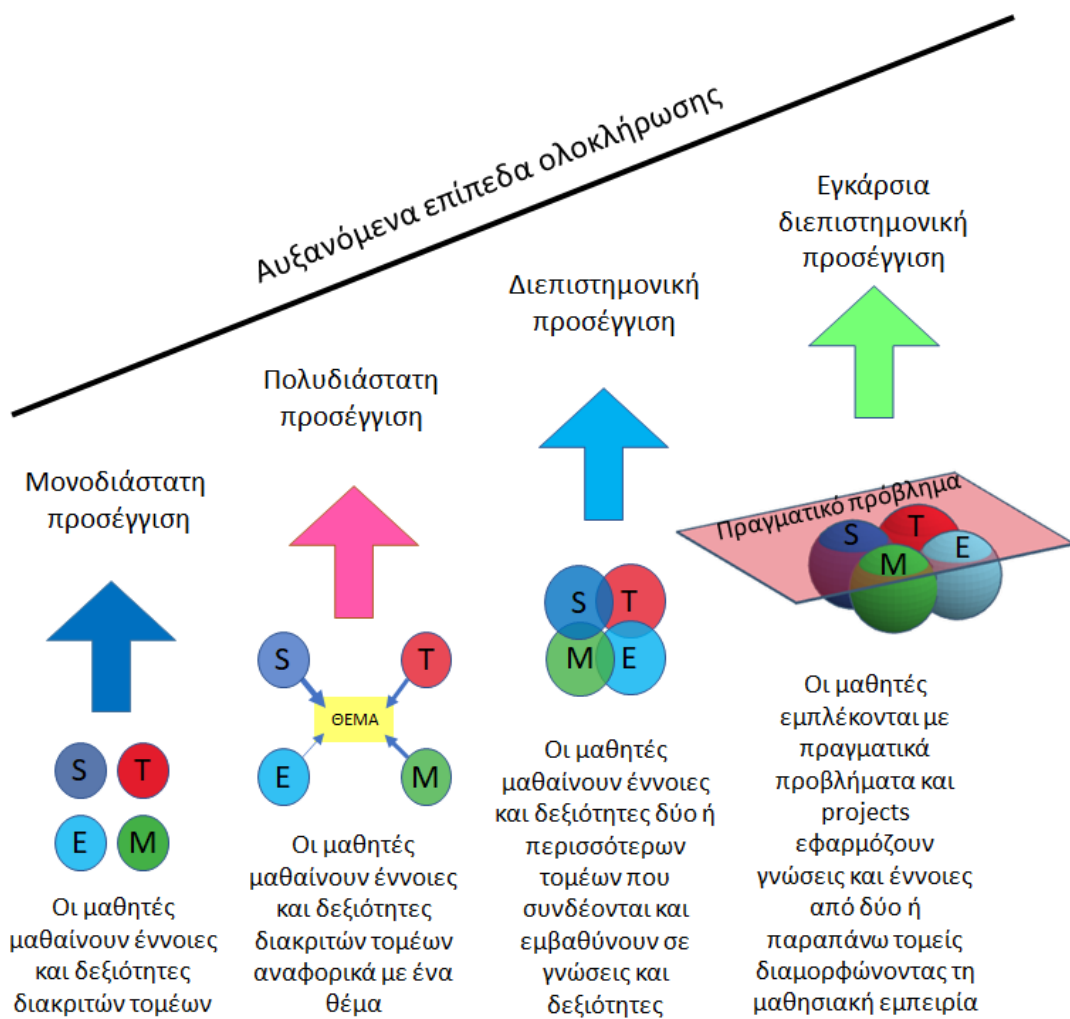
¹⁰ Παραδείγματα αποτελούν η επίλυση μιας κλασικής άσκησης συνάντησης δύο σωμάτων που εκτελούν ευθύγραμμες κινήσεις (φυσική), η οποία απαιτεί εύρεση ριζών τριωνύμου ή παραγοντοποίηση (μαθηματικά) ή η μελέτη της λειτουργίας ενός ηλεκτροκινητήρα (μηχανική), η οποία απαιτεί κατανόηση των ιδιοτήτων των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων ή της δύναμης Laplace που δέχεται ένας ρευματοφόρος αγωγός (φυσική).

απλές αναφορές στην τεχνολογία και τη μηχανική και την προσέγγιση που καθιστά κυρίαρχο το πεδίο της μηχανικής, με εφαρμογές των πεδίων των επιστημών, της τεχνολογίας και των μαθηματικών (Dugger & Fellow, 2011, στο Sayary κ. συν., 2015, σελ. 359).

Πιο αναλυτικά, η Vasquez (2015) παραθέτει τέσσερα μοντέλα διασύνδεσης των πεδίων της εκπαίδευσης STEM (Vasquez, Comer & Sneider, 2013· Vasquez, 2015):

- **το μονοεπιστημονικό μοντέλο (disciplinary model)**, το παραδοσιακό μοντέλο διδασκαλίας που υλοποιείται μέσω αναλυτικών προγραμμάτων, κατά το οποίο τα επιμέρους γνωστικά αντικείμενα των εμπλεκόμενων πεδίων διδάσκονται ξεχωριστά, χωρίς να αναγνωρίζεται ή να ενισχύεται κάποια σύνδεση μεταξύ τους,
- **το πολυεπιστημονικό μοντέλο (multidisciplinary model)**, κατά το οποίο τα γνωστικά αντικείμενα διδάσκονται ξεχωριστά αλλά έχουν ως σημείο αναφοράς ένα συγκεκριμένο θέμα,
- **το διεπιστημονικό μοντέλο (interdisciplinary model)**: με βάση το οποίο το μάθημα οργανώνεται γύρω από τα κοινά σημεία δύο ή περισσότερων επιμέρους γνωστικών πεδίων και εμβαθύνουν στη γνώση και ανάπτυξη δεξιοτήτων, και
- **το εγκάρσιο διεπιστημονικό ή δια-επιστημονικό μοντέλο (transdisciplinary model)**, σύμφωνα με το οποίο, προωθείται η ενεργός συμμετοχή και εμπλοκή των μαθητών, μέσω προβληματισμών και ερωτήσεων, ώστε να συνδεθεί η παρεχόμενη γνώση με τα αυθεντικά, πραγματικά προβλήματα της καθημερινής ζωής, συνδυάζοντας δύο ή περισσότερα πεδία.

Σχηματικά, το επικλινές επίπεδο που σχηματίζουν αυτά τα μοντέλα ως προς την ολοκλήρωση εκπαίδευσης STEM, παρουσιάζεται στο σχήμα 1.2 (Vasquez κ. συν., 2013· Vasquez, 2015· Ψυχάρης & Καλοβρέκτης, 2017).

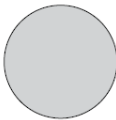

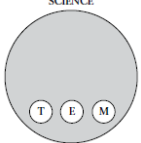

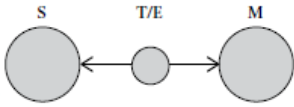
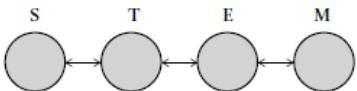
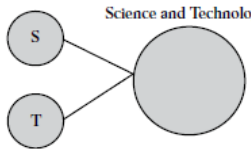
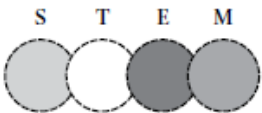
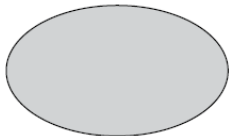


Σχήμα 1.2: Επίπεδα ολοκλήρωσης της εκπαίδευσης STEM κατά Vasquez κ. συν. (2013)

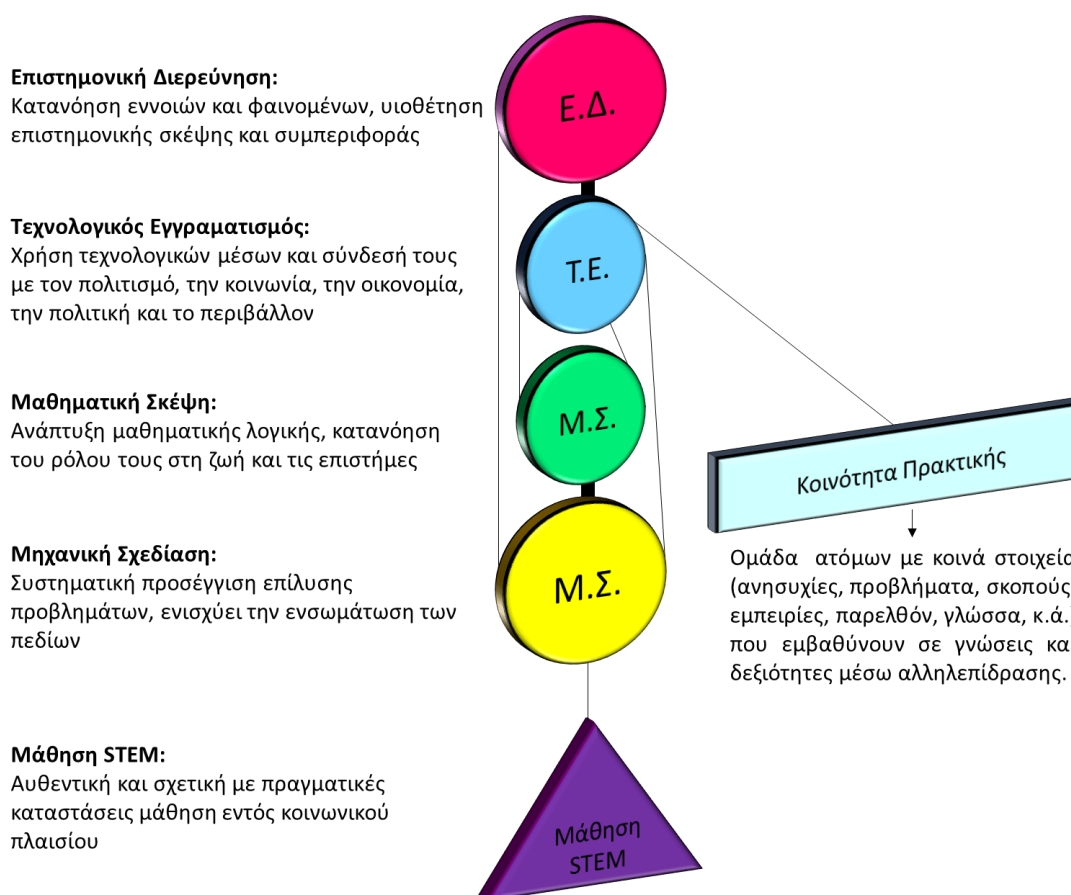
Τα παραπάνω επίπεδα δεν αντικρούονται, αλλά όσο πιο μεγάλος είναι ο βαθμός ενσωμάτωσης των πεδίων τόσο πιο πολύ προσεγγίζεται η ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM (Vasquez κ. συν., 2013· Ψυχάρης & Καλοβρέκτης, 2017).

Μεταξύ των πεδίων STEM μπορούν να υπάρχουν πολλές άλλες διαβαθμίσεις αναλόγως το ποια πεδία συνδέονται, τον τρόπο με τον οποίο συνδέονται ή τη βαρύτητα που κατέχει το κάθε πεδίο στην εκάστοτε προσέγγιση. Αυτές οι διαβαθμίσεις παρουσιάζονται στον πίνακα 1.1 στον οποίο περιλαμβάνεται και η σχηματική απεικόνιση της κάθε προσέγγισης (2012, σελ. 74 - 79).

Πίνακας 1.1 Προσεγγίσεις της εκπαίδευσης STEM

Προσέγγιση	Περιεχόμενο και σύνδεση
<p>Μεμονωμένο πεδίο</p> 	<p>Ένα συγκεκριμένο πεδίο, όπως οι Επιστήμες, τα Μαθηματικά ή η Μηχανική, τα οποία προσεγγίζονται μεμονωμένα και χωρίς καμία σύνδεση με τα άλλα</p>
<p>Πεδία των επιστημών και των μαθηματικών</p> 	<p>Δύο διακριτά πεδία, συνήθως οι Επιστήμες και τα Μαθηματικά, που προσεγγίζονται χωρίς σύνδεση μεταξύ τους</p>
<p>Το πεδίο των επιστημών ενσωματώνει τα άλλα πεδία</p> 	<p>Το πεδίο των Επιστημών (ή των Μαθηματικών) αποτελεί το κυρίαρχο πεδίο και μέσα σε αυτό γίνονται αναφορές ή δίνονται παραδείγματα από άλλα πεδία, όπως της Τεχνολογίας ή της Μηχανικής, με διάφορες παραλλαγές</p>
<p>Τέσσερα διακριτά πεδία</p> 	<p>Γίνεται αναφορά και στα τέσσερα πεδία (silos), με διάκριση μεταξύ τους (είτε σε τέσσερα διαφορετικά μαθήματα, είτε σε διαφορετικές ενότητες σε ένα μάθημα)</p>
<p>Τα πεδία των επιστημών και των μαθηματικών συνδέονται μέσω της τεχνολογίας ή της μηχανικής</p> 	<p>Τα πεδία των Επιστημών και των Μαθηματικών είναι μεταξύ τους διακριτά πεδία (silos) τα οποία συνδέονται μέσω κάποιου προγράμματος που δίνει έμφαση στην Τεχνολογία ή τη Μηχανική</p>
<p>Τα πεδία STEM συντονίζονται</p> 	<p>Υπάρχει σύνδεση μεταξύ τουλάχιστον δύο πεδίων (ιδανικά και των τεσσάρων), όπου έννοιες και διαδικασίες συντονίζονται μεταξύ τους</p>
<p>Συνδυασμός δύο ή περισσότερων πεδίων</p> 	<p>Επιτυγχάνεται κάποιος βαθμός «ολοκλήρωσης» και ενσωμάτωσης δύο ή περισσότερων πεδίων STEM, όπου δίνεται ίδια έμφαση στο καθένα για τη δημιουργία ενός νέου μαθήματος</p>
<p>Πεδία που επικαλύπτονται συμπληρωματικά</p> 	<p>Γίνεται ενσωμάτωση των πεδίων, με τη διαδοχική επικάλυψη τους, για την ολοκλήρωση μιας διερεύνησης ή την επίλυση ενός προβλήματος</p>
<p>Δια-επιστημονική προσέγγιση</p> 	<p>Η ενσωμάτωση των πεδίων STEM αντιμετωπίζει σύνθετα πραγματικά προβλήματα επιτυγχάνοντας έτσι μια ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM</p>

Σχετικά με την ολοκλήρωση και την ενσωμάτωση των πεδίων STEM μεταξύ τους, ενδιαφέρον παρουσιάζει η πρόταση των Kelley & Knowles (2016), οι οποίοι ανέπτυξαν το ‘μοντέλο της τροχαλίας’ για να αναπαραστήσουν το εννοιολογικό πλαίσιο της εκπαίδευσης STEM. Στο εννοιολογικό τους πλαίσιο περιλαμβάνονται ως κεντρικές έννοιες η εγκαθιδρυμένη μάθηση STEM, η μηχανική σχεδίαση, η μαθηματική σκέψη, ο τεχνολογικός εγγραμματισμός και η επιστημονική διερεύνηση, στο πλαίσιο μιας κοινότητας πρακτικής, έννοιες που επεξηγούνται συνοπτικά στο σχήμα 1.3 (Kelley & Knowles, 2016· Ψυχάρης & Καλοβρέκτης, 2017).



Σχήμα 1.3 Εννοιολογικό πλαίσιο ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM των Kelley & Knowles (2016)

Όπως αναφέρουν οι Kelley & Knowles (2016), δεν είναι αυτοσκοπός η καθολική ολοκλήρωση των πεδίων σε κάθε υλοποίηση δραστηριοτήτων STEM, αλλά η καλύτερη κατανόηση της συσχέτισης μεταξύ τους, ενώ υπάρχουν αδιαμφισβήτητοι περιορισμοί σχετικά με την εφαρμογή αυτού του μοντέλου, όπως η μη καταλληλότητα κάποιων μεθόδων στην κατανόηση κάποιων γνωστικών αντικειμένων ή η διαφορετική

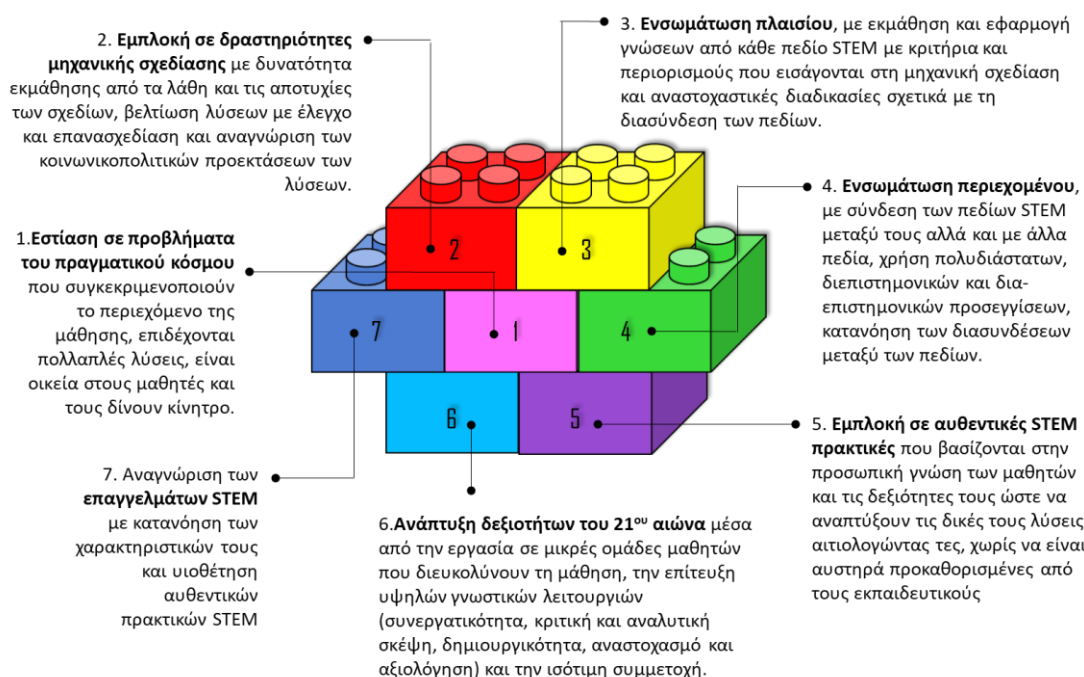
απόδοση που έχουν κάποιοι μαθητές ως μέλη ομάδων (Kelley & Knowles, 2016). Σε παρόμοιο συμπέρασμα καταλήγει και ο Sanders (2008, 2012) ο οποίος εξελίσσει την έννοια «εκπαίδευση STEM» σε «ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM» αναφερόμενος στη μάθηση με βάση την τεχνολογική/μηχανική σχεδίαση που ενσωματώνει συστηματικά έννοιες και πρακτικές των επιστημών και των μαθηματικών και η οποία μπορεί να εμπλουτιστεί με έννοιες από άλλα γνωστικά αντικείμενα, όπως η γλώσσα, οι τέχνες, οι κοινωνικές επιστήμες κ.ά. (Sanders, 2008, 2012· Martín-Páez κ. συν., 2019).

Όσον αφορά την παιδαγωγική θεωρία που πλαισιώνει και υποστηρίζει την εκπαίδευση STEM, πρόκειται για μια μαθητοκεντρική και διεπιστημονική εκπαιδευτική προσέγγιση που βασίζεται ταυτόχρονα στη βιωματική μάθηση και την εποικοδομητική προσέγγιση στη μάθηση, ενώ συνδέεται με τον κονστραξιονισμό αλλά και με τις κοινωνικοπολιτισμικές θεωρίες μάθησης. Υλοποιείται δε, μέσω διαφόρων μεθόδων διδασκαλίας. Στις εφαρμογές της εκπαίδευσης STEM συναντάται κυρίως η επίλυση προβλήματος μέσω της μεθόδου συνθετικών εργασιών (project), με διάφορες παραλλαγές ή και συνδυασμούς με άλλα μοντέλα διδασκαλίας. Ωστόσο, χρησιμοποιούνται ευρέως και άλλες μέθοδοι υλοποίησης, αναλόγως τη φύση του θέματος ή του προβλήματος προς μελέτη, τα επιδιωκόμενα μαθησιακά αποτελέσματα σε γνώσεις και δεξιότητες, τον επιθυμητό βαθμό εμπλοκής του εκπαιδευτικού κ.ά. (Kennedy & Odell, 2004· Kastriti κ. συν., 2022· Kastriti, Kalogiannakis, Psycharis & Vanougiος, 2022). Περισσότερα για τις μεθόδους υλοποίησης της εκπαίδευσης STEM στην εκπαιδευτική πράξη αναλύονται στην ενότητα 1.3.

Εκτός από τον όρο «εκπαίδευση STEM», έχει καθιερωθεί και ο όρος «δεξιότητες STEM», για να περιγράψει τις δεξιότητες που αναπτύσσονται με τη συμμετοχή και υλοποίηση δραστηριοτήτων STEM. Οι δεξιότητες STEM αφορούν τον συνδυασμό δεξιοτήτων επεξεργασίας πληροφοριών, αναπτυγμένων γνωστικών δεξιοτήτων, τεχνικών επαγγελματικών δεξιοτήτων καθώς και κοινωνικο-συναισθηματικών δεξιοτήτων, όπως η δημιουργική επίλυση προβλήματος και η προσαρμοστικότητα στη δια βίου μάθηση (Siekman & Korbel, 2016). Πολλές από αυτές τις δεξιότητες αποτελούν τις λεγόμενες «δεξιότητες του 21^{ου} αιώνα», οι οποίες θα αναπτυχθούν παρακάτω στην ενότητα 1.4. Επίσης, γίνεται λόγος για τα «επαγγέλματα STEM», επαγγέλματα που περιλαμβάνουν τους επιστήμονες ή επαγγελματίες των προαναφερθέντων πεδίων, τεχνολογικά επαγγέλματα ή επαγγέλματα πληροφορικής, μηχανικούς και τεχνικούς όλων των ειδικοτήτων και

γενικότερα απόφοιτους σχολών που σχετίζονται με τα πεδία STEM (Shapiro, Østergaard & Hougaard, Danish Technological Institute, European Commission, 2015· Korbel, National Centre for Vocational Education Research, 2016).

Συγκεντρώνοντας όλα τα παραπάνω, οι Roehrig, Dare, Ellis & Ring-Whalen (2021) ανέπτυξαν ένα ολοκληρωμένο θεωρητικό πλαίσιο 7 χαρακτηριστικών της εκπαίδευσης STEM στην πράξη, χαρακτηριστικά τα οποία παρουσιάζονται συνοπτικά στο σχήμα 1.4.



Σχήμα 1.4: Τα 7 χαρακτηριστικά της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM¹¹ κατά τους Roehrig κ. συν. (2021)

Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστούν δύο εσφαλμένες αντιλήψεις. Πρώτον, το ότι η εκπαίδευση STEM προετοιμάζει τους μαθητές - μελλοντικούς επαγγελματίες στο να κατακτήσουν κάθε επιστημονικό πεδίο που περιλαμβάνει και, δεύτερον, το ότι κάθε εκπαιδευτικός με αντικείμενο ένα από τα παραπάνω επιστημονικά πεδία έχει την κατάρτιση ή είναι σε θέση να εφαρμόζει την εκπαίδευση STEM (Yakman, 2008· Sanders, 2009). Η εκπαίδευση STEM ενισχύει τη διασύνδεσή των πεδίων με κύριο

¹¹ Ο όρος ‘πρακτικές STEM’ που αναγράφεται στο σχήμα περιλαμβάνει όλες τις ενέργειες που ακολουθούν οι μαθητές ώστε να συλλέξουν, να συνδυάσουν, να διαχειριστούν, να αναλύσουν και να παρουσιάσουν δεδομένα και στοιχεία καθώς και το να επιχειρηματολογήσουν υπέρ των επιλογών τους (Roehrig κ. συν., 2021).

στόχο όχι την κατάκτηση των επιμέρους γνωστικών αντικειμένων αλλά την ανάπτυξη απαραίτητων δεξιοτήτων όπως η προσαρμοστικότητα, η σύνθετη επικοινωνία, οι κοινωνικές δεξιότητες, η δημιουργική επίλυση προβλημάτων, η αυτοδιαχείριση και η ανάπτυξη της συστημικής σκέψης¹² (Bybee, 2010). Επίσης, δεν αφορά μόνο τους μελλοντικούς επαγγελματίες των συγκεκριμένων πεδίων αλλά όλους τους πολίτες που, κατά τον Bybee (2010) θα πρέπει να είναι ικανοί να πάρουν αποφάσεις για σύνθετα θέματα, όπως η προσωπική υγεία, η ποιότητα του περιβάλλοντος, η διαχείριση πόρων ή η εθνική ασφάλεια (Bybee, 2010· Chesky & Wolfmeyer, 2015). Τέλος, πρέπει να γίνει αντιληπτό ότι η ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM δεν υποκαθιστά τη μάθηση και τη διδασκαλία των επιμέρους πεδίων, αλλά καθορίζει το χρόνο, τον τρόπο και τους στόχους της υλοποίησης διεπιστημονικών προσεγγίσεων που πρέπει να παρέχονται συμπληρωματικά της εκπαίδευσης στα επιμέρους πεδία (NRC, 2014).

1.2 Θεωρίες μάθησης που θεμελιώνουν την εκπαίδευση STEM

Η εκπαίδευση που περιλαμβάνει δραστηριότητες STEM συνδυάζει κατά κανόνα βιωματικά, διερευνητικά, ανακαλυπτικά και κοινωνικά – συνεργατικά χαρακτηριστικά αλληλεπίδρασης με τη γνώση και το περιβάλλον των μαθητών. Συγκεντρωτικά, οι κυριότερες σύγχρονες θεωρίες μάθησης που γνώρισαν ευρεία αποδοχή την περίοδο ανάπτυξής τους, παρουσιάζονται στον πίνακα 1.2 (Κολέζα, 2000· Schunk, 2008· Τσούλος, 2012· Κορομπίλη & Τόγια, 2015· Ψυχάρης & Καλοβρέκτης, 2017). Στον πίνακα 1.2 καταγράφεται ο κυριότερος εκπρόσωπος, οι λέξεις-κλειδιά της κάθε θεωρίας, ο τρόπος προσέγγισης της γνώσης, ο ρόλος των εκπαιδευτικών, των μαθητών αλλά και του περιβάλλοντος, καθώς και τα εργαλεία ή μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην εκπαιδευτική διαδικασία, ώστε να αποσαφηνιστεί ο ρόλος της κάθε θεωρίας στην ανάπτυξη της εκπαίδευσης STEM.

¹² Ως συστημική σκέψη ή σκέψη ‘συστημάτων’ (Systems Thinking) νοείται η μέθοδος με την οποία μελετάται ένα σύστημα ως όλον, σύμφωνα με τη Γενική Θεωρία Συστημάτων, μιας προσέγγισης της Παιδαγωγικής Επιστήμης που άνθισε τις δεκαετίες του ’50 και ’60. Ο κύριος εκπρόσωπος αυτής της θεωρίας, ο Bertalanffy όρισε ως σύστημα ένα σύνολο αλληλεπιδρώντων μερών (Κρίβας, 2004). Η συστημική σκέψη προσεγγίζει το σύστημα ως ολότητα που περικλείει περισσότερα νοήματα από την απλή άθροιση των στοιχείων που το αποτελούν. Παρά την αποτελεσματικότητα της αποδόμησης ενός σύνθετου προβλήματος στα στοιχεία που το συνιστούν, η μελέτη ενός συστήματος με τη ‘συστημική σκέψη’ ανιχνεύει συσχετίσεις μεταξύ των μερών και μοτίβα που επαναλαμβάνονται ή εξελίσσονται, με αποτέλεσμα την καθολική διεπιστημονική κατανόηση ενός συστήματος ή φαινομένου συμπεριλαμβανομένων και των διασυνδέσεων με άλλα φαινόμενα ή άλλα πεδία (Koral Kordova, Frank, Nissel Miller, 2018).

Πίνακας 1.2: Συγκεντρωτικός πίνακας βασικών θεωριών μάθησης και χαρακτηριστικών

Θεωρίες	Κυριότεροι Εκπρόσωποι	Λέξεις Κλειδιά	Προσέγγιση στη μάθηση	Ρόλοι			Διδακτικές προσεγγίσεις	
				Εκπαιδευτικός	Μαθητής	Περιβάλλον		
Συμπεριφορισμός	Κλασική Εξαρτημένη Μάθηση	Pavlov, Watson	Ερέθισμα – αντίδραση, συμπεριφορά και ανταμοιβή	Δασκαλοκεντρική - εστιάζουν μόνο στη παρατηρίσιμη συμπεριφορά.	Κυρίαρχος ρόλος - διαμορφώνει τη συμπεριφορά των μαθητών	Παθητικός δέκτης – προσλαμβάνει πληροφορίες – τροποποιεί τη συμπεριφορά του βάσει κατάλληλων ερεθισμάτων ή ενισχύσεων	Καμία αλληλεπίδραση, μόνο μέσω ερεθισμάτων που παρέχει ο εκπαιδευτικός	Μεταφορά γνώσης, επιβράβευση και τιμωρία
	Συνδετική Θεωρία Μάθησης	Thorndike	Δοκιμή και πλάνη – μεταβολή συμπεριφοράς					
	Συντελεστική Μάθηση	Skinner	Συντελεστική μάθηση – ενίσχυση, επιβράβευση					
Γνωστικές Θεωρίες	Μορφολογική Ψυχολογία	Wertheimer Kohler	Μορφές και ομαδοποίηση - ενόραση	Μαθητοκεντρική - η μάθηση σχετίζεται με γνωστικές και ανώτερες λειτουργίες του εγκεφάλου	Παρακινεί, ενθαρρύνει, καθοδηγεί, οργανώνει	Ενεργοποιεί προηγούμενες γνώσεις, αντιλαμβάνεται, οργανώνει και συνδέει νέες πληροφορίες	Περιέχει τις πληροφορίες που λαμβάνει ο μαθητής	Επίλυση προβλήματος, , συνεργατική μάθηση, εννοιολογικοί χάρτες, μοντέλα επεξεργασίας πληροφοριών, διερευνητική - ανακαλυπτική μάθηση, μάθηση μέσω του καθήκοντος (task-centered learning)
	Θεωρία της Επεξεργασίας της Πληροφορίας	Hebb, Berger, Miller	Νοητική επεξεργασία δεδομένων – ερεθισμάτων, κωδικοποίηση, μνήμη					
	Αθροιστική Μάθηση	Gagne	Τύποι μάθησης- διαφορετικοί τρόποι προσέγγισης, εξωτερικά ερεθίσματα και εσωτερικά (κίνητρο)					
Εποικοδομητισμός	Βιωματική Μάθηση	Dewey, Lewin	Εμπειρική μάθηση, ενεργός μάθηση, γνωστική ανισορροπία	Μαθητοκεντρική – οικοδόμηση πάνω στις προϋπάρχουσες γνώσεις, προϋποθέτει γνωστική σύγκρουση	Παρέχει υποστήριξη, καθοδηγεί και διευκολύνει την οικοδόμηση της γνώσης, διαπραγματεύεται	Ενεργητική συμμετοχή στην οικοδόμηση της γνώσης, προσαρμόζει, συμπληρώνει και διαμορφώνει	Αποτελεί το πλαίσιο μάθησης και το πεδίο εξάσκησης	Εργαστήρια, περιπτώσιακή διαδικασία μάθησης, μοντέλα επεξεργασίας πληροφοριών, επίλυση
	Γνωστικός Εποικοδομητισμός	Piaget	Στάδια εξέλιξης, δομή και αφομοίωση.					
	Διερευνητική - Ανακαλυπτική Μάθηση	Bruner	Ανακάλυψη, διερεύνηση, εμπλοκή του μαθητή					

	Κονστραξιονισμός	Papert	Κατασκευή αντικειμένων, γνωστικές δεξιότητες επίλυσης προβλήματος			προϋπάρχουσες γνώσεις		προβλήματος, διερευνητική – ανακαλυπτική διαδικασία μάθησης, μάθηση μέσω σχεδιασμού, μέθοδος project
Κοινωνικοπολιτισμικές Θεωρίες	Κοινωνικός Εποικοδομητισμός	Vygotsky	Κοινωνική αλληλεπίδραση, διαμεσολάβηση, γνωστική σκαλωσιά (scaffolding), Ζώνη Επικείμενης Ανάπτυξης	Μαθητοκεντρική – ομαδοσυνεργατική – συντελείται εντός ομάδας, συνεργασίας και κοινωνικής αλληλεπίδρασης	Διευκολυντής, συνεργάτης, παρέχει κατευθύνσεις, προωθεί την αυτό-μάθηση, ενισχύει κοινωνικές δεξιότητες	Ενεργός στην κοινωνική δραστηριότητα και κοινωνική αλληλεπίδραση, αναπτύσσει γλωσσικές, πολιτισμικές και γνωστικές δεξιότητες	Αποτελεί το πλαίσιο ανάπτυξης, μάθησης και κοινωνικής αλληλεπίδρασης, ευνοεί τη συνεργασία	Διαφοροποιημένη διδασκαλία, κοινότητες πρακτικής ή μάθησης, συνεργατική μάθηση, επίλυση προβλήματος, μοντέλα επεξεργασίας πληροφοριών – οργανωτών πληροφορίας και παραγωγικής λογικής, αγκυροβλημένη διδασκαλία
	Θεωρία της Δραστηριότητας	Vygotsky, Luria, Nardi, Leont'ev	Δραστηριότητα εντός πολιτισμικού, κοινωνικού και ιστορικού πλαισίου, αναζήτηση πληροφοριακών πηγών					
	Θεωρία της Κοινωνικής Μάθησης και της Αυτό-Αποτελεσματικότητας	Bandura	Παρατήρηση και μιμητική συμπεριφορά					
	Θεωρία της Εγκαθιδρυμένης Μάθησης ή Νόησης	Collins, Lave, Wenger	Κοινότητα πρακτικής – κοινωνική μάθηση					
	Θεωρία της Κατανεμημένης Μάθησης	Roggers Collins	Προσωπική ερμηνεία σε νέες πληροφορίες					
	Θεωρία της Διασυνδεδεμένης Μάθησης	Ausubel	Σύνδεση προϋπάρχουσων γνώσεων - διαφορική εκμάθηση					

Στη συνέχεια, επιλέχθηκαν να αναπτυχθούν περαιτέρω συγκεκριμένες θεωρίες του πίνακα 1.2, με κριτήριο το κατά πόσο θέτουν τις βάσεις και πλαισιώνουν την εκπαίδευση STEM και τα χαρακτηριστικά της, καθώς θεωρούνται οι πιο θεμελιώδεις θεωρίες που καθόρισαν την εκπαίδευση του 21^{ου} αιώνα. Συγκεκριμένα αναπτύσσονται:

- η βιωματική μάθηση,
- ο εποικοδομητισμός,
- η ανακαλυπτική/διερευνητική μάθηση, και
- οι κοινωνικοπολιτισμικές θεωρίες μάθησης.

1.2.1 Βιωματική μάθηση (EBL)

Η βιωματική ή εμπειρική θεωρία μάθησης (Experiential Learning Theory, ELT) εισήχθη από τον πρωτοπόρο φιλόσοφο, υπέρμαχο της προοδευτικής εκπαίδευσης και εισηγητή της αναστοχαστικής σκέψης και πράξης¹³, John Dewey, ο οποίος συστηματοποίησε τις ιδέες του Jean Jacques Rousseau. Η θεωρία της βιωματικής ή εμπειρικής μάθησης συμπληρώθηκε αργότερα από τους Kurt Lewin και Jean Piaget (Lewis & Williams, 1994· Miettinen, 2010· Τσούλος, 2012).

Κατά τον Dewey (1938), η διαδικασία της βιωματικής μάθησης προϋποθέτει:

- την αναγνώριση και αποσαφήνιση ενός προβλήματος,
- τη λήψη μιας ιδέας με βάση τις προηγούμενες αντιλήψεις,
- τη διατύπωση μιας υπόθεσης και τη δοκιμή μιας λύσης,
- τη μελέτη των συνεπειών και της ορθότητας της υπόθεσης, και
- την επιβεβαίωση ή τη μετατροπή προηγούμενων αντιλήψεων.

Οι μαθητές με αυτό το τρόπο, κινητοποιούνται, επενδύουν προσωπικά και εμπλέκονται πραγματικά στη διαδικασία διερεύνησης της γνώσης και, αποκτώντας εμπειρία και τριβή με το εκάστοτε πρόβλημα, αποκτούν βαθύτερη κατανόηση (Kolb, 1984· Krajcik & Blumenfeld, 2006· Stroud & Baines, 2019). Ωστόσο, η απόκτηση οποιασδήποτε εμπειρίας δεν είναι αυτοσκοπός στην εκπαιδευτική διαδικασία καθώς

¹³ Η αναστοχαστική σκέψη και πράξη του Dewey αναφέρεται και στον Kolb (1984) και στον Miettinen (2010).

κάποιες εμπειρίες μπορεί να προκαλούν έλλειψη ευαισθησίας και ανταπόκρισης ή ακόμη και άρνηση στην ορθή ερμηνεία νέων πληροφοριών και να έχουν αρνητικό αντίκτυπο στην εκπαιδευτική διαδικασία.

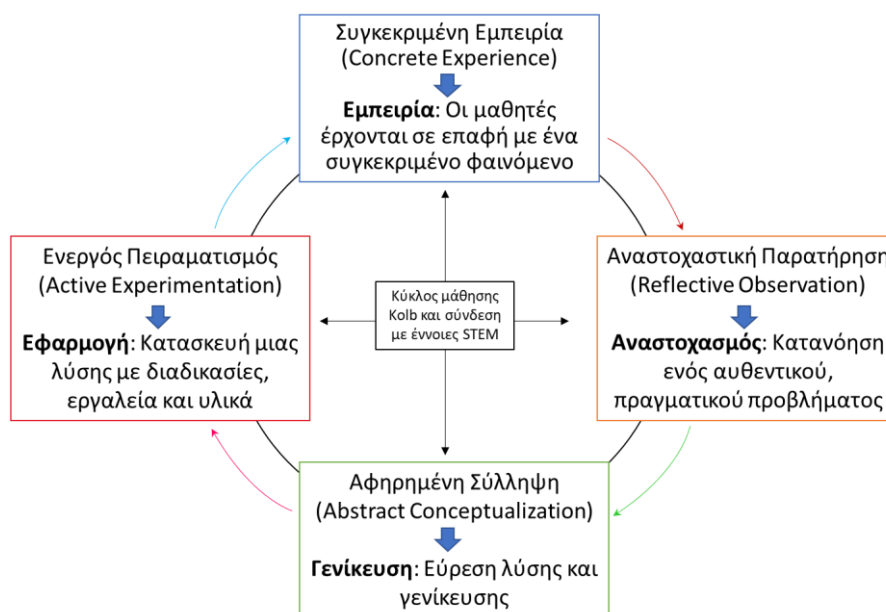
Ο Dewey (1938) κατηγοριοποιεί τις μεθόδους διδασκαλίας και μάθησης με βάση δύο κριτήρια. Το πρώτο κριτήριο αφορά τον άνθρωπο που παίρνει αποφάσεις σχετικά με το τι θα μάθει ο μαθητής, με αποτέλεσμα να διακρίνονται οι δασκαλοκεντρικές (teacher-centered) από τις μαθητοκεντρικές διδασκαλίες (student-centered). Το δεύτερο κριτήριο αφορά το πώς είναι δομημένο το προς μελέτη γνωστικό αντικείμενο και οι επιθυμητές δεξιότητες, με αποτέλεσμα να υπάρχουν διδασκαλίες προσανατολισμένες ξεκάθαρα στο θέμα ή γνωστικό αντικείμενο (subject based) και διδασκαλίες προσανατολισμένες σε ένα πρόβλημα (problem based) αντίστοιχα. Με βάση τους συνδυασμούς μεταξύ τους, προκύπτουν τέσσερις κατηγορίες διδασκαλίας και μάθησης, από τις οποίες στην εκπαίδευση STEM χρησιμοποιείται, προφανώς, μόνο ο συνδυασμός της μαθητοκεντρικής διδασκαλίας και της προσέγγισης επίλυσης προβλήματος.

Δημοφιλής μέθοδος εφαρμογής της συγκεκριμένης θεωρίας είναι το μοντέλο που βασίζεται στον κύκλο βιοματικής μάθησης του Kolb, για τον οποίο η μάθηση είναι μια διαδικασία με την οποία η γνώση δημιουργείται μέσω μετασχηματισμών της εμπειρίας (Kolb, 1984· Lewis & Williams, 1994· Kolb & Kolb, 2005· McCarthy, 2010· Miettinen, 2010¹⁴). Κατά τον Kolb (1984), η μάθηση περιλαμβάνει 6 χαρακτηριστικά:

- είναι μια συνεχής διαδικασία και δεν πρέπει να εκλαμβάνεται ως αποτέλεσμα,
- είναι μια διαδικασία που βασίζεται στην εμπειρία,
- απαιτεί την επίλυση των συγκρούσεων μεταξύ αντίθετων τρόπων προσαρμογής στον κόσμο,
- πρόκειται για μια ολιστική διαδικασία προσαρμογής στον κοινωνικό και φυσικό κόσμο,
- προϋποθέτει αλληλεπίδραση μεταξύ του ατόμου και του περιβάλλοντος, και
- είναι μια διαδικασία δημιουργίας γνώσης.

¹⁴ Ο Miettinen (2010) ωστόσο καταλήγει πως η εμπειρική μάθηση του Dewey αναφέρεται στη σκέψη και την πράξη, ενώ η εμπειρική μάθηση του Kolb αναφέρεται στη μάθηση ως διαδικασία απόκτησης γνώσης και πως οι δύο προσεγγίσεις απέχουν θεωρητικά και επιστημολογικά.

Ο Kolb (1984) βασίστηκε στους Lewin, Dewey και Piaget ώστε να εξάγει τον κύκλο μάθησης που αναπαρίσταται στο σχήμα 1.5 (Kolb, 1984· Kolb & Kolb, 2005) στο οποίο ενσωματώνονται και οι αντιστοιχίες των σταδίων της μάθησης του Kolb με τις βασικές έννοιες της εκπαίδευσης STEM (Long, Yen & Van Hanh, 2020).



Σχήμα 1.5: Ο κύκλος μάθησης και ο τύπος μάθησης του Kolb με τις αντιστοιχίες της εκπαίδευσης STEM

Ο κύκλος του Kolb συνδέεται με την εκπαίδευση STEM γιατί εξηγεί την εσωτερική γνωστική διεργασία των μαθητών που βιώνουν μια συγκεκριμένη εμπειρία, παρατηρούν αναστοχαστικά, συλλαμβάνουν αφηρημένες έννοιες και πειραματίζονται ενεργά. Γίνεται αντιληπτό ότι οι αρχές της βιωματικής μάθησης του Dewey με την ενισχυμένη οριοθέτηση του Kolb αποτελούν τη βάση της εκπαίδευσης STEM όσον αφορά την εμπλοκή των μαθητών και την αλληλεπίδρασή τους με το πλέον σύγχρονο περιβάλλον (Kolb & Kolb, 2005· Long κ. συν. 2020¹⁵· Ghanbari, 2015) και την εμπλοκή τους σε απτά, χειροπιαστά έργα, μέσω πρακτικών δραστηριοτήτων, γνωστών ως «hands on» activities (McCarthy, 2010).

¹⁵ Συγκεκριμένα, οι Long κ. συν. (2020) εστιάζουν στη διαδικασία μηχανικής σχεδίασης (Engineering Design Process), η οποία αποτελεί μέθοδο διδασκαλίας STEM. Αναφέρεται στην ενότητα 1.3 «Μοντέλα Διδασκαλίας STEM», ως μάθηση μέσω Μηχανικής (Engineering-based Learning) και έχει αρκετά κοινά σημεία με τη μάθηση μέσω Σχεδιασμού (Design-based Learning). Όπως εξηγείται παρακάτω, αυτά τα μοντέλα δεν αναλύονται διεξοδικά καθώς αυτό ξεφεύγει από τους σκοπούς της παρούσας εργασίας.

1.2.2 Εποικοδομητισμός

Ο εποικοδομητισμός ή κονστρουκτιβισμός (constructivism) αναδείχθηκε ως θεωρία επεξήγησης του τρόπου μάθησης σχεδόν παράλληλα με τις γνωστικές ψυχολογικές θεωρίες μάθησης. Οι αρχές της βιωματικής μάθησης του Dewey επηρέασαν όλους τους μελετητές ψυχολογίας και της Παιδαγωγικής Επιστήμης, με κυριότερους συνεχιστές τους Jean Piaget, Jerome Bruner, Lev Vygotsky, Seymour Papert κ. συν., οι οποίοι θεώρησαν τη μάθηση ως ενεργητική διαδικασία οικοδόμησης και κατασκευής της γνώσης.

Για τον εποικοδομητισμό, οι άνθρωποι καθοδηγούνται από εσωτερικούς στόχους και αναζητούν πληροφορίες, τις οποίες οικοδομούν σε ένα γλωσσικό πλαίσιο που έχει ήδη σχηματιστεί προτού ενταχθούν στην οργανωμένη εκπαίδευση (NRC, 2000) ενώ θεμελιώδης αρχή αποτελεί η αναγνώριση της πραγματικότητας ως μίας οντότητας που δομείται και ανακαλύπτεται (Κρίβας, 2004· Tenney, Stringer, LaTona-Tecida & White, 2023). Χαρακτηριστικός στόχος της θεωρίας του εποικοδομητισμού για τη μάθηση είναι η ανάπτυξη μεταγνωστικών δεξιοτήτων (Καριώτογλου, 2006). Αυτό σημαίνει πως η μάθηση πρέπει να περιλαμβάνει την αναγνώριση από το μαθητή της διαφοράς μεταξύ προϋπάρχουσας και νέας γνώσης, την οποία κατακτά ο μαθητής μέσα από μια διαδικασία γνωστικής σύγκρουσης και εννοιολογικής αλλαγής.

Ο εποικοδομητισμός περιλαμβάνει δύο σχολές, τον γνωστικό εποικοδομητισμό και τον κοινωνικό εποικοδομητισμό, ο οποίος με τη σειρά του έθεσε τις βάσεις για τις κοινωνικοπολιτισμικές θεωρίες μάθησης:

α) Σύμφωνα με τον γνωστικό εποικοδομητισμό, ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται τον κόσμο, μέσω των εμπειριών του και την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον του, με διαδικασίες προσωπικής οικοδόμησης της γνώσης, οι οποίες μετασχηματίζουν τις προϋπάρχουσες γνώσεις και προσαρμόζουν τις καινούριες, δημιουργώντας νέες νοητικές δομές και γνωστικά σχήματα (Τσούλος, 2012· Κορομπίλη & Τόγια, 2015· Ψυχάρης & Καλοβρέκτης, 2017). Σύμφωνα με την προσέγγιση του γνωστικού εποικοδομητισμού, ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι να παρέχει το κατάλληλο μαθησιακό περιβάλλον και να λειτουργεί υποστηρικτικά στην αυτόνομη ανάπτυξη του μαθητή, καθώς αυτός οικοδομεί τη γνώση βιωματικά. Είναι γνωστή η επίδραση της θεωρίας των αναπτυξιακών σταδίων του Piaget σε κάθε μετέπειτα προσέγγιση της εκπαιδευτικής διαδικασίας, αποτέλεσε με άλλα λόγια το ορόσημο για την εκπαιδευτική

μεταρρύθμιση, τον επαναπρογραμματισμό και τον επανασχεδιασμό αναλυτικών προγραμμάτων που εφαρμόζονται μέχρι και στις μέρες μας.

β) Ο κοινωνικός εποικοδομητισμός, με κυριότερο εκπρόσωπο τον Lev Vygotsky¹⁶, αναδεικνύει τη σημασία των κοινωνικών και πολιτιστικών παραγόντων στην οικοδόμηση της γνώσης, τη διαδικασία της μάθησης και της προσωπικής ανάπτυξης του ατόμου (Κορομπίλη & Τόγια, 2015). Σύμφωνα με τον Vygotsky, η κοινωνική αλληλεπίδραση και οι κοινωνικοί παράγοντες που παρεμβάλλονται ή περιβάλλουν το άτομο καθορίζουν με θεμελιώδη τρόπο την ανάπτυξη της γνώσης, με σημαντικό ρόλο αυτόν της γλώσσας (Κορομπίλη & Τόγια, 2015· Ψυχάρης & Καλοβρέκτης, 2017· Tenney κ. συν., 2023). Στον κοινωνικό εποικοδομητισμό, ο εκπαιδευτικός, έχοντας το ρόλο του διαμεσολαβητή των κοινωνικοπολιτισμικών νοημάτων του περιβάλλοντος, οφείλει να προσδιορίζει το επίπεδο των ατομικών ικανοτήτων του μαθητή και τους κατάλληλους τρόπους, με νύξεις, επιδείξεις και ερωτήματα και να εντοπίζει το επίπεδο των γνωστικών ικανοτήτων που μπορεί να επιτευχθεί. Σε αυτό το σημείο γίνεται αντιληπτό πως με το έργο του Vygotsky οριοθετείται μια νέα προσέγγιση στην ερμηνεία της γνώσης και της μάθησης, αυτή των κοινωνικοπολιτισμικών θεωριών που αναπτύσσονται στην υποενότητα 1.3.5.

Το συμπέρασμα που προκύπτει από τη σύντομη επισκόπηση των δύο αυτών κυρίαρχων ρευμάτων του εποικοδομητισμού, είναι ότι ο γνωστικός εποικοδομητισμός του Piaget υποστηρίζει πως πρώτα συντελείται η νοητική και γνωστική ανάπτυξη του ατόμου μέσω των αναπτυξιακών σταδίων, ως προϋπόθεση της γνώσης, ενώ κατά τον κοινωνικό εποικοδομητισμό, η γνώση μεταφέρεται από το κοινωνικοπολιτισμικό πλαίσιο στο οποίο αναπτύσσεται ο μαθητής, προηγείται της ανάπτυξης και οδηγεί προς αυτήν (Τσούλος, 2012· Scott, 2013). Όσον αφορά τη σύνδεση του εποικοδομητισμού με την εκπαίδευση STEM, αυτή εντοπίζεται στα παρακάτω σημεία. Πρώτον, στην εκπαίδευση STEM η γνώση δεν οικοδομείται γραμμικά αλλά μέσω νοητικών σχημάτων χωρίς προδιαγεγραμμένη δομή. Επιπλέον, και οι δύο προσεγγίσεις εστιάζουν στο πώς κάθε μαθητής αντιλαμβάνεται το περιεχόμενο της γνώσης, ενώ, τέλος, τον κυρίαρχο ρόλο στη μάθηση δεν κατέχει ούτε ο εκπαιδευτικός, ούτε το

¹⁶ Στο συγκεντρωτικό πίνακα 1.2 ο Vygotsky τοποθετείται ορθά στις κοινωνικοπολιτισμικές θεωρίες μάθησης. Σ' αυτό το σημείο ωστόσο αναφέρεται στη θεωρία του κοινωνικού εποικοδομητισμού καθότι ήταν αυτός που έθεσε τις βάσεις και εξέλιξε τον γνωστικό εποικοδομητισμό, με πυρήνα τη μάθηση εντός κοινωνικής αλληλεπίδρασης.

εκάστοτε γνωστικό αντικείμενο αλλά ο μαθητής, ως ενεργός συμμετέχοντας στην οικοδόμηση της γνώσης (Tenney κ. συν., 2023).

1.2.3 Ανακαλυπτική / διερευνητική μάθηση

Ιδιαίτερη αναφορά κρίνεται ότι χρίζει η θεωρία ανακαλυπτικού μοντέλου μάθησης του Jerome Bruner, σύμφωνα με τον οποίο η γνωστική ανάπτυξη του ατόμου συντελείται μέσω της ταξινόμησης και ομαδοποίησης εννοιών σε εννοιολογικές κατηγορίες και νοητικά πρότυπα. Η έννοια της ανακάλυψης ή διερεύνησης της γνώσης αναφέρεται πως έχει αφετηρία τη μαιευτική μέθοδο του Σωκράτη, την προσέγγιση δηλαδή της γνώσης με διερευνητικές ερωτήσεις (Friesen, 2013). Ωστόσο, ως θεωρία μάθησης άρχισε να αποκτά υπόσταση κατά τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, όταν ο Dewey συνέβαλε στην αναγνώριση της σημασίας της ενεργού μάθησης και της ανάγκης για διερεύνηση και βιωματική προσέγγιση της γνώσης. Αν και η ανακαλυπτική μάθηση έχει στοιχεία της ‘ενεργού μάθησης’ του Piaget, ο Bruner τόνισε τη σημασία που έχει η διερευνητική αλληλεπίδραση των μαθητών με το γνωστικό αντικείμενο (Καριώτογλου, 2006). Στη ανακαλυπτική μάθηση, ο μαθητής αναπτύσσει τη διαισθητική σκέψη, μελετά τη δομή των διαφόρων θεμάτων και αποκτά τη γνώση μέσω κατανόησης των σχέσεων μεταξύ των εννοιών (Ψυχάρης & Καλοβρέκτης, 2017). Για τον Bruner οι γνώσεις δεν είναι απλές αναπαραστάσεις του φυσικού κόσμου, αλλά συσχετίζονται, δημιουργώντας οργανωμένες δομές οι οποίες, εκτός από γνώσεις, περιλαμβάνουν δεξιότητες, ικανότητες, τεχνικές επίλυσης προβλημάτων, οι οποίες βοηθούν το άτομο να προβλέπει και να κάνει υποθέσεις. Ο μαθητής προσπαθεί αυτόνομα να εμβαθύνει στο εκάστοτε γνωστικό αντικείμενο και να ανακαλύψει τις αρχές και τις σχέσεις μεταξύ των επιμέρους στοιχείων του (Τσούλος, 2012). Η μάθηση κατά τον Bruner συγκροτείται από τον τρόπο απόκτησης των πληροφοριών, τη διαδικασία μετασχηματισμού των γνώσεων και τον έλεγχο της καταλληλότητας των γνώσεων.

Συχνά στη χώρα μας συγχέεται ο όρος «ανακαλυπτική θεωρία μάθησης» με τον όρο «διερευνητική μάθηση» ή τη «διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας και μάθησης». Η διερευνητική μέθοδος αφορά τον τρόπο με τον οποίο συντελείται η διδασκαλία που εστιάζει στην αυτό-μάθηση και την οικοδόμηση νοημάτων και εννοιών της επιστημονικής γνώσης από τους ίδιους τους μαθητές με τη χρήση επιστημονικών

μεθόδων διερεύνησης και την ορθή καθοδήγηση από τους εκπαιδευτικούς (Assay & Orgill, 2010). Η διερευνητική διδασκαλία και μάθηση αναλύεται ως μέθοδος διδασκαλίας της εκπαίδευσης STEM στην υποενότητα 1.3.1.

1.2.4 Κονστραξιονισμός ή κατασκευαστικός εποικοδομητισμός

Ως επέκταση των γνωστικών εποικοδομητικών θεωριών μάθησης και σε συνδυασμό και πλήρη ευθυγράμμιση με τη βιωματική μάθηση, ο μαθηματικός Seymour Papert εισήγαγε τον κατασκευαστικό εποικοδομητισμό ή κονστραξιονισμό (constructional constructivism). Στον κονστραξιονισμό, οι μαθητές κατασκευάζουν τμηματικά ένα έργο, ένα αντικείμενο, στο πλαίσιο μιας συγκεκριμένης αυθεντικής δραστηριότητας. Βασικό χαρακτηριστικό είναι η οικειότητα που πρέπει να έχουν οι μαθητές με το πλαίσιο στο οποίο δραστηριοποιούνται, ώστε να έχει νόημα για αυτούς, και το έργο να είναι απτό και χειροπιαστό, με εμπλοκή σε πρακτικές δραστηριότητες (hands on activities).

Η επιστημολογική προσέγγιση της κονστραξιονιστικής θεωρίας του Papert αναπτύσσεται στο έργο του «Mindstorms» στο οποίο, εμπνευσμένος μεν από το έργο του Piaget με τον οποίο συνεργάστηκε στενά, δεν εστιάζει τόσο στα αναπτυξιακά στάδια του Piaget, όσο στην επιστημολογία της θεωρίας του γνωστικού εποικοδομητισμού περί μάθησης (Papert, 1980). Πηγαίνοντας ένα βήμα παραπέρα από τον Piaget, θεωρεί πως τα παιδιά μαθαίνουν καλύτερα όταν βρίσκονται σε ενεργό ρόλο σχεδιαστή και κατασκευαστή, εντός ενός κοινωνικού πλαισίου μέσα στο οποίο μοιράζεται, διαπραγματεύεται και συζητά την εμπειρία του (Τσούλος, 2012). Επιπλέον, δεν θεωρεί τον κονστραξιονισμό πανάκεια για την επίλυση του ζητήματος της μάθησης, αλλά ότι η θεωρία του πιθανόν να αφορά κάποιους μαθητές περισσότερο από άλλους όμως σίγουρα είναι καλύτερη για όλους τους μαθητές από την παραδοσιακή, καθοδηγητική διδασκαλία που χρησιμοποιείται στα σχολεία (Papert, 1990).

Ο Papert με τους συνεργάτες του (C. Solomon, D. Bobrow, W. Feurzeig, κ. συν., Papert, 1980) δημιούργησαν τη γλώσσα προγραμματισμού Logo, η χρήση της οποίας, σύμφωνα με τον Papert, ενισχύει την απόκτηση γνωστικών δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων που μπορούν να επεκταθούν και σε άλλα περιβάλλοντα και διευκολύνει την κατανόηση βασικών μαθηματικών εννοιών. Σκοπός του ήταν να

εισάγει παιγνιώδεις και ελκυστικές δραστηριότητες μέσω των εφαρμογών των υπολογιστών και της τεχνολογίας στη μάθηση (Papert, 1990). Η σύνδεση του κονστραξιονισμού με την εκπαίδευση STEM, όπως και με την εκπαιδευτική ρομποτική, είναι προφανής, μιας και όλες οι δραστηριότητες των εν λόγω πεδίων βασίζονται στον ενεργό ρόλο του μαθητή ως σχεδιαστή και κατασκευαστή, για την επίλυση αυθεντικών, πραγματικών προβλημάτων της καθημερινής ζωής σε συνδυασμό με την ανάπτυξη κοινωνικών δεξιοτήτων ως μέλος μιας ομάδας που αναλύει, συνθέτει λύσεις, ελέγχει, διαπραγματεύεται και επιχειρηματολογεί. Ο κονστραξιονισμός αποτέλεσε και τη θεωρία μέσα στην οποία εντοπίζεται για πρώτη φορά και ο όρος της υπολογιστικής σκέψης¹⁷, ΥΣ, (Computational Thinking, CT), παρόλο που σήμερα χρησιμοποιείται με διαφορετικό νόημα (Papert, 1980· Wing, 2006· Ψυχάρης & Καλοβρέκτες, 2017· Lodi & Martini, 2021).

1.2.5 Κοινωνικοπολιτισμικές θεωρίες μάθησης

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, ο Vygotsky με τον κοινωνικό εποικοδομητισμό, έθεσε τις βάσεις για όλες τις επόμενες θεωρίες που εστιάζουν στη μάθηση μέσω κοινωνικής και πολιτισμικής αλληλεπίδρασης, δίνοντας βαρύτητα στον κοινωνικό καθορισμό της γνώσης (Scott, 2013· Ghanbari, 2015). Αυτές οι θεωρίες που αναπτύχθηκαν με πυρήνα την παραπάνω αρχή, ονομάστηκαν κοινωνικοπολιτισμικές θεωρίες μάθησης. Στις κοινωνικοπολιτισμικές θεωρίες, οι μαθητές συμμετέχουν σε ένα μεγάλο εύρος συνεργατικών δραστηριοτήτων και μέσω αυτής της συνεργασίας επωφελούνται από τα πλεονεκτήματα της εργασίας σε ομάδες, αποκτούν νέες δεξιότητες, στρατηγικές και γνώσεις για τον κόσμο (Scott, 2013). Έτσι, η οικοδόμηση των γνώσεων πραγματοποιείται σε συνεργατικά περιβάλλοντα μέσω συζητήσεων, αλληλεπίδρασης και ατομικής ή ομαδικής υλοποίησης δραστηριοτήτων με βασικά χαρακτηριστικά (Τσούλος, 2012):

- την ενεργό γνωστική οικοδόμηση, που συντελεί στην ουσιαστική, βαθιά κατανόηση,

¹⁷ Η Υπολογιστική Σκέψη θεωρείται πλέον ένας τρόπος προσέγγισης της γνώσης, μια γνωστική διαδικασία, που όχι μόνο προάγει τον ψηφιακό εγγραμματισμό ή τις δεξιότητες που προκύπτουν από τη χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών, αλλά περιλαμβάνει την επίλυση προβλήματος, την αφαιρετική λογική, την τμηματοποίηση και αποσφαλμάτωση, τη μαθηματική ή αλγοριθμική σκέψη και άλλες γνωστικές λειτουργίες (Wing, 2006, Ψυχάρης & Καλοβρέκτες, 2017, Ψυχάρης κ. συν., 2018).

- την εγκαθιδρυμένη μάθηση, μέσω δραστηριοτήτων και κοινωνικής και νοητικής υποστήριξης από το περιβάλλον,
- την κοινότητα, μέσα στην οποία πραγματοποιείται η μάθηση, που μπορεί να είναι κοινότητα πρακτικής ή κοινότητα μάθησης, και
- τη συνομιλία, που αποτελεί το εργαλείο συμμετοχής και διαπραγμάτευσης στο πλαίσιο της κοινότητας ή της ομάδας.

Σύμφωνα με τους Tenney κ. συν. (2023), τα κοινά στοιχεία της κοινωνικοπολιτισμικής θεωρίας σε σχέση με την εκπαίδευση STEM είναι ότι μέσα στο πλαίσιο της ομάδας και της συνεργασίας κατά την εφαρμογή της εκπαίδευσης STEM αναδεικνύεται η συμμετοχικότητα και η υιοθέτηση προτύπων συμπεριφοράς, κοινωνικών δεξιοτήτων και αξιών ενώ βασικό ρόλο σε αυτό παίζει η γλώσσα και ο τρόπος κατανόησης και σκέψης στο πλαίσιο της ομάδας, έννοιες που αναφέρθηκαν και στο σχήμα 1.3 του εννοιολογικού πλαισίου της εκπαίδευσης STEM της ενότητας 1.1.2.

1.3 Μέθοδοι Διδασκαλίας STEM

Η εκπαίδευση STEM προϋποθέτει την κατάλληλη προετοιμασία και δημιουργία ενός περιβάλλοντος μάθησης που θα ωφελήσει τους μαθητές να κατακτήσουν τους επιδιωκόμενους κάθε φορά στόχους. Έτσι, στο πλαίσιο της εκπαίδευσης STEM μπορεί να διαφοροποιείται είτε ο ρόλος του εκπαιδευτικού, είτε η οργάνωση του γνωστικού αντικειμένου είτε ο τρόπος υλοποίησης των δραστηριοτήτων, και να χρησιμοποιούνται διαφορετικές μέθοδοι για την επίτευξη διαφορετικών στόχων. Επίσης, φαίνεται πως η εφαρμογή δραστηριοτήτων STEM που είναι προσανατολισμένες ξεκάθαρα στην κατάκτηση ενός γνωστικού αντικειμένου εκ των εμπλεκόμενων πεδίων δεν έχει τα επιθυμητά αποτελέσματα (Martín-Páez κ. συν., 2019) και δεν συνάδει με το χαρακτήρα της εκπαίδευσης STEM στην οποία το ενδιαφέρον μετατοπίζεται από την κατάκτηση της γνώσης περιεχομένου ενός πεδίου στην ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων και διερευνητικής μάθησης (Παλιούρας & Ψυχάρης, 2017).

Στη συνέχεια της ενότητας, παρουσιάζονται οι βασικότερες μέθοδοι υλοποίησης, στο πλαίσιο της εκπαίδευσης STEM, όπως αυτές συναντώνται συχνότερα

στη διεθνή βιβλιογραφία (Martín-Páez κ. συν., 2019· Kastriti κ. συν., 2022). Οι βασικές μέθοδοι που αναπτύσσονται είναι λοιπόν:

- η διερευνητική μέθοδος μάθησης ή διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας και μάθησης (Inquiry-Based Learning, IBL, και Inquiry-Based Teaching and Learning, IBTL αντίστοιχα),
- η μάθηση βάσει ‘συνθετικών εργασιών’ ή μέθοδος project (Project-Based Learning), και
- η επίλυση προβλήματος (Problem-Based Learning).

Κατά την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας προέκυψαν αρκετές ακόμη μέθοδοι¹⁸ που χρησιμοποιούνται συχνά σε εφαρμογές της εκπαίδευσης STEM, όπως η μάθηση βάσει Μηχανικής (Engineering-Based Learning), η μάθηση βάσει Σχεδιασμού¹⁹ (Design-Based Learning), η μάθηση μέσω Παιχνιδιού (Game-Based learning), η Συνεργατική μάθηση (Collaborative Learning), η Αυθεντική μάθηση (Authentic Learning) ή η μάθηση βάσει Φαινομένων (Phenomenon-Based Learning). Ωστόσο, εδώ αναφέρονται μόνο επιγραμματικά για δύο λόγους. Πρώτον, η ανάπτυξη και ανάλυσή τους δεν εμπίπτει στους στόχους της συγκεκριμένης εργασίας, και δεύτερον, πολλές από αυτές τις μεθόδους έχουν αρκετά κοινά χαρακτηριστικά και τρόπο εφαρμογής, είτε μεταξύ τους είτε με τις μεθόδους που αναπτύσσονται ήδη, αποτελούν δηλαδή παραλλαγές ή παράγωγα αυτών που αναπτύσσονται.

1.3.1 Διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας και μάθησης – Inquiry-based Teaching and Learning (IBL)

Η διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας και μάθησης (Inquiry-based Teaching and Learning) αποτελεί τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές μπορούν, είτε ελεύθερα

¹⁸ Θα είχε ιδιαίτερο ενδιαφέρον να γίνει μια ολοκληρωμένη και αναλυτική καταγραφή όλων των μοντέλων διδασκαλίας της εκπαίδευσης STEM, στην οποία θα αναφέρονται όλα τα μοντέλα που έχουν στη διάθεσή τους οι εκπαιδευτικοί, τι χαρακτηριστικά έχει το καθένα και οι φάσεις υλοποίησής του, σε τι εστιάζει η κάθε μέθοδος, που αποσκοπεί, σε τι διαφέρει από τις άλλες και σε ποια φαινόμενα ή προβλήματα ενδείκνυται, ώστε να μπορεί κάθε εκπαιδευτικός να επιλέξει την καταλληλότερη με βάση την ειδικότητα του ή την κατάρτισή του, τους διαθέσιμους πόρους, το φαινόμενο ή πρόβλημα που είναι το επίκεντρο της μελέτης, τη βαθμίδα εκπαίδευσης στην οποία απευθύνεται, τις δεξιότητες που θέλει να διαμορφώσει ή τους εκάστοτε μαθησιακούς στόχους ή, ακόμη και, το βαθμό ολοκλήρωσης STEM που θέλει να επιτύχει.

¹⁹ Ήδη έχει αναφερθεί η μηχανική σχεδίαση που σχετίζεται με το Engineering ή Design-based Learning (Kelley & Knowles, 2016).

είτε καθοδηγούμενα, να ανακαλύψουν την γνώση ακολουθώντας τα στάδια που εφαρμόζουν και οι επιστήμονες κατά τη μελέτη και διερεύνηση ενός φαινομένου (Suchman, 1962· Assay & Orgill, 2010· Bell, Urhahne, Schanze & Ploetzner, 2010· Ψυχάρης & Καλοβρέκτης, 2017· Gardner & Tillotson, 2019· Psycharis κ. συν., 2020). Αποτελεί τον διδακτικό μετασχηματισμό δύο πολύ δημοφιλών μεθόδων διερεύνησης: της επιστημονικής διερεύνησης (Scientific Inquiry) και του μηχανικού σχεδιασμού ή μηχανικής σχεδίασης²⁰ (Engineering Design process) (NRC, 2012) ενώ κατά την Friesen (2013), η διερευνητική μάθηση αποτελεί τον πυρήνα γύρω από τον οποίο περιστρέφονται κι άλλες μέθοδοι όπως η αυθεντική μάθηση, η μέθοδος project, η επίλυση προβλήματος, η μάθηση βάσει σχεδιασμού κ.ά.

Η συγκεκριμένη μέθοδος εκτός από το να καθορίζει τον ρόλο των μαθητών, οριοθετεί τον ρόλο των εκπαιδευτικών στην κινητοποίηση, διευκόλυνση και ενίσχυση των μαθητών που αναζητούν, οικοδομούν και ελέγχουν τη γνώση που αποκομίζουν μέσα από την εκπαιδευτική διαδικασία. Οι εκπαιδευτικοί μαθαίνουν στους μαθητές τους το πώς να μαθαίνουν, καλλιεργώντας δεξιότητες δια βίου μάθησης και εμπλοκής με τη γνώση (Ψυχάρης & Καλοβρέκτης, 2017). Ο ρόλος των εκπαιδευτικών στη διερευνητική μέθοδο ποικίλει από το να μην έχουν καμία συμμετοχή (ελεύθερη διερεύνηση ενός ζητήματος, ερωτήματος ή θέματος από τους μαθητές) μέχρι το να εμπλέκονται μερικώς ή εξολοκλήρου (καθοδηγούμενη ή δομημένη διερεύνηση αντίστοιχα). Η διερεύνηση των μαθητών μπορεί να είναι επιβεβαιωτική όταν έχουν ήδη καθιερώσει επιστημονικές γνώσεις και πρακτικές, δομημένη όταν διεξάγεται εντός καθορισμένου πλαισίου, καθοδηγούμενη στην περίπτωση που υπάρχει ελάχιστη καθοδήγηση και αναπτύσσουν οι ίδιοι ερευνητικά ερωτήματα και πειραματικές διαδικασίες, και ανοιχτή διερεύνηση όπου οι μαθητές δρουν αυτόνομα, σχεδιάζοντας και διεξάγοντας τη δική τους έρευνα (Rezba, Auldridge & Rhea, 1999, στο Bell, Smetana & Binns, 2005· NRC, 2000).

Τα στάδια ή φάσεις υλοποίησης της διερευνητικής μεθόδου στη διδασκαλία μπορεί να ποικίλουν, αναλόγως το γνωστικό αντικείμενο, το πεδίο ή ακόμη και το

²⁰ Ως διαδικασία μηχανικής σχεδίασης στην εκπαίδευση ορίζεται το σύνολο των σταδίων επίλυσης ενός πραγματικού προβλήματος ακολουθώντας τα στάδια διερεύνησης που εφαρμόζουν οι μηχανικοί για να υλοποιήσουν ένα έργο, αναπτύσσοντας κριτική σκέψη, εφαρμόζοντας γνώσεις τεχνολογίας, δημιουργικότητα και συναίσθηση της επίδρασης του έργου στην κοινωνία και το περιβάλλον (ITEA, 2007· NRC, 2012· Stroud & Baines, 2019). Μάλιστα η διαδικασία μηχανικής σχεδίασης αναφέρεται συχνά ως η καταλληλότερη διαδικασία ενσωμάτωσης των πεδίων της εκπαίδευσης STEM (Kelley & Knowles, 2016· Long κ. συν., 2020· Roehrig κ. συν., 2021).

περιβάλλον υλοποίησης (Pedaste κ. συν., 2015). Για παράδειγμα, οι Assay & Orgill (2010) παραθέτουν επτά στάδια υλοποίησης της μεθόδου: τη διατύπωση επιστημονικής ερώτησης, τη συλλογή δεδομένων, την ανάλυση των δεδομένων, τη δημιουργία εξήγησης, τη σύνδεση της εξήγησης με την επιστημονική γνώση, την επικοινωνία των ιδεών και εξηγήσεων που δόθηκαν και την αιτιολόγηση της εξήγησης και τον αναστοχασμό (Assay & Orgill, 2010)²¹. Ειδικά στην περίπτωση που η διερευνητική μάθηση υποστηρίζεται από υπολογιστικά περιβάλλοντα, οι Bell κ. συν., (2010) αναφέρουν εννέα διαδικασίες υλοποίησης: τον προσανατολισμό και την ανάπτυξη ερωτήσεων, τη δημιουργία υποθέσεων, τον σχεδιασμό, τη διερεύνηση, την ανάλυση και ερμηνεία, την αξιολόγηση, την επικοινωνία και την πρόβλεψη.

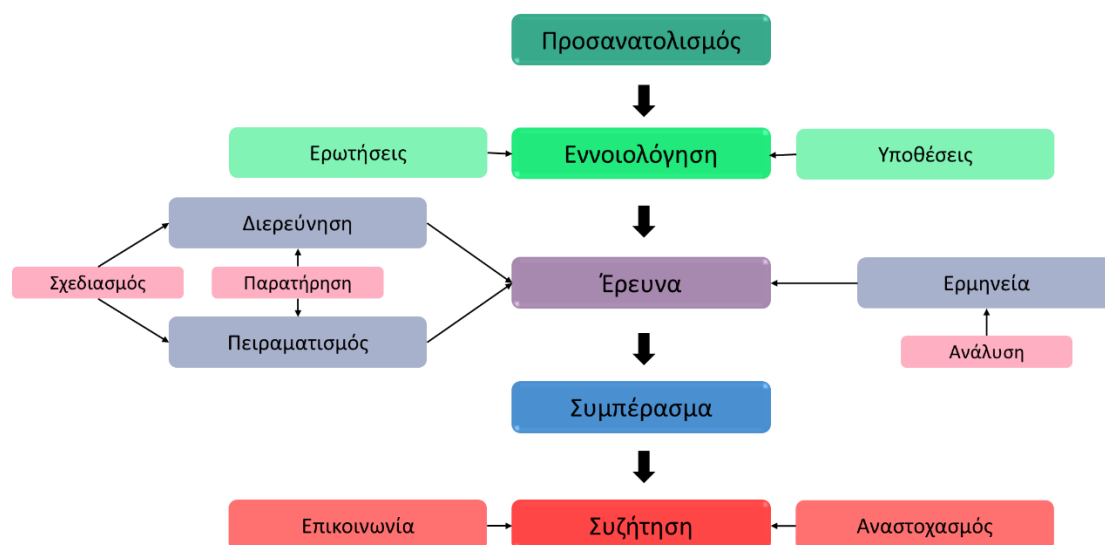
Οι βασικές φάσεις της διερευνητικής μεθόδου, όπως έχουν ομαδοποιηθεί μετά από πολύπλευρη ανάλυση και συστηματική βιβλιογραφική επισκόπηση των Pedaste κ. συν. (2015)²², είναι:

- η φάση εξοικείωσης, προβληματισμού και προσανατολισμού σχετικά με το θέμα (Orientation - Προσανατολισμός),
- η σύλληψη της ιδέας ή έννοιας, που περιλαμβάνει τη διατύπωση ερωτήσεων και τη δημιουργία και εξαγωγή υποθέσεων (Conceptualization - Εννοιολόγηση),
- η διερεύνηση εφαρμογής της νέας γνώσης, ο πειραματισμός με δραστηριότητες που απαιτούν σχεδιασμό και παρατήρηση, αλλά και η ερμηνεία πληροφοριών που απαιτεί ανάλυση στοιχείων και δεδομένων (Investigation - Έρευνα),
- η φάση της αξιολόγησης της νέας γνώσης και του συμπεράσματος, που περιλαμβάνει την εξαγωγή συμπερασμάτων, τη σύγκρισή τους με τα δεδομένα και τη βελτιστοποίηση της θεωρίας (Conclusion - Συμπέρασμα), και
- η συζήτηση, που περιλαμβάνει την επικοινωνία των αποτελεσμάτων αλλά και τον αναστοχασμό (Discussion - Συζήτηση).

²¹ Οι Assay & Orgill (2010) παραθέτουν επίσης τις εκδοχές του κάθε σταδίου με κριτήριο το κατά πόσο η μέθοδος υλοποιείται με ενέργειες που πράττει ελεύθερα ο μαθητής ή καθοδηγείται μερικώς ή ακόμη και πλήρως από τον εκπαιδευτικό, με πηγή το Εθνικό Συμβούλιο Ερευνών (NRC, 2000, πίνακας 2-6, σελ. 29, Assay & Orgill, 2010, σελ. 63, Ψυχάρης & Καλοβρέκτης, 2017, σελ. 84).

²² Η βιβλιογραφική επισκόπηση και έρευνα των Pedaste κ. συν. (2015) ανέδειξε την αποτελεσματικότητα της διερευνητικής - ανακαλυπτικής μάθησης, αλλά επέφερε το σημαντικό συμπέρασμα ότι υπάρχουν πάρα πολλές έννοιες και συγγενείς όροι για τη διερευνητική μέθοδο και τις φάσεις υλοποίησής της (για την ακρίβεια 109 εμπλεκόμενες έννοιες, τις οποίες, μετά από τη συγκριτική τους ανάλυση, ομαδοποίησαν αρχικά σε 34, και τελικά σε 11, στο Pedaste κ. συν., 2015).

Στο σχήμα 1.6 παρουσιάζονται οι φάσεις της διερευνητικής μεθόδου, σύμφωνα με τη μελέτη των Pedaste κ. συν., (2015) καθώς και οι υπό-φάσεις που περιλαμβάνει η κάθε μία.

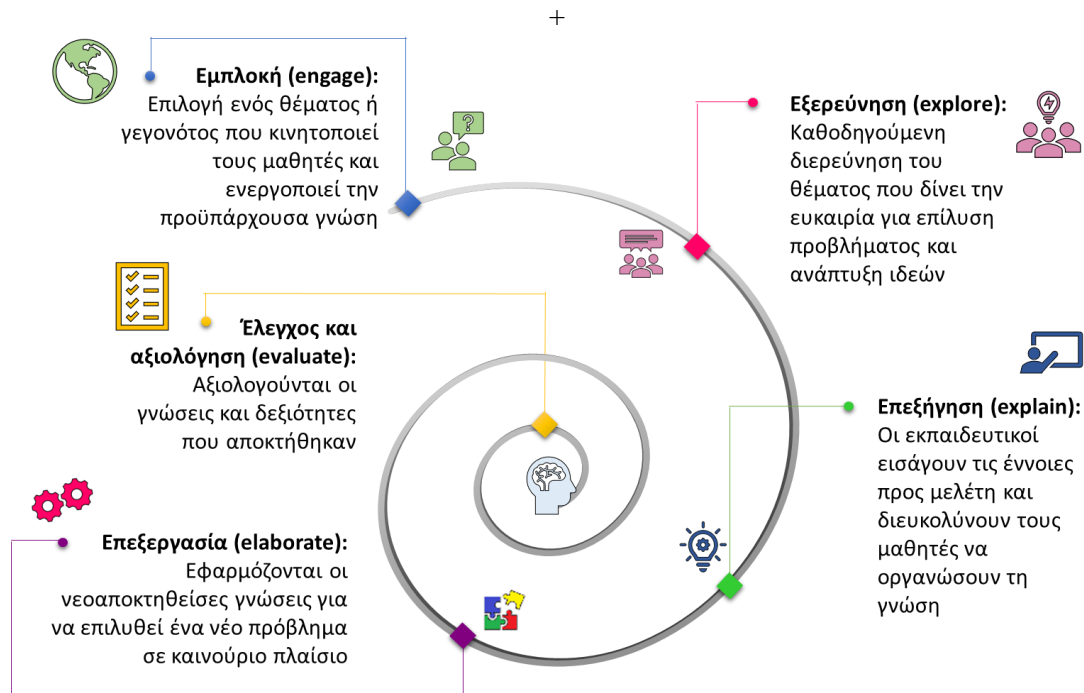


Σχήμα 1.6. Πλαίσιο Διερευνητικής Μάθησης (Pedaste κ. συν., 2015, σελ.51)

Ενδιαφέρον παρουσιάζει και το διερευνητικό μοντέλο των 5E, (The 5E Inquiry-Based Instructional Model, Bybee, 2006), που βασίζεται στη γνωστική ψυχολογία, τον εποικοδομητισμό και σε καλές πρακτικές της εκπαίδευσης STEM και συχνά αποκαλείται κύκλος μάθησης των 5E:

- engage (εμπλοκή),
- explore (εξερεύνηση),
- explain (επεξήγηση),
- elaborate (επεξεργασία), και
- evaluate (έλεγχος και αξιολόγηση).

Ο κύκλος μάθησης των 5E που αναδείχθηκε ως διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας και μάθησης στα τέλη της δεκαετίας του 1980 από τον Rodger Bybee (Bybee, 2006· Bybee κ. συν., 2006· NRC, 2012) και παρουσιάζεται στο σχήμα 1.7. Συχνά υιοθετείται ως αποδοτικό μοντέλο μάθησης που εξασφαλίζει διαρκή, μεταβιβάσιμη και αποτελεσματική μάθηση και στην εκπαίδευση STEM (στο International Science Teaching Foundation, ISTF, <https://science-teaching.org/>, 2023).



Σχήμα 1.7: Τα 5E της καθοδηγούμενης διερευνητικής μάθησης του R. W. Bybee

Οι δεξιότητες που αναπτύσσονται με την υλοποίηση της διερευνητικής μεθόδου αναπτύσσονται εκτενέστερα στην ενότητα 1.4.2 σχετικά με τους στόχους και τα επιδιωκόμενα μαθησιακά αποτελέσματα της εκπαίδευσης STEM. Επίσης, φαίνεται πως τα στοιχεία του συγκεκριμένου κύκλου μάθησης των 5E του Bybee (2006· Bybee κ. συν., 2006), όπως και του Πλαισίου Διερευνητικής Μάθησης των Pedaste κ. συν. (2015), συμβαδίζουν με την εκπαιδευτική/ερευνητική μεθοδολογία των Φυσικών Επιστημών που προτείνεται να ακολουθείται από τα νέα αναλυτικά προγράμματα της χώρας μας (ΙΕΠ, 2022). Στην παρούσα εργασία, κατά τον σχεδιασμό και την υλοποίηση των διδακτικών σεναρίων ακολουθήθηκε η δομή που προτείνει το ΙΕΠ που περιλαμβάνει πέντε φάσεις:

- έναυσμα ενδιαφέροντος και εμπλοκή των μαθητών,
- προβληματισμός, συζήτηση και υποθέσεις,
- πειράματα με μετρήσεις, δραστηριότητες και ιδιοκατασκευές
- εξαγωγή συμπερασμάτων και θεωρίας, και
- γενίκευση, εμπέδωση και ερμηνείες με το μικρόκοσμο.

Η διερευνητική μέθοδος ως μέθοδος διδασκαλίας και μάθησης κατέχει ξεχωριστό ρόλο στην εκπαίδευση STEM, γιατί αποτελεί βασικό στοιχείο όλων των

μεθοδολογιών που χρησιμοποιούνται στα πεδία STEM, δεδομένου ότι εμπλέκει τους μαθητές σε αυθεντικές και ουσιαστικές δραστηριότητες που συνδέονται με τον πραγματικό κόσμο (McDonald, 2016· Psycharis, 2016). Επίσης, φαίνεται να αποτελεί ιδιαίτερα αποτελεσματική μέθοδο για τη διέγερση του ενδιαφέροντος των μαθητών στα πεδία STEM (Bybee, 2012).

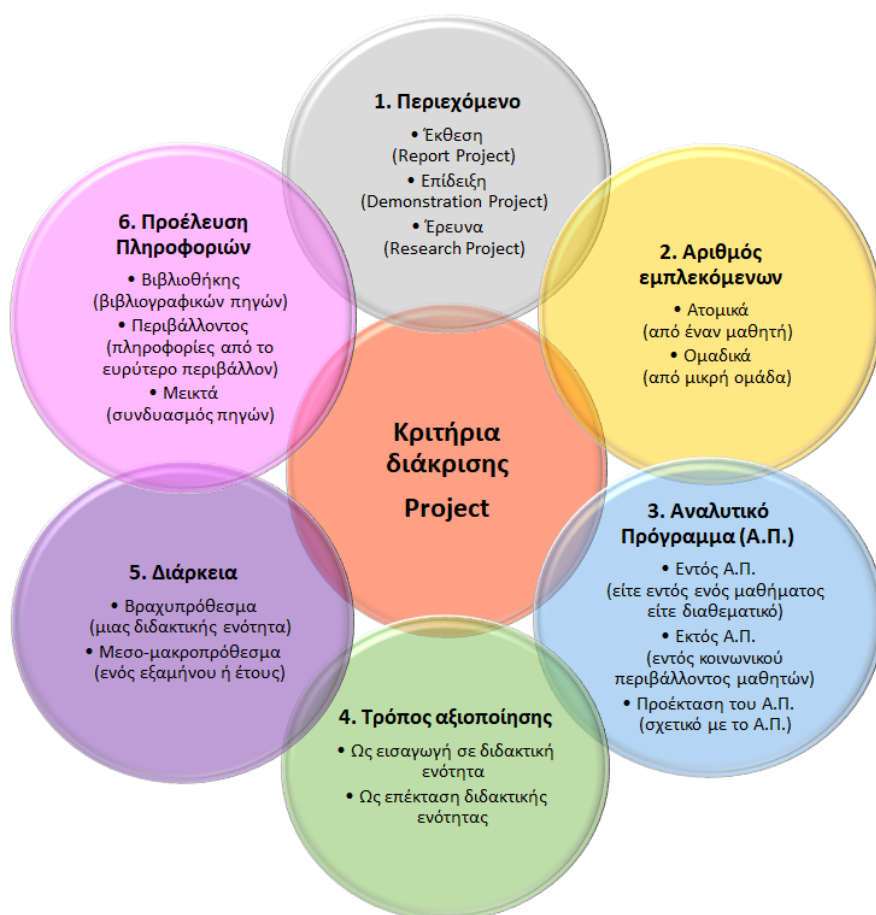
1.3.2 Μάθηση βάσει Ερευνητικών Σχεδίων Εργασίας ή Συνθετικών Εργασιών – Project-based Learning

Το μοντέλο διδασκαλίας Ερευνητικών Σχεδίων Εργασίας ή Συνθετικών Εργασιών ή απλά ‘μέθοδος project’, όπως χρησιμοποιείται στη χώρα μας, άρχισε να υλοποιείται συστηματικά από τη δεκαετία του 1990 και μετά, υποστηριζόμενο, και αυτό, από τις γνωστικές θεωρίες μάθησης. Ωστόσο, πολύ νωρίτερα είχε εδραιωθεί η εκδοχή του William H. Kilpatrick (Kilpatrick, 1918) σε αρκετές χώρες όπως η Σοβιετική Ένωση (τη δεκαετία του 1920), η Δυτική Γερμανία (περίπου 50 χρόνια μετά) και ακολούθησαν η Δανία, οι Κάτω Χώρες, η Μεγάλη Βρετανία (Knoll, 2014). Υπήρχαν και άλλες εκδοχές της μεθόδου, όπως αυτή του Charles R. Richards (1900, στο Knoll, 2014) αλλά η μέθοδος του Kilpatrick (1918), παρόλο που δέχτηκε ισχυρή κριτική και ο ίδιος αναθεώρησε σχετικά με το πλαίσιο και τον τρόπο υλοποίησής της, ήταν αυτή που έθεσε τα θεμέλια για την εδραίωσή της σύγχρονης μορφής της.

Η μέθοδος project είναι μια γνωστική διαδικασία, χωρίς αυστηρά και εκ των προτέρων καθορισμένα όρια και διαδικασίες υλοποίησης. Πρόκειται για έναν τρόπο βιωματικής μάθησης που στηρίζεται στην ανακαλυπτική – διερευνητική μάθηση και αυτό γιατί, είτε πρόκειται για ατομικό project είτε για ομαδικό, οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά και είναι υπεύθυνοι για την ολοκλήρωση και τα αποτελέσματά του (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου, ΠΙ Κύπρου, 2016). Στη μέθοδο project, οι μαθητές εμπλέκονται σε πραγματικά, ουσιαστικά προβλήματα που τους ενδιαφέρουν και τους ελκύουν, άρα συνυπάρχουν τα στοιχεία της αυθεντικής μάθησης, ακολουθώντας βήματα που παρομοιάζουν τις ενέργειες των επιστημόνων ή των επαγγελματιών που ασχολούνται με το προς μελέτη ζήτημα. Και αυτή η μέθοδος έχει τις ρίζες της στη θεωρία βιωματικής μάθησης του Dewey (1959, στο Krajcik & Blumenfeld, 2006) και, όταν το project υλοποιείται συνεργατικά, εντάσσεται στο πλαίσιο του κοινωνικού εποικοδομητισμού (Hulobova, 2008). Με αυτόν τον τρόπο οι μαθητές μπορούν να

εξετάζουν ερωτήματα, να διατυπώνουν υποθέσεις, να συζητούν τις ιδέες τους, να προκαλούν άλλες ιδέες ή να επιχειρηματολογούν υπέρ των δικών τους ιδεών και να δοκιμάζουν νέες λύσεις στα προβλήματα που μελετούν. Η ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλήματος που επιτυγχάνεται στο πλαίσιο της μεθόδου project επιτρέπει στον μαθητή να υλοποιεί τα δικά του έργα, οικοδομώντας έτσι τη γνώση με τρόπο που να συνδέεται με την πραγματική ζωή, δημιουργώντας συνδέσεις μεταξύ των φαινομένων που μελετώνται στην τάξη και εμπειρίες της πραγματικής ζωής, εντός ενός καθορισμένου περιβάλλοντος μάθησης (Hulobona, 2008).

Η μέθοδος project χρησιμοποιείται συνήθως για να υλοποιηθεί μια σύνθετη εργασία με μακροπρόθεσμο ορίζοντα υλοποίησης, να παραχθεί κάποιο έργο ή κάποιο απτό αποτέλεσμα, αν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παραχθεί μια παρουσίαση, μια ταινία, μία έκθεση φωτογραφίας κ.ά. Επίσης, στο project μπορεί να χρειάζεται μια διεπιστημονική προσέγγιση πολλών γνωστικών πεδίων ή ακόμη και η συνεργασία με μαθητές, εκπαιδευτικούς και επαγγελματίες διαφορετικών ειδικοτήτων (Mils & Treagust, 2003). Στο σχήμα 1.8 γίνεται μια προσπάθεια κατηγοριοποίησης των projects όπως διακρίθηκαν από το ΠΙ της Κύπρου (2016):



Σχήμα 1.8: Διάκριση Ερευνητικών Σχεδίων Εργασίας

Οι φάσεις υλοποίησης της μεθόδου project μπορεί να ποικίλουν αναλόγως το θέμα, το φαινόμενο, το πρόβλημα ακόμη και το περιβάλλον μέσα στο οποίο υλοποιείται. Τα συνηθέστερα βήματα υλοποίησης μιας μεθόδου project μπορούν να είναι τα εξής (ΠΙ Κύπρου, 2016):

1. Επιλογή και εξειδίκευση του θέματος: Οι μαθητές επιλέγουν το θέμα που τους ενδιαφέρει είτε ελεύθερα είτε κατόπιν συζήτησης με τον εκπαιδευτικό. Το εκάστοτε θέμα αφορά συγκεκριμένα ζητούμενα και δραστηριότητες, ενώ ενδέχεται κάποιες δραστηριότητες να επανασχεδιαστούν από τον εκπαιδευτικό.
2. Προσδιορισμός των σκοπών και των στόχων του project: Ο σκοπός και οι στόχοι του project, όπως και οι τρόποι επίτευξής τους, θα πρέπει να είναι σαφείς και καθορισμένοι εξ' αρχής, μέσα από ομαδική συζήτηση.
3. Ανάπτυξη σχεδίου δράσης: Το σχέδιο δράσης πρέπει να καθορίζει με σαφήνεια τις δραστηριότητες, τα στάδια υλοποίησης, το χρονοδιάγραμμα υλοποίησης, τους ρόλους κάθε μέλους, καθώς και τις απαιτούμενες πηγές πληροφοριών.
4. Συλλογή και επεξεργασία δεδομένων και πληροφοριών ή/και υλικών: Οι μαθητές συλλέγουν τα δεδομένα ή τα υλικά που θα αξιοποιήσουν και επιλέγουν τα στοιχεία που παρουσιάζουν περισσότερο ενδιαφέρον, βρίσκοντας νοήματα και συνδυάζοντας πληροφορίες με την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού.
5. Παρουσίαση του project: Το project μπορεί να παρουσιαστεί είτε γραπτά είτε προφορικά, συνδυάζοντας οπτικοακουστικά μέσα, με τέτοιο τρόπο που να περιγράφεται αναλυτικά όλη η διαδικασία (η συλλογή και ανάλυση πληροφοριών, η συγκέντρωση υλικών, η κατασκευή ή το τεχνούργημα κ.ά.).
6. Αξιολόγηση του project: Η αξιολόγηση του project πρέπει να είναι διαμορφωτική της κάθε φάσης, ενώ θα πρέπει να εξετάζει εάν είναι σαφώς διατυπωμένο το θέμα, ο σκοπός και οι στόχοι, εάν το project πέτυχε αυτούς τους στόχους, τις διορθωτικές κινήσεις που ενδεχομένως έγιναν κατά τη διεξαγωγή του project, την καταλληλότητα και αξιοποίηση των πηγών, τη συμβολή του κάθε μέλους της ομάδας, τη δημιουργικότητα και την πρωτοτυπία και, τέλος, τα συναισθήματα των μαθητών.

Εναλλακτικά, η πορεία υλοποίησης ενός project μπορεί να περιλαμβάνει τις φάσεις της εύρεσης ή εκλογής θέματος, τον περιορισμό του θέματος και τον ορισμό των διάφορων καθηκόντων, την εργασία σε μικρές ομάδες, την κοινή σύσκεψη, το διάλειμμα ενημέρωσης για την πορεία του project, τις επιμέρους ατομικές και ομαδικές εργασίες, την κοινοποίηση των αποτελεσμάτων της εργασίας, τη συζήτηση σχετικά με τα αποτελέσματα, και την κριτική και αξιολόγηση του όλου εγχειρήματος (Αγγελής, επιμορφωτικό υλικό των Περιφερειακών Επιμορφώσεων Εκπαιδευτικών Πρόσθετων Γνωστικών Αντικειμένων των Ολοήμερων Σχολείων, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο²³, 2005-2006). Επιπλέον, στις φάσεις υλοποίησης των projects είναι απαραίτητο να υπάρχουν διαλείμματα ενημέρωσης και απαραίτητης ανατροφοδότησης (Αγγελής, 2005).

1.3.3 Μάθηση με βάση την Επίλυση Προβλήματος – Problem-based Learning

Ήδη από τη δεκαετία του 1960, οι Barrows και Tamblyn εισήγαγαν τον όρο «Μάθηση με βάση την Επίλυση Προβλήματος», Problem – Based Learning (PBL), όπως νοείται σήμερα, στην εκπαίδευση της Ιατρικής Επιστήμης, για να περιγράψουν τη διαδικασία μάθησης που συντελείται τελικά σε κάθε πτυχή της ανθρώπινης ύπαρξης και αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον (Barrows & Tamblyn, 1980). Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, που μαζί με τη μέθοδο project αποτελούν ένα από τα πιο δημοφιλή μοντέλα στην εφαρμογή της εκπαίδευσης STEM, η ενεργός μάθηση συντελείται μέσω της διαδικασίας κατανόησης ή επίλυσης ενός προβλήματος το οποίο συναντάται πρώτο στη διαδικασία εκμάθησης και δεν δίνεται στο μαθητή κατόπιν διδασκαλίας γεγονότων, νόμων και αρχών ή ως παράδειγμα της γνώσης που ήδη διδάχθηκε (Barrows and Tamblyn, 1980).

Το συγκεκριμένο μοντέλο άρχισε να καθιερώνεται στα εκπαιδευτικά δρώμενα από τη δεκαετία του 1980 αν και τα ίχνη του μπορούν να εντοπισθούν στη βιωματική ή εμπειρική μάθηση του J. Dewey²⁴, στη διερευνητική μάθηση του J. Bruner, στα στάδια γνωστικής ανάπτυξης του J. Piaget και, ακόμη, στην ανθρωπιστική θεωρία αυτοπραγμάτωσης του C. Rogers (NRC, 2000· Dochy, Segers, Van den Bossche &

²³http://www.pi-schools.gr/download/programs/Oloimero/oloimero_03_05/eishghseis_hmer_05/GenikoSxima.pdf

²⁴ Ο Dewey (1986) αναφέρει πως μία κατηγορία βιωματικής μάθησης, με κριτήριο το πώς είναι οργανωμένο το προς μάθηση γνωστικό αντικείμενο, είναι η μάθηση βάσει επίλυσης προβλήματος (βλ. ενότητα 2.1)

Gijbels, 2003· Hmelo-Silver, 2004). Όσον αφορά το επιστημολογικό περιεχόμενο, θα μπορούσε να ειπωθεί πως η μέθοδος επίλυσης προβλήματος στηρίζεται στον εποικοδομητισμό και συγκεκριμένα στον κοινωνικό εποικοδομητισμό, σχετίζεται με την εγκαθιδρυμένη μάθηση στο πλαίσιο μιας κοινότητας πρακτικής, αναπτύσσει δεξιότητες επίλυσης προβλήματος μέσω συνεργατικότητας, χρήσης εσωτερικών κινήτρων και εμπεριέχει μεγάλο βαθμό αυτορρύθμισης²⁵ της μαθησιακής διαδικασίας από το μαθητή (Schmidt, Rotgans & Yew, 2011· Adel El Sayary κ. συν., 2015· Smith κ. συν., 2022). Ωστόσο, η επιτυχία της μεθόδου δεν οφείλεται μόνο στη συνεργασία μεταξύ των μελών της ομάδας κατά την κοινωνική – κονστρουκτιβιστική θεώρηση, ούτε αποκλειστικά στην απόκτηση και ανάπτυξη της προσωπικής γνώσης, αλλά στον συνδυασμό τους (Schmidt κ. συν., 2011).

Πιο αναλυτικά, σύμφωνα με τον Barrows (1996), η μέθοδος της επίλυσης προβλήματος έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

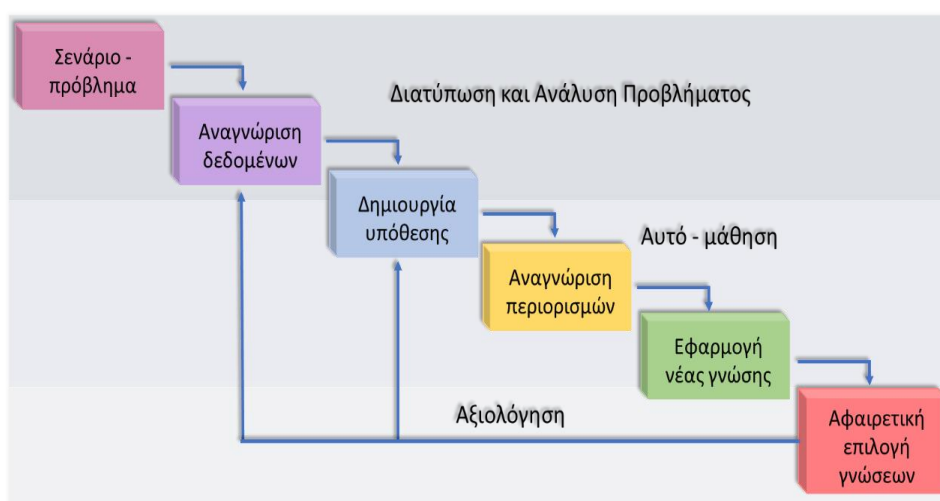
- πρόκειται για μαθητοκεντρική μέθοδο,
- συντελείται από μικρές ομάδες μαθητών υπό την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού,
- ο εκπαιδευτικός έχει το ρόλο του διευκολυντή και του καθοδηγητή,
- τα υπό μελέτη προβλήματα εμπλέκουν τον μαθητή και η επίλυσή τους αποτελεί το κίνητρο, το ερέθισμα για μάθηση,
- τα υπό μελέτη προβλήματα δίνονται ως εργαλεία, ως οχήματα, για την απόκτηση της απαραίτητης γνώσης και των δεξιοτήτων που θα επιλύσουν το πρόβλημα, ειδικότερα όταν δίνονται με τη μορφή που εμφανίζονται και στον πραγματικό κόσμο, και
- η όποια νέα πληροφορία οφείλεται να αποκτηθεί μέσω διαδικασιών αυτό-μάθησης.

Συχνά, όπως αναφέρουν οι Dochy κ. συν. (2003), συχνά αποδίδεται κι ένα έβδομο χαρακτηριστικό, ότι σημαντικό για τη μάθηση με βάση την επίλυση προβλήματος είναι ότι αυτή πραγματοποιείται όταν μελετάται και επιλύεται ένα αντιπροσωπευτικό ή ‘πραγματικό’ πρόβλημα, καθότι συνιστά στη μεγιστοποίηση των

²⁵ Ως «αυτορρύθμιση» νοείται η διαδικασία κατά την οποία ο εκπαιδευόμενος καθοδηγεί ο ίδιος, συστηματικά, τις σκέψεις, τα συναισθήματα και τις πράξεις του (Schunk, 2008).

προσδοκώμενων αποτελεσμάτων τόσο σε επίπεδο γνώσεων όσο σε επίπεδο δεξιοτήτων.

Ο κύκλος μάθησης στην επίλυση προβλήματος παρουσιάζεται στο σχήμα 1.9, το οποίο περιλαμβάνει τα πεδία της διατύπωσης και της ανάλυσης ενός προβλήματος, τις διαδικασίες που οδηγούν στην αυτορρύθμιση και αυτό-μάθηση, καθώς και τον επανέλεγχο και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων (Hmelo-Silver, 2004).



Σχήμα 1.9: Κύκλος μάθησης στην επίλυση προβλήματος

Οι μαθητές που εμπλέκονται σε δραστηριότητες επίλυσης προβλήματος τείνουν να έχουν μακροπρόθεσμα και μεγαλύτερα οφέλη στην απομνημόνευση της αποκτηθείσας γνώσης και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων (Dochy κ. συν., 2003· Hmelo-Silver, 2004).

Η μέθοδος επίλυσης προβλήματος έχει κάποιες ομοιότητες με τη μέθοδο project, όπως το ότι και οι δύο μέθοδοι βασίζονται στην αυτορρύθμιση και την ομαδοσυνεργατικότητα και πως και στις δύο μεθόδους πραγματοποιείται μια διεπιστημονική προσέγγιση στο έργο (Perrenet, Bouhuijs & Smits, 2000, Mills & Treagust, 2003, Hmelo-Silver, 2004). Ωστόσο, οι Perrenet κ. συν. (2000), που μελέτησαν την εφαρμογή των μεθόδων αυτών στην εκπαίδευση μηχανικής, όπως και οι Mills & Treagust (2003), αναφέρουν ότι οι δύο αυτές μέθοδοι διαφέρουν σε κάποια στοιχεία όπως ο αριθμός των μελών των ομάδων ώστε να είναι αποτελεσματικές, ο βαθμός συνάφειας με την επαγγελματική πραγματικότητα, η εκτιμώμενη διάρκεια υλοποίησης κ.ά.

Παρατηρείται πως υπάρχει μεγάλη ομοιότητα μεταξύ της διερευνητικής μεθόδου, των μεθόδων της επίλυσης προβλήματος (problem-based learning) και των ερευνητικών σχεδίων εργασίας (project-based learning) ενώ στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι Bell κ. συν., (2010). Είναι τόσο συνδεδεμένες που πολλές φορές συναντώνται ως ταυτόσημες (Euefueno, 2019). Αυτό μπορεί να συμβαίνει γιατί όλες οι μέθοδοι, τα μοντέλα διδασκαλίας και οι παιδαγωγικές τεχνικές, εκτός από την απόκτηση γνώσεων και την ανάπτυξη δεξιοτήτων σύνθεσης ή ανάλυσης, δίνουν ιδιαίτερη βαρύτητα στην ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλήματος. Θεωρείται λοιπόν δεξιότητα, η οποία, ακόμη κι αν δεν επιτυγχάνεται μέσω υλοποίησης της συγκεκριμένης μεθόδου διδασκαλίας, είναι θεμελιώδης για τη μάθηση, ειδικά στην εκπαίδευση STEM.

Όπως αναφέρεται στο NRC 2014, η μέθοδος επίλυσης προβλήματος προτείνεται συχνά σε εκπαιδευτικά προγράμματα STEM γιατί συνδέεται με την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM λόγω της αυθεντικότητας των προβλημάτων, της προσομοίωσης αληθινών καταστάσεων και διαδικασιών και της αντιμετώπισης προκλήσεων του πραγματικού κόσμου (NRC, 2014· Adel El Sayary κ. συν., 2015· Kotsifakos, Kostis & Douligeris, 2017· Euefueno, 2019). Επιπλέον, η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να αναπτυχθούν σε κάποιο βαθμό οι δεξιότητες του 21^{ου} αιώνα που αφορούν τις γνωστικές και συνεργατικές δεξιότητες που επιδιώκει η εκπαίδευση STEM (Adel El Sayary κ. συν., 2015). Τέλος, η μέθοδος επίλυσης προβλήματος δίνει το κατάλληλο περιθώριο στον εκπαιδευτικό να κατευθύνει αποτελεσματικά το σύνολο των δραστηριοτήτων στα προγράμματα STEM, και μπορεί να τροποποιηθεί ανάλογα ώστε να βελτιώσει τη συμμετοχικότητα και τη συνεργασία (Kotsifakos κ. συν., 2017) ενώ ευνοεί την ενσωμάτωση των πεδίων, αναπτύσσει τις δεξιότητες της επίλυσης προβλήματος και της κριτικής σκέψης μέσα από τη συνεργασία σε μικρές ομάδες και ενισχύει αναστοχαστικές και μεταγνωστικές διαδικασίες που βοηθούν τους μαθητές να κατανοούν τι μαθαίνουν και το πώς το μαθαίνουν (Smith κ. συν., 2022).

1.4 Σκοπός και στόχοι της εκπαίδευσης STEM

Τα σύγχρονα ζητήματα με τα οποία έρχονται αντιμέτωποι οι άνθρωποι σε παγκόσμιο, εθνικό αλλά και τοπικό επίπεδο, όπως η διατήρηση και βελτίωση της υγείας

και η πρόληψη και καταπολέμηση ασθενειών, η ενεργειακή αυτονομία, η περιβαλλοντική ποιότητα και η κλιματική αλλαγή, η αντιμετώπιση φυσικών κινδύνων, η χρήση των ολοένα και μειούμενων φυσικών πόρων και η κατανόηση της σύνδεσης των πεδίων STEM με αυτά τα ζητήματα, θέτουν στο προσκήνιο την ανάγκη διαφορετικής αντιμετώπισης της εκπαίδευσης σε όλες τις βαθμίδες της (Bybee, 2012· Kennedy & Odell, 2014). Ως απάντηση σε αυτές τις προκλήσεις, σκοπός της εκπαίδευσης STEM είναι η προσέλκυση όλων των μαθητών στις Επιστήμες, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά ώστε, αποκτώντας γνώσεις και δεξιότητες στα πεδία STEM, να εξελιχθούν σε επιστημονικά και τεχνολογικά εγγράμματους πολίτες, ικανούς να εμπλακούν και να διαχειριστούν αυτά τα ζητήματα όχι μόνο σε ερευνητικό, ακαδημαϊκό ή επαγγελματικό επίπεδο, αλλά και στην καθημερινή τους ζωή (Ramaley κ. συν., 2005· NRC, 2011· Bybee, 2012). Αυτό γίνεται παράλληλα με την οικοδόμηση εννοιών που διασυνδέονται διαμέσου των πεδίων STEM και την ανάπτυξη δεξιοτήτων που θα τους καταστήσουν έτοιμους να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις της σύγχρονης εποχής, σε τοπικό, εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο (Bybee, 2012· McDonald, 2016).

Οι στόχοι της εκπαίδευσης STEM παρατηρείται πως έχουν μακροπρόθεσμα κοινωνικές, οικονομικές και πολιτικές προεκτάσεις ενώ κάθε φορέας ή οργανισμός θέτει τους δικούς του στόχους. Σύμφωνα με το Εθνικό Συμβούλιο Ερευνών, NRC, των Η.Π.Α. (2012) ή οι στόχοι του Εθνικού Ιδρύματος Επιστημών και Τεχνολογίας των Η.Π.Α. (NSTC, 2018).

Οι στόχοι που θέτει το NRC είναι (NRC, 2012):

- η διεύρυνση του αριθμού των μαθητών που επιλέγουν σπουδές και ακολουθούν επαγγέλματα στα πεδία STEM και η αύξηση της συμμετοχής των γυναικών και των μειονοτήτων σε αυτά τα πεδία,
- η διεύρυνση του εργατικού δυναμικού που έχουν καλλιεργήσει δεξιότητες STEM και είναι επιστημονικά και τεχνολογικά εγγράμματοι, όπως και η συμμετοχή γυναικών και μειονοτήτων σε αυτό το δυναμικό, και
- η αύξηση του εγγραμματισμού στα πεδία STEM, ακόμη και των επαγγελματιών που δεν απασχολούνται σε STEM επαγγέλματα.

Οι στόχοι που θέτει το NSTC είναι (NSTC, 2018):

- η θεμελίωση του εγγραμματισμού STEM,

- η αύξηση της διαφορετικότητας, της ισότητας και της ένταξης στα πεδία STEM, και
- η προετοιμασία του μελλοντικού εργατικού δυναμικού στο να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις του 21^{ου} αιώνα.

Αυτοί οι στόχοι επιτυγχάνονται με την ανάπτυξη και τον εμπλουτισμό στρατηγικών συνεργασιών διάφορων κοινωνικών ομάδων, την εμπλοκή των μαθητών σε δραστηριότητες που ενσωματώνουν τα πεδία STEM και την ανάπτυξη υπολογιστικού εγγραμματισμού.

Παρατηρείται ότι αυτοί οι στόχοι είναι σε πλήρη συμφωνία με τις τρέχουσες τεχνολογικές εξελίξεις αλλά και με την ισχυροποίηση της θέσης των χωρών που εντάσσουν την εκπαίδευση STEM στα αναλυτικά τους προγράμματα (Η.Π.Α. και παρομοίως Καναδάς, Ηνωμένο Βασίλειο, Γερμανία, Σκανδιναβικές χώρες, Αυστραλία, Ιαπωνία, Κίνα, Νότιος Κορέα, Χονγκ Κονγκ κ.ά.) στο παγκόσμιο οικονομικό στερέωμα, πρόκειται δηλαδή για τον σχεδιασμό εκπαιδευτικής πολιτικής με κοινωνικές, οικονομικές και πολιτικές προεκτάσεις σε παγκόσμιο επίπεδο²⁶.

Επιπλέον, οι National Academies of Sciences, Engineering and Medicine μέσω του NRC (2014), θέτουν ως στόχους:

- την απόκτηση εγγραμματισμού στα πεδία STEM,
- την ανάπτυξη δεξιοτήτων του 21^{ου} αιώνα,
- την προετοιμασία εργατικού δυναμικού στα πεδία STEM²⁷,
- την πρόκληση ενδιαφέροντος και εμπλοκής, και
- την ικανότητα να διακρίνονται διασυνδέσεις μεταξύ των πεδίων STEM.

Ωστόσο, το NRC (2014) δίνει διαφορετικούς στόχους για τους εκπαιδευτικούς.

Αυτοί οι στόχοι είναι:

- η αύξηση της γνώσης περιεχομένου των πεδίων STEM, και

²⁶ Από την εκτίμηση των αποτελεσμάτων των εξετάσεων PISA (2018, 2022) και τη σύγκριση με τα αποτελέσματα του 2015, γίνεται αντιληπτό ότι υπάρχει ένα συνεχόμενο προβάδισμα κάποιων συγκεκριμένων χωρών. Θα είχε ενδιαφέρον να εντοπιστεί σε ποιο βαθμό συσχετίζεται αυτό το προβάδισμα με την ύπαρξη θεσμοθετημένων προγραμμάτων STEM στην εκπαιδευτική πολιτική αυτών των χωρών.

²⁷ Αυτός ο στόχος αναφέρεται και στο NRC (2012) και αφορά μακροπρόθεσμους στόχους σε τοπικό και παγκόσμιο επίπεδο.

- η αύξηση της «παιδαγωγικής γνώσης περιεχομένου»²⁸ των πεδίων STEM.

Εγγραμματισμός στα πεδία STEM

Σχετικά με τον εγγραμματισμό στα πεδία STEM (STEM literacy), η NGA (2007) παραθέτει ως απώτερο σκοπό τη δημιουργία εγγράμματος ανθρώπινου δυναμικού στις εξής κατευθύνσεις (NGA, 2007· NRC, 2014· Firman κ. συν., 2015· McDonald, 2016):

- επιστημονικός γραμματισμός: Ως επιστημονικός γραμματισμός εννοείται η δυνατότητα χρήσης της επιστημονικής γνώσης στα πεδία των Φυσικών Επιστημών (Φυσική, Χημεία, Βιολογία και Επιστήμες της Γης και του Διαστήματος) και των διαδικασιών τους, για την κατανόηση του φυσικού κόσμου και τη συμμετοχή τους σε αποφάσεις που επηρεάζουν το περιβάλλον, την υγεία και την τεχνολογία.
- τεχνολογικός γραμματισμός²⁹: Τεχνολογικός γραμματισμός θεωρείται η ικανότητα χρήσης, διαχείρισης, κατανόησης και εκτίμησης της τεχνολογίας. Οι πολίτες του μέλλοντος πρέπει να γνωρίζουν πώς να χρησιμοποιούν τις νέες τεχνολογίες, να κατανοούν πώς αναπτύσσονται και να μπορούν να αναλύουν πώς η τεχνολογία επηρεάζει τον κόσμο.
- μηχανικός γραμματισμός³⁰: Πρόκειται για την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο αναπτύσσονται οι τεχνολογίες μέσω διαδικασιών μηχανικής σχεδίασης, όπως είναι η υλοποίηση ερευνητικών εργασιών project, η κατανόηση της αλληλεπίδρασης πολλών πεδίων, η αποσαφήνιση και απλοποίηση δύσκολων

²⁸ Η παιδαγωγική γνώση περιεχομένου είναι μία έννοια που συνδυάζει κάποιο ειδικό γνωστικό αντικείμενο (πεδίο) με τις παιδαγωγικές αρχές και πρακτικές που υιοθετούνται για τη διδακτική του. Στην παιδαγωγική γνώση περιεχομένου περιλαμβάνεται κυρίως ο διδακτικός μετασχηματισμός του περιεχομένου των πεδίων που διδάσκονται, με απλοποίηση των επιστημονικών προτύπων, η διδακτική αξιοποίηση των προϋπάρχουσων ιδεών των μαθητών που μπορεί να είναι αντίθετες με το επιστημονικό πρότυπο, την επιλογή των κατάλληλων θεμάτων για διδασκαλία και το συνδυασμό των κατάλληλων μοντέλων για την υλοποίηση της διδασκαλίας (Καριώτογλου, 2006).

²⁹ Τις οδηγίες για τον τεχνολογικό εγγραμματισμό τις ανέδειξε αρχικά η Διεθνής Ένωση για την Τεχνολογική Εκπαίδευση, International Technology Education Association, ITEA, το 2000. Η ένωση αργότερα μετονομάστηκε σε International Technology and Engineering Educators Association, ITEEA, οπότε και εξέδωσε καινούριο οδηγό με ανανεωμένες αλλά ίδιας φιλοσοφίας προδιαγραφές, με τελευταία έκδοση αυτή του 2020 (ITEA, 2007· ITEEA, 2020).

³⁰ Ακόμη πιο συγκεκριμένα, ο τεχνολογικός και μηχανικός εγγραμματισμός αφορά την κατανόηση των τεχνολογικών αρχών και εφαρμογών, την ανάπτυξη και χρήση λύσεων και τεχνολογικών μέσων για την επίτευξη στόχων και την επικοινωνία και συνεργασία με ποικίλους τρόπους, ατομικά ή σε ομάδες με συναδέλφους ή εξειδικευμένους επαγγελματίες (Firman κ. συν., 2015).

εννοιών και η αξιοποίηση του ενδιαφέροντος των μαθητών για την επίλυση πραγματικών προβλημάτων.

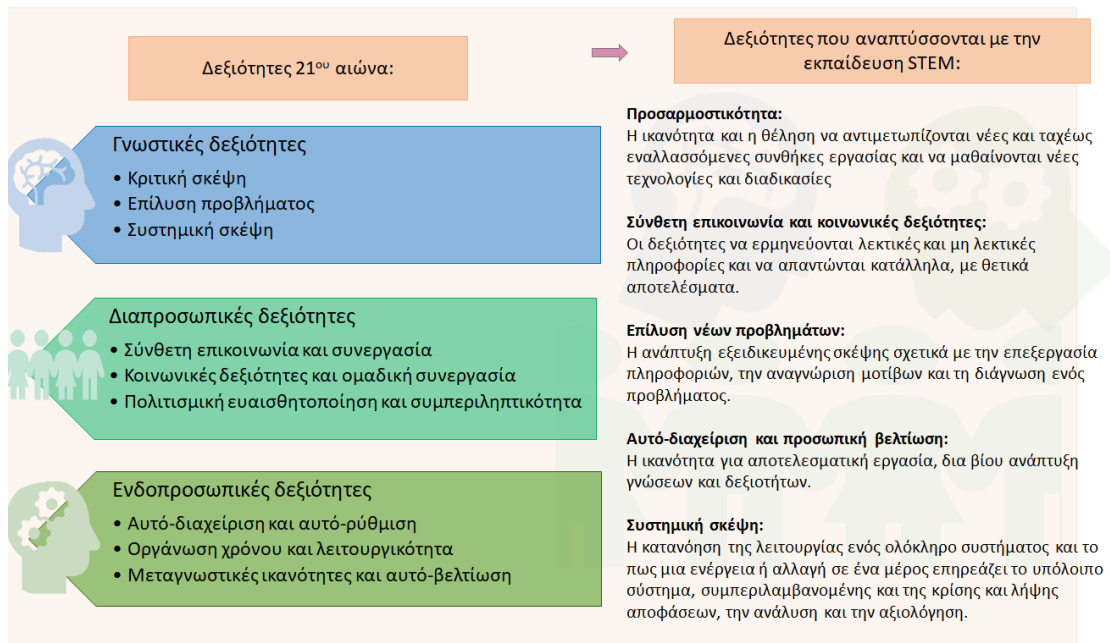
- μαθηματικός γραμματισμός: Ως μαθηματικός γραμματισμός εννοείται η ικανότητα ανάλυσης, αιτιολόγησης και αποτελεσματικής επικοινωνίας ιδεών επίλυσης κατά τη διατύπωση και επίλυση μαθηματικών προβλημάτων που συναντώνται σε πολλές καταστάσεις.

Συνδυάζοντας τα παραπάνω, η ανάπτυξη του εγγραμματισμού στην εκπαίδευση STEM αφορά την ανάπτυξη γνώσεων, δεξιοτήτων και στάσεων, την κατανόηση των χαρακτηριστικών των πεδίων STEM και το πώς αυτά επηρεάζουν τη ζωή και τον κόσμο, καθώς και την προθυμία εμπλοκής και επίλυσης προβλημάτων που άπτονται των πεδίων STEM (Bybee, 2012· Martín-Páez κ. συν., 2019). Ο εγγραμματισμός STEM περιλαμβάνει την κατανόηση του κόσμου και το πώς λειτουργεί μέσα από τα πεδία STEM καθώς και την εφαρμογή των γνώσεων που αποκομίζονται για τη βελτίωση των κοινωνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών συνθηκών (Washington STEM Study Group, 2011· στο Martín-Páez κ. συν., 2019).

Δεξιότητες του 21^{ου} αιώνα

Οι δεξιότητες του 21^{ου} αιώνα³¹ είναι ένα σύνολο από γνωστικές, διαπροσωπικές και ενδοπροσωπικές δεξιότητες που υποστηρίζουν τη βαθιά μάθηση ενισχύοντας τη μεταφορά γνώσης (NRC, 2011, 2014· Bybee, 2012· McComas, 2013). Οι κατηγορίες των δεξιοτήτων του 21^{ου} αιώνα, παρουσιάζονται στο σχήμα 1.10, στο οποίο αναγράφονται συμπληρωματικά και οι δεξιότητες που αναπτύσσονται με την εκπαίδευση STEM (Bybee, 2012).

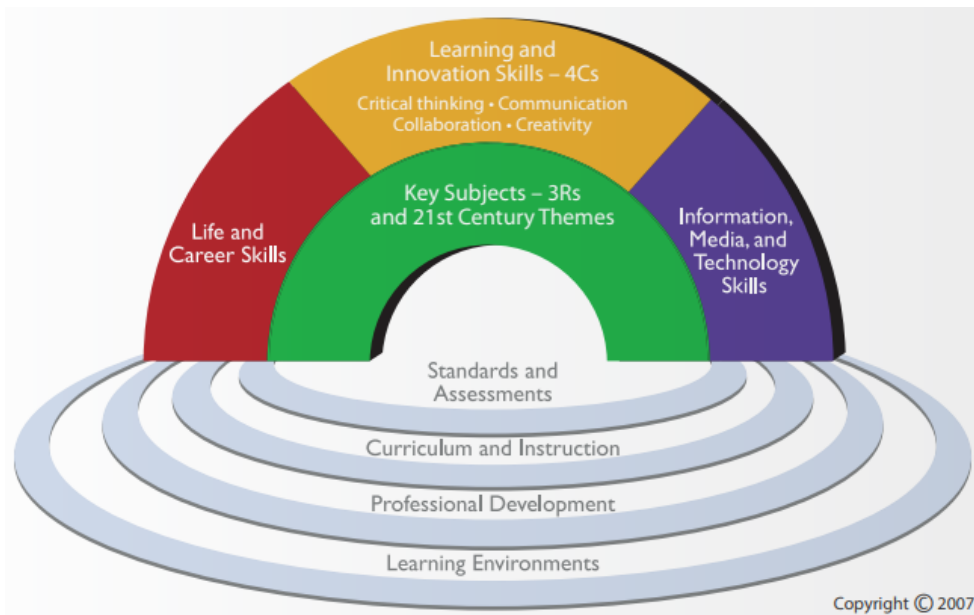
³¹ Σύμφωνα με το ΙΕΠ (2022), τα νέα αναλυτικά προγράμματα σπουδών στη χώρα μας, έχουν στόχο την καλλιέργεια δεξιοτήτων του 21 ου αιώνα, δεξιοτήτων της ζωής (life skills), ήπιων δεξιοτήτων (soft skills) και δεξιοτήτων της τεχνολογίας, της μηχανικής και της επιστήμης και δεξιοτήτων του νου (ΙΕΠ, <http://iep.edu.gr/el/psifiako-apothetirio/skill-labs/915-oi-deksiotites-tis-platformas>).



Σχήμα 1.10: Γνωστικές, διαπροσωπικές και ενδοπροσωπικές δεξιότητες του 21^{ου} αιώνα

Αυτές οι δεξιότητες επηρεάζουν θετικά όλους τους μαθητές, είτε εκπαιδεύονται στα πεδία STEM είτε όχι, και επιπροσθέτως ενισχύουν τη λεγόμενη παγκόσμια συνείδηση, τη δημιουργικότητα και την καινοτομία (Kennedy & Odell, 2014· Firman κ. συν., 2015).

Όλες οι αναφερθείσες δεξιότητες του 21^{ου} αιώνα, καθώς και αυτές που προάγονται με την εκπαίδευση STEM σε μαθησιακό επίπεδο, συγχωνεύονται σε 4 θεμελιώδεις δεξιότητες, αυτές της Επικοινωνίας (Communication), της Συνεργασίας (Collaboration), της Δημιουργικότητας (Creativity) και της Κριτικής Σκέψης (Critical Thinking) και είναι γνωστές ως τα 4Cs των δεξιοτήτων του 21^{ου} αιώνα (Ohio Department of Education, Partnership for 21st Century Skills, P21, 2015, 2019· Kelley, Knowles, Han & Sung, 2019· ΙΕΠ, 2021). Σύμφωνα με το P21, όλες οι δεξιότητες του 21^{ου} παρουσιάζονται στο σχήμα 1.11.



Σχήμα 1.11: Δεξιότητες του 21^{ου} αιώνα. Πηγή: P21 (2016, σελ.4)

Οι δεξιότητες 4Cs του 21^{ου} αιώνα στις οποίες εστιάζει η παρούσα έρευνα αφορούν την κριτική σκέψη, την επικοινωνία, τη συνεργασία και τη δημιουργικότητα, όπως ορίζονται από την P21 (2016) αλλά και τον οδηγό για την υλοποίηση εργαστηρίων δεξιοτήτων στο γυμνάσιο (ΙΕΠ, 2021). Οι συγκεκριμένες δεξιότητες παρουσιάζονται στο σχήμα 1.12 και αποτελούν μαθησιακές ή γνωστικές δεξιότητες 4Cs.



Σχήμα 1.12: Δεξιότητες Μάθησης του 21^{ου} αιώνα 4Cs (P21, 2009)

Προετοιμασία εργατικού δυναμικού στα πεδία STEM

Είναι γεγονός πως τα περισσότερα επαγγέλματα στις μέρες μας απαιτούν εξειδικευμένες γνώσεις και δεξιότητες, ειδικά αν ληφθεί υπόψη η συσσωρευμένη επιστημονική γνώση του παρελθόντος σε συνδυασμό με την τεράστια ανάπτυξη της τεχνολογίας που την υποστηρίζει και βελτιώνει καθημερινά (Friesen, 2013). Η εκπαίδευση STEM στοχεύει στην ανάπτυξη γνώσεων και δεξιοτήτων, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης χρόνου και εργασιών, της συνεργασίας και επικοινωνίας με άλλους καθώς και στη συλλογή, ανάλυση και σύνθεση μεγάλου όγκου πληροφοριών ώστε οι μελλοντικοί επαγγελματίες να είναι αφενός επαρκώς καταρτισμένοι και αφετέρου εφοδιασμένοι με τις κατάλληλες δεξιότητες (Siekmann & Korbel, 2016). Αυτός ο στόχος λοιπόν αφορά στην αύξηση του ανθρώπινου δυναμικού που είναι καταρτισμένο στα πεδία STEM, με πλήρη επίγνωση της διασύνδεσης του αντικειμένου του με τα υπόλοιπα πεδία, και που έχουν αναπτύξει τις απαραίτητες δεξιότητες συμμετέχοντας σε δραστηριότητες STEM (NRC, 2014).

Όπως αναφέρουν οι Shapiro κ. συν. (2015), υπάρχει αυξανόμενη ανάγκη για επαγγελματίες στα πεδία STEM που θα μπορούν να αντιμετωπίσουν τις τεχνολογικές προκλήσεις αλλά και την ανάπτυξη γνώσεων σε πεδία που συνδυάζονται με την τεχνολογία (συγκλίνουσες τεχνολογίες - ‘converging technologies’, όπως αναφέρεται στο Shapiro κ. συν., σελ.42), όπως η νανοτεχνολογία, η τεχνολογία αισθητήρων, η μικρο-ηλεκτρονική ή η φωτονική. Παράλληλα, οι μελλοντικοί, αν όχι οι σημερινοί επαγγελματίες, θα πρέπει να υιοθετήσουν νέες ψηφιακές τεχνολογίες που σχετίζονται με το Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing) και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things - IoT) και να είναι σε θέση να δραστηριοποιηθούν σε νέες και εξελισσόμενες συνθήκες εργασίας. Επίσης, οι επαγγελματίες στα πεδία STEM θα πρέπει να προετοιμαστούν κατάλληλα ώστε να εργαστούν συνδέοντας και ενσωματώνοντας γνώσεις από όλα τα πεδία και να είναι ικανοί να συνεργάζονται με άλλους επαγγελματίες ανεξαρτήτως πεδίου, χώρας ή κουλτούρας (Shapiro κ. συν., 2015).

Πρόκληση ενδιαφέροντος και εμπλοκής

Η εκπαίδευση STEM στοχεύει στην ανάπτυξη κινήτρων ενασχόλησης και εμπλοκής με τα πεδία STEM, είτε μέσω προγραμμάτων που απευθύνονται σε όλους

του μαθητές, είτε μέσω προγραμμάτων που απευθύνονται σε ειδικές ομάδες, όπως οι γυναίκες και κάποιες μειονότητες (NRC, 2014). Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, στους στόχους της εκπαίδευσης STEM σε επίπεδο αναλυτικών προγραμμάτων, η πρόκληση του ενδιαφέροντος ειδικών ομάδων γίνεται με τον σχεδιασμό προγραμμάτων STEM που απευθύνονται για παράδειγμα σε κορίτσια συγκεκριμένης ηλικίας και περιλαμβάνουν hands on δραστηριότητες, διερεύνηση επαγγελματικών δυνατοτήτων κι επιλογών σταδιοδρομίας, ανάδειξη προτύπων και εξειδικευμένη καθοδήγηση. Η αύξηση αλλά και διατήρηση του ενδιαφέροντος σχετικά με τα πεδία STEM, επιτυγχάνεται με σχολικές δράσεις, συμμετοχή σε φεστιβάλ και διαγωνισμούς, εξωσχολικά προγράμματα και θεματικές κατασκηνώσεις (NRC, 2014). Ωστόσο, η επιλογή των σπουδών και του επαγγελματικού προσανατολισμού, άρα και η επιλογή των μαθητών να ακολουθήσουν ένα από τα πεδία STEM καθορίζεται από αρκετούς παράγοντες, όπως το κοινωνικο-οικονομικό υπόβαθρο, οι επιλογές των συνομηλίκων και η ενημέρωση ή καθοδήγηση που λαμβάνουν σχετικά με τις επιλογές τους. Φαίνεται πως συνήθως οι μαθητές δεν είναι πλήρως ενημερωμένοι σχετικά με τις επαγγελματικές προοπτικές των επαγγεμάτων STEM, ενώ αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί με συστηματική και διαρκή προσέγγιση και όχι μεμονωμένες δράσεις (Shapiro κ. συν., 2015).

Διάκριση διασυνδέσεων μεταξύ των πεδίων STEM

Η ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM στοχεύει στην κατανόηση της διασύνδεσης των πεδίων της και τελικά, στην ενσωμάτωσή τους, βελτιώνοντας τη μάθηση με (NRC, 2014):

- την αναγνώριση και εφαρμογή εννοιών που έχουν διαφορετική σημασία ή νόημα στα επιμέρους πεδία,
- την εφαρμογή μεθόδων όπως η μηχανική σχεδίαση που χρησιμοποιεί τα γνωστικά αντικείμενα άλλων πεδίων,
- τον συνδυασμό μεθόδων από διαφορετικά πεδία για την επίλυση ενός προβλήματος ή την ολοκλήρωση ενός project,
- την αναγνώριση μιας έννοιας που χρησιμοποιείται με ολοκληρωμένο, ολιστικό τρόπο, και

- την αξιοποίηση των γνωστικών αντικειμένων των επιμέρους πεδίων όποτε κρίνεται απαραίτητο.

Η διεπιστημονικότητα στην εκπαίδευση, όμως, δεν αφορά μόνο τη διασύνδεση γνωστικών πεδίων ή το συνδυασμό μεθόδων και εννοιών από διαφορετικά πεδία αλλά και την ενσωμάτωση των γνωστικών πεδίων με την ανάμιξη της γνώσης που οικοδομείται βιωματικά με την επιστημονική γνώση που υπάρχει για θεωρητικές, αφηρημένες έννοιες και συστήματα. Αυτό απαιτεί την αναγνώριση ενός προβλήματος, την επίλυση προβλήματος και την ικανότητα επικοινωνίας και συνεργασίας (Shapiro κ. συν., 2015).

Έχοντας μια 'παιδαγωγική προσέγγιση', χωρίς να αγνοείται ο απώτερος στόχος της δημιουργίας μελλοντικά εγγράμματων πολιτών στα πεδία STEM, το Υπουργείο Παιδείας της Ιρλανδίας, θέτει ως στόχο της εκπαίδευσης STEM την παροχή υψηλής ποιότητας εκπαίδευσης, ώστε να ενισχυθεί η περιέργεια των μαθητών και η διερεύνηση, οι δεξιότητες επίλυσης προβλήματος, η δημιουργικότητα, η ηθική συμπεριφορά, η αυτοπεποίθηση, η επιμονή και ο ενθουσιασμός της συνεργατικής καινοτομίας (Department of Education, Ireland, 2017). Επιπλέον, η Morrison (2006) αναφέρει πως με την εκπαίδευση STEM επιδιώκει να αποκτηθούν γνώσεις και δεξιότητες ώστε οι μαθητές να γίνουν επιλυτές προβλημάτων, καινοτόμοι, εφευρέτες, αυτοδύναμοι, λογικά σκεπτόμενοι, τεχνολογικά εγγραμματισμένοι, συμμετέχοντες στη σύνδεση της STEM εκπαίδευσης με το σχολείο και το εργασιακό περιβάλλον και ικανοί να συσχετίζουν την κουλτούρα και την ιστορία τους με την εκπαίδευσή τους. Αυτοί οι στόχοι αφορούν κυρίως τις δεξιότητες που επιδιώκεται να αναπτυχθούν μέσω της εφαρμογής της εκπαίδευσης STEM, όπως η κριτική σκέψη, η δημιουργικότητα, η συνεργατικότητα, η αυτορρύθμιση κ.ά. (Adel El Sayary κ. συν., 2015). Παρατηρείται ότι οι στόχοι της εκπαίδευσης STEM διαβαθμίζονται σε δύο επίπεδα: τους μακροπρόθεσμους στόχους σε εθνικό ή παγκόσμιο επίπεδο, που αφορούν την εδραίωση του εγγραμματισμού STEM και την εκπαίδευση πολιτών στο να ανταπεξέλθουν στις εξελίξεις του 21^{ου} αιώνα και τους βραχυπρόθεσμους στόχους σε επίπεδο εκπαιδευτικού οργανισμού και σχολικής τάξης, που αφορούν την επίτευξη μαθησιακών στόχων και την ανάπτυξη δεξιοτήτων των μαθητών που συμμετέχουν σε δραστηριότητες STEM.

Σε αυτό το σημείο κρίνεται απαραίτητο να αναφερθεί πως για την αποτελεσματικότητα και την επιτυχία της εκπαίδευσης STEM και την επίτευξη όλων

των παραπάνω στόχων, πρέπει οι εκπαιδευτικοί που θα υποστηρίξουν την εκπαίδευση STEM να είναι πρόθυμοι και επαρκώς καταρτισμένοι (Kelley & Knowles, 2016· Kotsifakos κ. συν., 2017· Gardner & Tillotson, 2019). Επίσης, η ηγεσία του εκπαιδευτικού οργανισμού να είναι υποστηρικτική και να διευκολύνει την υλοποίηση δραστηριοτήτων, ο σύλλογος γονέων να παρακολουθεί και να εμπλέκεται ενισχυτικά στην ανάπτυξη των μαθητών και, τέλος, το σχολικό κλίμα να είναι ασφαλές και υποστηρικτικό προς όλους τους μαθητές (Bybee, 2012· NRC, 2014). Επιπλέον, η εκπαίδευση STEM έχει νόημα όταν τα αποτελέσματά της διατηρούνται μέσω της συνεργασίας και αλληλεπίδρασης σχολικών οργανισμών, οικογενειών, εξωσχολικών προγραμμάτων και δραστηριοτήτων, ανώτερων εκπαιδευτικών ιδρυμάτων και επαγγελματικής κοινότητας (ένα εξελισσόμενο ‘οικοσύστημα’, όπως αναφέρεται στο STEM Education Policy Statement 2017-2026, Department of Education, Ireland, 2017).

1.5 Περιορισμοί, μειονεκτήματα και προκλήσεις της εκπαίδευσης STEM

Η εκπαίδευση STEM έχει πολλαπλές εφαρμογές κι ένα ευρύ φάσμα πεδίων, γνωστικών αντικειμένων αλλά και μεθόδων υλοποίησης. Λόγω των διαφορετικών επιστημολογικών προσεγγίσεων (βλ. ενότητα 1.1.2), υπάρχει μια ασάφεια σχετικά με τους ορισμούς που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση STEM και το ποια είναι η καταλληλότερη μέθοδος υλοποίησης (Siekman & Korbel, 2016· English, 2017· Martín-Páez κ. συν., 2019· Kastriti κ. συν., 2022· McLure κ. συν., 2022). Έτσι, η αποσαφήνιση αυτών των επιστημολογικών ζητημάτων αποτελεί πρόκληση για την επιτυχή εφαρμογή της εκπαίδευσης STEM (Sanders, 2008, 2012) ενώ ο βαθμός ολοκλήρωσης και ενσωμάτωσης των πεδίων STEM με την ταυτόχρονη διατήρηση της ακεραιότητας του κάθε πεδίου, είναι ακόμη αντικείμενο συζήτησης της επιστημονικής κοινότητας (English, 2017· Gardner & Tillotson, 2019). Οι εφαρμογές της εκπαίδευσης STEM οφείλουν να είναι ενημερωμένες και σε διασύνδεση με τη σύγχρονη πραγματικότητα, ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος να υπάρξει υπερπληθώρα αποφοίτων στα επαγγέλματα STEM που αγνοούν τις αλλαγές που επιφέρουν οι τεχνολογικές εξελίξεις και τα μεταβαλλόμενα εργασιακά περιβάλλοντα (Siekman & Korbel, 2016).

Στους περιορισμούς της εκπαίδευσης STEM συντελούν επιπλέον οι παρανοήσεις που σχετίζονται με τη φύση, την εφαρμογή και την ενσωμάτωση των πεδίων STEM στην πράξη. Τέτοιες παρανοήσεις είναι ότι (Morrison, 2006):

- η τεχνολογία και η μηχανική πρέπει να προσεγγίζονται ως ξεχωριστά επιπρόσθετα μαθήματα,
- η τεχνολογία αφορά τη χρήση περισσότερων υπολογιστών στα σχολεία,
- η τεχνολογία αφορά την επεξεργασία κειμένων,
- η υλοποίηση δραστηριοτήτων STEM παρεκκλίνει από την επιστημονική μέθοδο,
- η εκπαίδευση των Μαθηματικών απέχει από την εκπαίδευση των φυσικών επιστημών,
- τα πεδία STEM αφορούν μόνο ζητήματα εργατικού δυναμικού,
- η τεχνολογική εκπαίδευση και η μηχανική είναι διακριτές και δεν σχετίζονται,
- οι εκπαιδευτικοί της Τεχνολογίας δεν μπορούν να διδάξουν ΦΕ ή μαθηματικά, και
- οι μηχανικοί δεν μπορούν να διδάξουν ΦΕ ή Μαθηματικά.

Πολύ βασικό ρόλο στην επιτυχία των εφαρμογών της εκπαίδευσης STEM κατέχουν οι εκπαιδευτικοί. Η προετοιμασία των εκπαιδευτικών στο να εφαρμόσουν την εκπαίδευση STEM στην τάξη είναι συχνά ελλιπής αν όχι μηδαμινή. Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί είναι εξειδικευμένοι σε έναν τομέα ενώ η προετοιμασία τους περιλαμβάνει ελάχιστη ενσωμάτωση των πεδίων STEM. Επιπλέον, όταν οι εκπαιδευτικοί υλοποιούν δράσεις STEM, συχνά υπολείπονται της καθοδήγησης και των πόρων που απαιτούνται για την υλοποίηση των δράσεων (Gardner & Tillotson, 2019· McLure κ. συν., 2022). Φαίνεται επίσης πως ενώ έχουν θετική στάση σχετικά με την προσέγγιση STEM στην εκπαίδευση, δεν έχουν αρκετή αυτοπεποίθηση να διδάξουν νέες μεθόδους ή να εφαρμόσουν καινοτομίες στην πράξη, ακόμη κι αν αυτές υποστηρίζονται από το εκάστοτε αναλυτικό πρόγραμμα (Stohlmann, Moore & Roehrig, 2012).

Επιπλέον περιορισμός στην καθολική επίτευξη των στόχων της εκπαίδευσης STEM είναι η μη υιοθέτηση κοινών κριτηρίων και προδιαγραφών στον σχεδιασμό

εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων STEM με σαφώς καθορισμένες ρουμπρίκες³² ή εργαλεία αξιολόγησης (Asunda, 2012). Επίσης, στο πλαίσιο μιας μαζικής αλλά κάποιες φορές επιφανειακής εφαρμογής της εκπαίδευσης STEM υλοποιούνται προγράμματα, δράσεις και πρωτοβουλίες που δεν βασίζονται σε στοιχεία και δεν συνδέονται με το αντίστοιχο επιστημολογικό υπόβαθρο ενώ οι παράγοντες επιτυχίας, ή, αντίθετα, οι λόγοι που δεν έχουν τα αναμενόμενα αποτελέσματα τα προγράμματα STEM υπεραπλουστεύονται.

Ειδικότερα όσον αφορά τα αναμενόμενα αποτελέσματα και τις γνώσεις που αποκτούνται μέσω της εκπαίδευσης STEM φαίνεται πως δεν μπορούν μετρηθούν και να αξιολογηθούν άμεσα με τις υπάρχουσες μεθόδους των επιμέρους εμπλεκόμενων πεδίων (Siekmann & Korbel, 2016). Αυτό παρατηρήθηκε και κατά την επισκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με εφαρμογές της εκπαίδευσης STEM στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση στην Ελλάδα (βλ. Κεφ. 2, ενότητα 2.2), με αποτέλεσμα να προκύψει το συμπέρασμα πως οι έρευνες που έχουν γίνει και περιλαμβάνουν αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της ένταξης δραστηριοτήτων STEM, εστιάζουν είτε στην επίτευξη ξεκάθαρων μαθησιακών στόχων που ορίζονται από τα αναλυτικά προγράμματα των εκάστοτε μαθημάτων, είτε στην ανάπτυξη δεξιοτήτων (δεξιοτήτων επίλυσης προβλήματος, μηχανικής σχεδίασης, συνεργασίας, επικοινωνίας κ.ά.). Φαίνεται πως δεν υπάρχει κάποια ολοκληρωμένη και καθολικά αποτελεσματική αξιολογική διαδικασία που να αξιολογεί την ανάπτυξη των STEM δεξιοτήτων όπως ορίστηκαν για παράδειγμα από τον Bybee (2012, βλ. ενότητα 1.4) ή το κατά πόσο και σε τι βαθμό αναπτύσσεται ο εγγραμματισμός STEM σε όλα τα πεδία ταυτόχρονα. Αυτό το γεγονός αποτελεί και έναν από τους περιορισμούς αυτής της εργασίας καθώς δεν μπορούν να εξαχθούν αντιπροσωπευτικά και γενικεύσιμα αποτελέσματα, συγκρίσιμα με άλλες ερευνητικές εργασίες.

Τέλος, είναι απαραίτητο να γίνει αναφορά στην ηθική και τις αξίες που προάγει η εκπαίδευση STEM. Κατά την επισκόπηση των εκθέσεων, των προγραμμάτων και των προτάσεων για το σκοπό, τους στόχους και τις εφαρμογές της εκπαίδευσης STEM παρατηρήθηκε πως γίνεται εκτενής αναφορά στις προεκτάσεις που έχουν τα πεδία STEM στην κοινωνία και την οικονομία, αλλά δεν υπάρχουν πολλές αναφορές σχετικά με την κατανόηση ηθικών ζητημάτων που προκύπτουν ή την ανάπτυξη ηθικού

³² Οι ρουμπρίκες αξιολόγησης καθοδηγούν τους μαθητές στο να αυτό-αξιολογήσουν αποτελεσματικά την πορεία τους και συνεισφέρουν στην απόκτηση της γνώσης (Psycharis, 2016).

χαρακτήρα των μαθητών. Μόνο τα τελευταία χρόνια στις Η.Π.Α και άλλες χώρες, ακολουθείται η τάση να εντάσσονται κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα («SocioScientific issues», SSI, στο Chesky & Wolfmeyer, 2015) στην εκπαίδευση των επιστημών και της τεχνολογίας. Όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 1.4 σχετικά με τους στόχους της εκπαίδευσης STEM, γίνεται προσπάθεια να ενταχθούν περισσότερες κοινωνικές ομάδες (γυναίκες, μειονότητες κ.ά.) στην εκπαίδευση STEM, αλλά δεν αναγνωρίζονται και αναλύονται οι λόγοι για τους οποίους υπάρχουν αυτές οι διακρίσεις εξ αρχής. Ενδεχομένως να είναι απαραίτητο να υλοποιούνται δραστηριότητες STEM με σαφή σύνδεση με το κοινωνικό-πολιτικό πλαίσιο στο οποίο υλοποιούνται και να δοθεί μεγαλύτερη βαρύτητα στην παράμετρο της ηθικής και των αξιών («axiology») και ταυτόχρονα να ενδυναμώνονται τα δημοκρατικά ιδεώδη και να ενισχύεται η έννοια της κοινωνικής δικαιοσύνης. Σε αυτή την κατεύθυνση, πρέπει να γίνει κατανοητό πως όλες οι πολιτικές, και κατ' επέκταση οι εκπαιδευτικές πολιτικές, σχεδιάζονται και εφαρμόζονται εντός συγκεκριμένου κοινωνικού, οικονομικού και πολιτικού πλαισίου το οποίο στις μέρες μας ορίζεται κυρίως από τις νεοφιλελεύθερες κυβερνητικές πολιτικές οικονομικά ισχυρών κρατών και από τις επιταγές των πολυεθνικών εταιρειών που, προς όφελος της οικονομικής ανάπτυξης, οδηγούν τις εξελίξεις στις επιστήμες, την τεχνολογία και, τελικά, στην εκπαίδευση (Chesky & Wolfmeyer, 2015· Gardner & Tillotson, 2019).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Διδακτικά Σενάρια STEM

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τρία «διδακτικά σενάρια STEM» που σχεδιάστηκαν, στο πλαίσιο της διερευνητικής μεθόδου διδασκαλίας και μάθησης. Σκοπός δημιουργίας αυτών των σεναρίων είναι να αποτελέσουν το έναυσμα για τον σχεδιασμό περισσότερων πρωτότυπων, προσιτών και εφαρμόσιμων διδακτικών σεναρίων που ενσωματώνουν στοιχεία της εκπαίδευσης STEM στη διερευνητική μέθοδο διδασκαλίας και μάθησης των Φυσικών Επιστημών. Επιμέρους στόχοι είναι η ενεργός εμπλοκή των μαθητών σε δραστηριότητες STEM στο πλαίσιο της διερευνητικής μεθόδου, η ανάπτυξη των γνωστικών δεξιοτήτων του 21^{ου} αιώνα (δεξιότητες 4Cs) και η χρήση των σεναρίων από όλους τους εκπαιδευτικούς ΦΕ που επιθυμούν να προσανατολίσουν τη διδασκαλία τους στην εκπαίδευση STEM με τις ελάχιστες δυνατές υλικοτεχνικές υποδομές.

Τα σενάρια αυτά είναι:

- Διδακτικό Σενάριο Α (ΔΣ1): Ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα (ισορροπία σώματος – αδράνεια)
- Διδακτικό Σενάριο Β (ΔΣ2): Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα (δύναμη και μεταβολή της ταχύτητας)
- Διδακτικό Σενάριο Γ (ΔΣ3): Ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα (δύναμη και αλληλεπίδραση)

2.1 Η Διερευνητική Μέθοδος διδασκαλίας και μάθησης στην παρούσα έρευνα

Στο νέο αναλυτικό ΠΣ προτείνεται η εμπλοκή των μαθητών στην πειραματική διαδικασία, αξιοποιώντας πραγματικές μετρήσεις που συλλέγονται από πραγματικά, κατά το δυνατόν, όργανα και ιδιοκατασκευές από απλά υλικά που συγκεντρώνονται από τους μαθητές. Χαρακτηριστική είναι επίσης και η αναφορά που υπάρχει στον Οδηγό Εκπαιδευτικού του ΠΣ για το Μάθημα της Φυσικής στο Γυμνάσιο (Νιζαστάκης κ.ά., 2022) σε σχέση με την αξιοποίηση της προσέγγισης STE(A)M με ενσωμάτωση των πεδίων της, στο εκπαιδευτικό πλαίσιο της διερεύνησης, ώστε να αναδειχθεί ο διεπιστημονικός χαρακτήρας των Φυσικών Επιστημών και να καλλιεργηθούν

δεξιότητες όπως του ψηφιακού και τεχνολογικού εγγραμματισμού, της κριτικής σκέψης, της δημιουργικότητας, της συνεργασίας και της επικοινωνίας, ώστε να ενισχύεται σταδιακά η αυτόνομη μάθηση (Νίζαστάκης κ. συν., 2022).

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι ο σχεδιασμός, η εφαρμογή και η αποτίμηση διδακτικών σεναρίων που ενσωματώνουν την προσέγγιση STEM στο αναλυτικό πρόγραμμα, ακολουθώντας τη διερευνητική μέθοδο διδασκαλίας και μάθησης, η οποία είναι συνυφασμένη με τη διδασκαλία των ΦΕ. Η Διερευνητική Μέθοδος είναι μία μέθοδος που μπορεί να ολοκληρωθεί σε μικρό χρονικό διάστημα και ανά ενότητα (2 ή 3 διδακτικές ώρες για κάθε ενότητα, όπως προτείνεται και από το νέο αναλυτικό ΠΣ του ΙΕΠ το 2022). Επιπλέον, η συγκεκριμένη μέθοδος αναπτύσσει δεξιότητες επίλυσης προβλήματος και άλλους νοητικούς και ψυχοκινητικούς στόχους, συμβαδίζει δηλαδή με τους στόχους των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων STEM. Οι μαθητές καθοδηγούνται να συμπληρώσουν δομημένα φύλλα εργασίας που περιλαμβάνουν οδηγίες υλοποίησης και κατάλληλα σχεδιασμένες ερωτήσεις (Καριώτογλου, 2006, ΙΕΠ, 2015). Τέλος, η διερευνητική διδασκαλία και μάθηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέθοδος για την ανάπτυξη δεξιοτήτων επιστημονικής διερεύνησης πριν από την υιοθέτηση μεθόδων μηχανικής σχεδίασης για την επίλυση ενός προβλήματος³³ (Kennedy & Odell, 2014· Kelley & Knowles, 2016).

Σε αυτό το σημείο πρέπει να διευκρινιστεί πως η υλοποίηση μιας δραστηριότητας STEM δεν ταυτίζεται απαραίτητα με την κατασκευή ενός τεχνουργήματος ή μιας σύνθετης πειραματικής διάταξης στο πλαίσιο ενός project, ούτε με την άκριτη εισαγωγή του προγραμματισμού ή του πειραματισμού μέσω προσομοιώσεων στην εκπαιδευτική διαδικασία, αλλά με την επίτευξη των διδακτικών στόχων της μαθησιακής διαδικασίας, στην κατεύθυνση της εκπαίδευσης STEM (Ψυχάρης & Καλοβρέκτης, 2017). Όπως λοιπόν αναφέρθηκε στην ενότητα 1.3.1 η διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας και μάθησης με την αξιοποίηση απλών υλικών και ιδιοκατασκευών, αποτελεί μέθοδο της εκπαίδευσης STEM, επομένως κρίνεται ότι είναι η καταλληλότερη μέθοδος για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας.

³³ Θα ήταν θεμιτό η παρούσα εργασία να χρησιμοποιηθεί ως αφετηρία για περαιτέρω μελέτη και σχεδιασμό διδακτικών παρεμβάσεων που συμπεριλαμβάνουν τη μέθοδο της μηχανικής σχεδίασης και της ανάπτυξης δεξιοτήτων υπολογιστικής σκέψης σε ανώτερη βαθμίδα εκπαίδευσης, επιχειρώντας μια ολοκληρωμένη προσέγγιση στην ενσωμάτωση των πεδίων STEM.

2.2 Σχεδιασμός Διδακτικών Σεναρίων Δραστηριοτήτων STEM

Τα συγκεκριμένα διδακτικά σενάρια προσανατολίζονται στο νέο αναλυτικό ΠΣ το οποίο αναμένεται να εφαρμοστεί το σχολικό έτος 2023 – 2024, μετά από την πιλοτική τους εφαρμογή στα πρότυπα και πειραματικά γυμνάσια της χώρας. Ωστόσο, επειδή διανύουμε μεταβατική περίοδο σχετικά με την εφαρμογή των νέων αναλυτικών ΠΣ και οι Οδηγίες Διδασκαλίας της Φυσικής Γυμνασίου που έχουν εκδοθεί από το Υπουργείο Παιδείας, Θρησκευμάτων & Αθλητισμού (114601/Δ2/12-10-2023, 2023) βασίζονται στο Διαθεματικό Ενιαίο Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικής και Χημείας (ΔΕΠΠΣ, 2003), τα σενάρια είναι κατάλληλα για διδασκαλία και για το σχολικό έτος 2023 – 2024.

Τα διδακτικά σενάρια έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- **Δομή:** χρησιμοποιείται η δομή σχεδιασμού των διδακτικών σεναρίων³⁴ που περιλαμβάνεται στον Οδηγό Εκπαιδευτικού (Νιζαστάκης κ. συν., 2022) ώστε να μπορούν, με τις κατάλληλες τροποποιήσεις, να χρησιμοποιηθούν ως διδακτικά σενάρια εφαρμογής του νέου αναλυτικού ΠΣ.
- **Κατάλληλη θεματολογία:** Για την επιλογή των εννοιών και φαινομένων προς διερεύνηση λαμβάνεται υπόψη η καταλληλότητα του περιεχομένου σε σχέση με τη διερευνητική μέθοδο³⁵, καθώς και το ότι το γνωστικό φορτίο που φέρουν είναι μικρό σε σχέση με άλλες πιο σύνθετες έννοιες και φαινόμενα. Παρά τη φαινομενική απλότητά τους, οι τρεις νόμοι του Νεύτωνα αποτελούν τη βάση του οικοδομήματος της Μηχανικής, ως τομέα που περιλαμβάνει την κινηματική και τη δυναμική, τους θεμελιώδεις στύλους της Φυσικής του μακρόκοσμου. Οι τρεις νόμοι του Νεύτωνα συνδέονται σχεδόν με όλα τα φαινόμενα που θα μελετήσουν οι μαθητές στο μάθημα της Φυσικής καθ' όλη τη διάρκεια φοίτησής τους στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (γυμνάσιο, γενικό και επαγγελματικό λύκειο).
- **Δραστηριότητες και ιδιοκατασκευές:** Ως προς τις δραστηριότητες, το περιεχόμενο βασίζεται στο βιβλίο των Καλοβρέκτη και Ψυχάρη (2023) “Dr

³⁴ Τα σενάρια συμπληρώθηκαν με κάποια στοιχεία της δομής διδακτικών σεναρίων που προτείνουν οι Ψυχάρης & Καλοβρέκτης (2017).

³⁵ Όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 1.3.1, οι ιδιότητες της ύλης, όπως και οι εφαρμογές σχέσεων και αρχών, αποτελούν κατάλληλο περιεχόμενο για διερεύνηση (Καριώτογλου, 2006).

STEM - Unplugged STEM: Οι Τρεις Νόμοι του Σερ Ισαάκ Νεύτωνα” και στα σχέδια μαθήματος της σειράς NASA STEMonstrations (Εθνική Υπηρεσία Αεροναυτικής και Διαστήματος των Η.Π.Α., NASA, τελευταία ενημέρωση, Αύγουστος, 2023) Οι δραστηριότητες έχουν σχεδιαστεί κατάλληλα έτσι ώστε να μπορούν να υλοποιηθούν ως διδακτική παρέμβαση στο πλαίσιο της δομημένης διερευνητικής μεθόδου. Ο όρος ‘unplugged’ αναφέρεται στην απουσία του ηλεκτρονικού υπολογιστή (H/Y) ως στοιχείο της υλικοτεχνικής υποδομής που χρησιμοποιούν οι μαθητές κατά την εκπαιδευτική διαδικασία μέσα στην τάξη. Για την υλοποίηση των σεναρίων δεν χρησιμοποιούνται αισθητήρες, μικροελεγκτές ή προγραμματιστικά περιβάλλοντα και λογισμικά εντός της τάξης, αλλά απλά, καθημερινά υλικά που συλλέγουν οι μαθητές κατόπιν σχετικής ενημέρωσης.

- **Προσανατολισμό στο νέο αναλυτικό ΠΣ (ΙΕΠ, 2022):** Τα σενάρια βρίσκονται σε συμφωνία³⁶ με το νέο αναλυτικό ΠΣ της Φυσικής της Β’ Γυμνασίου και τις οδηγίες διδασκαλίας του. Η σειρά που παρουσιάζονται τα διδακτικά σενάρια ακολουθεί τη σειρά με την οποία προτείνεται να διδαχθούν οι νόμοι του Νεύτωνα με τις τρέχουσες οδηγίες διδασκαλίας (ΥΠΑΙΘΑ, 2023). Ωστόσο μπορούν, με μικρές τροποποιήσεις, να διδαχθούν με άλλη σειρά ή αυτόνομα, καθώς είναι σχετικά ανεξάρτητα μεταξύ τους, χωρίς κάποιο σενάριο να αποτελεί προαπαιτούμενο για την υλοποίηση των υπολοίπων.
- **Αξιολόγηση και αυτοαξιολόγηση των μαθητών:** Όπως αναφέρεται στο Νιζαστάκης κ. συν., (2022), εκτός από την απόκτηση γνώσεων, στόχος της εκπαίδευσης είναι και η ανάπτυξη ψυχοσυναισθηματικών δεξιοτήτων, κάτι που όπως αποδείχθηκε από την επισκόπηση της βιβλιογραφίας, αποτελεί και στόχο της εκπαίδευσης STEM. Γι’ αυτό το λόγο, οι μαθητές προτείνεται να συμπληρώνουν ερωτηματολόγιο αυτοαξιολόγησης³⁷ της συνέπειας, του

³⁶ Στο νέο Πρόγραμμα Σπουδών της Φυσικής της Β’ Γυμνασίου υπάρχει διαφοροποίηση στη σειρά των διδασκόμενων εννοιών που αφορούν τους νόμους του Νεύτωνα ενώ διαφοροποιούνται και οι γνωστικοί στόχοι. Όσον αφορά το γνωστικό περιεχόμενο, στον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα προστίθεται μία πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση στην έννοια της επιτάχυνσης (ενότητα 4.2: Επιτάχυνση, ΙΕΠ, 2022), ενώ στο παλιό Πρόγραμμα Σπουδών δεν αναφέρεται η έννοια της επιτάχυνσης και ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα προσεγγίζεται μόνο ποιοτικά (διδακτική ενότητα 3.6: Δύναμη και μεταβολή της ταχύτητας, Φυσική Β’ Γυμνασίου, Αντωνίου κ. συν., 2015).

³⁷ Στην παρούσα έρευνα το ερωτηματολόγιο αυτό αποτελεί ταυτόχρονα ερευνητικό εργαλείο για τη διερεύνηση του δεύτερου ερευνητικού ερωτήματος (βλ. κεφάλαιο 3, ενότητα 3.4).

ενδιαφέροντος, της ικανοποίησης, της αποτίμησης της συνεργασίας μεταξύ των μελών της ομάδας αλλά και των δυσκολιών που αντιμετώπισαν κατά την υλοποίηση αυτών των σεναρίων.

- **Υιοθέτηση της προσέγγισης STEM:** Τα διδακτικά σενάρια συνδυάζουν όσο το δυνατόν περισσότερο τα τέσσερα πεδία STEM, με το να αξιοποιούν γνώσεις και να αναπτύσσουν δεξιότητες που σχετίζονται και με τα τέσσερα πεδία. Το πεδίο των επιστημών και συγκεκριμένα της φυσικής, αποτελεί το όχημα για την ενσωμάτωση των πεδίων. Η ενσωμάτωση του πεδίου της τεχνολογίας επιτυγχάνεται με τη χρήση smartphones και συγκεκριμένων εφαρμογών³⁸ (σάρωση Quick – Response code, QR, εφαρμογή phyrhox, χρήση ψηφιακού πίνακα ανακοινώσεων), ώστε να ενταχθεί και να ενσωματωθεί το πεδίο της τεχνολογίας στη διδακτική παρέμβαση χωρίς να γίνεται χρήση κάποιου σύνθετου λογισμικού ή άλλων τεχνολογικών εργαλείων εντός της σχολικής τάξης. Τέλος, για τη μέγιστη δυνατή ενσωμάτωση των πεδίων STEM στα προτεινόμενα διδακτικά σενάρια κρίθηκε απαραίτητο να σχεδιαστούν φύλλα εργασίας που συμπεριλαμβάνουν, όσο είναι εφικτό, και διαδικασίες μηχανικής σχεδίασης (αναγνώριση ενός προβλήματος, εύρεση και σχεδιασμό μιας λύσης, υλοποίηση της λύσης με έλεγχο και βελτιώσεις και, εφόσον χρειάζεται, επανασχεδιασμό, βλ. ενότητα 1.3.1). Για τη διασφάλιση της ορθότητας των φύλλων εργασίας σε αυτή την κατεύθυνση, λήφθηκε υπόψη το νέο αναλυτικό ΠΣ για το μάθημα της Τεχνολογίας στις Α', Β' και Γ' τάξεις Γυμνασίου (ΙΕΠ, 2021)³⁹, το οποίο συνδυάζει τη διαδικασία του τεχνικού σχεδιασμού της Μηχανικής με τη διερευνητική μέθοδο διδασκαλίας. Όσον αφορά το πεδίο των μαθηματικών, αυτό ενσωματώνεται με τη χρήση απλών αριθμητικών υπολογισμών, μετρήσεων, στοιχείων κύκλου (μήκος κύκλος, διάμετρος, σταθερά π), σχέσεις αναλογιών και κλίμακας.

³⁸ Υιοθετήθηκαν στοιχεία κινητής μάθησης (Mobile Learning, ML) η οποία αφορά τη χρήση φορητών συσκευών για τη διεκπεραίωση μαθησιακών διαδικασιών. Πρόκειται για την εξέλιξη της ψηφιακής μάθησης η οποία επιτρέπει στον μαθητή να αξιοποιεί ψηφιακά εργαλεία προς διευκόλυνση και εξατομίκευση της μαθησιακής εμπειρίας (Xu, Yang & Zhu, 2018 · Liu, Zowghi, Kearney & Bano, 2020 · Kousloglou, Petridou, Molohidis & Hatzikraniotis, 2023).

³⁹ Συγκεκριμένα, κάποιες δραστηριότητες απαιτούν τον σχεδιασμό αντικειμένων σε δύο διαστάσεις με χρήση κανόνων σχεδίασης και την κατανόηση των εννοιών: πρόσοψη, κάτοψη ή πλάγια όψη, με σκοπό την κατασκευή ομοιωμάτων (πρόγραμμα Α' Γυμνασίου, θεματικό πεδίο Γ. Μηχατρονική/Ρομποτική, θεματική ενότητα 1. Σχεδιασμός/Μηχανική/Κατασκευές, ΙΕΠ, 2021).

Για την εμπλοκή των μαθητών και εκτός σχολικής τάξης, για την ανάπτυξη δεξιοτήτων επικοινωνίας μεταξύ των μαθητών και για την παρακολούθηση της περαιτέρω ενασχόλησης των μαθητών, προτείνεται να δημιουργηθεί ένας ψηφιακός πίνακας ανακοινώσεων, στον οποίο μπορούν να συνδεθούν προαιρετικά οι μαθητές και να αναρτούν πληροφορίες που αναζήτησαν στο διαδίκτυο ή φωτογραφίες με τα βήματα από την υλοποίηση των δραστηριοτήτων που πραγματοποιούν στο σπίτι. Για τη δημιουργία του ψηφιακού πίνακα ανακοινώσεων στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε η ιστοσελίδα του εργαλείου padlet (<https://el.padlet.com>). Το padlet αποτελεί ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται ως ψηφιακός πίνακας ανακοινώσεων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από εκπαιδευτικούς και μαθητές. Στο padlet μπορούν να αναρτηθούν βίντεο, υπερσυνδέσεις, κείμενα, φωτογραφίες κ.ά. γεγονός που το καθιστά ιδανικό εργαλείο επικοινωνίας και ομαδικής συνεργασίας. Επιλέχθηκε λόγω της ευχρηστίας του και του ελκυστικού περιβάλλοντος χρήσης στα ελληνικά. Η χρήση του padlet δεν κρίνεται απαραίτητη για την υλοποίηση των σεναρίων, ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλου είδους εργαλεία, όπως ο δωρεάν ψηφιακός φελοπίνακας ανακοινώσεων lino (<http://linoit.com>) ή οποιαδήποτε άλλη πλατφόρμα συλλογής εκπαιδευτικού υλικού. Επίσης, στην παρούσα έρευνα, η χρήση του padlet ήταν προαιρετική για τους μαθητές και αποσκοπεί κυρίως στην ύπαρξη ενός τρόπου επικοινωνίας μεταξύ της ερευνήτριας εκπαιδευτικού και των μαθητών, στην περίπτωση που κάποιος από αυτούς θέλει να λάβει κάποιο φύλλο ασύγχρονης προετοιμασίας ή φύλλο εργασίας σε ψηφιακή μορφή. Τέλος, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία της τεχνικής της ανεστραμμένης τάξης (flipped classroom), όπου οι μαθητές λαμβάνουν οπτικοακουστικό υλικό πριν από τη διδασκαλία ώστε να εξοικονομηθεί χρόνος, να δραστηριοποιηθούν οι μαθητές και να εμπλακούν ενεργά στην εκπαιδευτική διαδικασία (Baker, 2000).

2.3 Διδακτικό Σενάριο Α: Ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα

Το πρώτο διδακτικό σενάριο, ΔΣ1, αφορά τον 1^ο νόμο του Νεύτωνα και την κατανόηση της έννοιας της αδράνειας και της ισορροπίας των σωμάτων και παρουσιάζεται στον πίνακα 2.1:

Πίνακας 2.1: Διδακτικό Σενάριο 1 – Ο 1^{ος} νόμος του Νεύτωνα

1. Ταυτότητα διδακτικού σεναρίου

Τίτλος: Τι σχέση έχει ο Νεύτωνας με τις ζώνες ασφαλείας;

Βαθμίδα: Γυμνάσιο

Γνωσιακό αντικείμενο: Φυσική

Θεματική ενότητα ΔΕΠΠΣ: 2. Δυνάμεις

Διδακτική ενότητα: 3.4. Δύναμη και ισορροπία

Χρονική διάρκεια: 2 διδακτικές ώρες

Θεματικό πεδίο νέου ΠΣ: Δυνάμεις και κινήσεις

Θεματική ενότητα νέου ΠΣ: 2. Η Ισορροπία Δυνάμεων – Ομαλή κίνηση

Υποενότητα: 2.2 Ισορροπία σώματος

2. Σκεπτικό σεναρίου – επιστημονικό / γνωστικό περιεχόμενο

Το σκεπτικό του παρόντος σεναρίου είναι η μελέτη και κατανόηση της έννοιας της ισορροπίας, της έννοιας της αδράνειας καθώς και η διερεύνηση των εφαρμογών του 1^{ου} νόμου του Νεύτωνα και της έννοιας της αδράνειας στην καθημερινή ζωή.

Ο πρώτος Νόμος του Νεύτωνα ή αλλιώς νόμος της Αδράνειας περιγράφει την κατάσταση ισορροπίας στην οποία βρίσκεται ένα σώμα όταν δεν ενεργούν πάνω του δυνάμεις ή όταν η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται πάνω του είναι μηδενική. Με άλλα λόγια, ένα σώμα συνεχίζει να παραμένει ακίνητο ή να κινείται ευθύγραμμα και ομαλά εφόσον δεν ασκείται σε αυτό δύναμη ή η συνολική, συνισταμένη δύναμη που ασκείται πάνω του είναι μηδενική.

Μαθηματικά, ο 1^{ος} νόμος του Νεύτωνα διατυπώνεται ως εξής:

$$\Sigma \vec{F} = 0 \leftrightarrow \begin{cases} \vec{v} = 0 \\ \text{ή} \\ \vec{v} = \text{σταθ.} \end{cases}$$

όπου $\Sigma \vec{F}$ είναι η συνισταμένη ή ολική δύναμη που ασκείται στο σώμα και \vec{v} είναι η ταχύτητα του σώματος.

Αδράνεια είναι η τάση των σωμάτων να αντιστέκονται σε οποιαδήποτε μεταβολή της κινητικής τους κατάστασης (ταχύτητας).

3. Προαπαιτούμενες γνώσεις και επιθυμητές δεξιότητες, εναλλακτικές ιδέες μαθητών

Οι μαθητές έχουν διδαχθεί την έννοια της δύναμης και το διανυσματικό της χαρακτήρα, έχουν εξασκηθεί στη σύνθεση δυνάμεων και γνωρίζουν την έννοια της αλληλεπίδρασης. Όσον αφορά τις μαθηματικές πράξεις που απαιτούνται για τη

διεκπεραίωση των ιδιοκατασκευών του σεναρίου, είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της περιμέτρου ενός κύκλου με τη μαθηματική σχέση $\Pi = \pi \delta$, όπου Π είναι η περίμετρος ή αλλιώς το μήκος του κύκλου, π η μαθηματική σταθερά και δ η διάμετρος του κύκλου. Η συγκεκριμένη σχέση δεν έχει διδαχθεί ακόμα στα μαθηματικά της Β' Γυμνασίου, οπότε τους δίνεται η ευκαιρία να την προσεγγίζουν διερευνητικά, ενώ, βοηθητικά, δίνεται και ο τύπος υπολογισμού της περιμέτρου. Ωστόσο, η έννοια της περιμέτρου του κύκλου εισάγεται ως 'μήκος κύκλου' στα μαθηματικά της Ε' Δημοτικού.

Σχετικά με τις προϋπάρχουσες γνώσεις και τις εναλλακτικές αντιλήψεις που έχουν οι μαθητές για την έννοια της δύναμης, αυτές λαμβάνονται υπόψη στον σχεδιασμό του διδακτικού σεναρίου, ώστε, μεταξύ των άλλων στόχων, να προκύψει και η εννοιολογική αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών σε σχέση με τις διδασκόμενες έννοιες. Οι συνηθέστερες προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών που αφορούν το παρόν σενάριο είναι ότι η αδράνεια είναι μια δύναμη που διατηρεί τα σώματα σε κίνηση, ότι αν δύο σώματα είναι ακίνητα τότε έχουν την ίδια ποσότητα αδράνειας και ότι όλα τα σώματα σταματούν να κινούνται όταν η δύναμη που τους ασκείται σταματάει να υπάρχει. Επίσης, θεωρούν συχνά πως η ισορροπία είναι αποτέλεσμα του τρίτου νόμου του Νεύτωνα.

4. Σκοπός σεναρίου - προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα

Σκοπός:

Το παρόν σενάριο στοχεύει αφενός στην κατανόηση της έννοιας της αδράνειας και της έννοιας της ισορροπίας καθώς και στη γνωριμία με τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα. Αφετέρου στοχεύει στην ανάπτυξη ψυχοκινητικών δεξιοτήτων, αφού οι μαθητές καλούνται να συμπληρώσουν τα δομημένα φύλλα εργασίας και να κατασκευάσουν τα τεχνουργήματά τους μόνοι τους, με τον εκπαιδευτικό να παρακολουθεί, να συμβουλεύει και να εμπυχώνει.

Προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα:

Μετά το τέλος της διδακτικής ενότητας οι μαθητές πρέπει να είναι σε θέση:

Σε επίπεδο γνώσεων:

- να ορίζουν την αδράνεια,
- να διατυπώνουν τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα,
- να συνδέουν την αδράνεια με τη μάζα του σώματος και να αναφέρουν χαρακτηριστικά παραδείγματα,

-
- να ορίζουν την ισορροπία σώματος ως την κατάσταση ακινησίας ή ευθύγραμμης ομαλής κίνησης,
 - να συνδέουν την κατάσταση ισορροπίας σώματος με την άσκηση μηδενικής συνισταμένης, και
 - να αναγνωρίζουν την επίδραση της αδράνειας σε φαινόμενα της καθημερινής ζωής.

Σε επίπεδο δεξιοτήτων:

- να ακολουθούν συγκεκριμένα βήματα και οδηγίες για τη διερεύνηση μιας έννοιας,
- να κατασκευάζουν έναν πίνακα τιμών και να εντοπίζουν τη σχέση αναλογίας μεταξύ των μεγεθών,
- να διαχειρίζονται καθημερινά υλικά για να κατασκευάσουν ένα σχεδιαστικά απλό αντικείμενο,
- να συνεργάζονται αποτελεσματικά για τη διεκπεραίωση μιας εργασίας,
- να ερμηνεύουν τις παρατηρήσεις τους,
- να εντοπίζουν τυχόν παραλήψεις ή λάθη στην υλοποίηση των δραστηριοτήτων τους, και
- να επικοινωνούν και να υποστηρίζουν τις ιδέες τους.

Σε επίπεδο στάσεων:

- να υιοθετήσουν μια συνεργατική στάση κατά την εργασία σε ομάδες και στην επίλυση προβλημάτων,
- να χρησιμοποιούν την τεχνολογία για την επίτευξη μαθησιακών στόχων,
- να κατανοούν και να εφαρμόζουν τη διαδικασία της επιστημονικής διερεύνησης,
- να αναγνωρίζουν τη συμβολή της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών στη διαδικασία της επιστημονικής διερεύνησης,
- να αναπτύξουν θετική στάση σχετικά με τον επιστημονικό τρόπο σκέψης, και
- να αναπτύξουν θετική στάση για τη διδασκαλία του μαθήματος της φυσικής.

5. Οργάνωση της διδασκαλίας και απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή

Οργάνωση της τάξης:

Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των τριών ή τεσσάρων ατόμων και αναλαμβάνουν εκ περιτροπής διαφορετικούς ρόλους, ώστε όλοι οι μαθητές να λάβουν ενεργά μέρος σε όλες τις διαδικασίες της διδακτικής παρέμβασης.

Απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή:

Το παρόν διδακτικό σενάριο υλοποιείται σε σχολική τάξη ή στο σχολικό εργαστήριο, στο οποίο υπάρχει τουλάχιστον ένας Η/Υ συνδεδεμένος με βιντεοπροβολέα. Εάν δεν υπάρχει η δυνατότητα χρήσης Η/Υ μπορεί ο εκπαιδευτικός να χρησιμοποιήσει φορητό υπολογιστή. Απαιτείται οι μαθητές να έχουν πρόσβαση σε έξυπνο κινητό τηλέφωνο (smartphone) ή τάμπλετ (tablet), το οποίο θα χρησιμοποιήσουν εκτός τάξης, ώστε να σαρώσουν έναν κωδικό QR για την παρακολούθηση ενός βίντεο σχετικού με το θέμα του σεναρίου.

Για την υλοποίηση των δραστηριοτήτων χρησιμοποιούνται απλά, καθημερινά υλικά, όπως χαρτόνια, μακετόχαρτα, καλαμάκια, ξυλάκια, καπάκια, ρόδες, κούκλα, λάστιχα, κέρματα, ρολό από χαρτί κουζίνας/υγείας, μεγάλα και πολλαπλών χρήσεων ποτήρια, νερό, παιχνίδια αυτοκίνητα, κ.ά.

6. Διδακτική προσέγγιση

Μεθοδολογία διδασκαλίας:

Η διδασκαλία ακολουθεί το μοντέλο της δομημένης συνεργατικής διερεύνησης η οποία περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

- α. Έναυσμα ενδιαφέροντος.
- β. Προβληματισμός και διατύπωση υποθέσεων.
- γ. Πειραματικές δραστηριότητες με ιδιοκατασκευές.
- δ. Συμπεράσματα και θεωρία.
- ε. Γενίκευση και εφαρμογές της θεωρίας σε πραγματικές καταστάσεις.

Εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών για τη δύναμη:

Οι μαθητές είναι ήδη επηρεασμένοι από την καθημερινή σημασία της λέξης «δύναμη», τη συγχέουν με το μέγεθος της πίεσης ή της αντίδρασης, την ερμηνεύουν ως μέγεθος που αφορά ένα σώμα κι όχι ως αλληλεπίδραση μεταξύ δύο σωμάτων, δεν της αποδίδουν διανυσματικό χαρακτήρα και τη συνδέουν κυρίως με τα έμψυχα σώματα και με την κίνηση. Πιο συγκεκριμένα, οι προϋπάρχουσες αντιλήψεις που σχετίζονται με το γνωστικό περιεχόμενο του παρόντος σεναρίου, είναι ότι μια σταθερή δύναμη επιφέρει στο σώμα που ενεργεί σταθερή ταχύτητα και ότι η κίνηση είναι ανάλογη της δύναμης που ασκείται. Με την υλοποίηση αυτού του σεναρίου, οι μαθητές επιδιώκεται να αποσυνδέσουν την έννοια της δύναμης από αυτή της κίνησης και να κατανοήσουν την αδράνεια ως εγγενή ιδιότητα της ύλης, είτε τα σώματα βρίσκονται σε κίνηση, είτε όχι.

7. Υποκείμενη θεωρία μάθησης

Η θεωρία μάθησης στην οποία βασίζεται το παρόν διδακτικό σενάριο σχετίζεται με τη διερευνητική μάθηση και τον εποικοδομητισμό, θεωρία η οποία, λόγω εργασίας σε μικρές ομάδες και της μετέπειτα συζήτησης των αποτελεσμάτων στην ολομέλεια της τάξης, έχει και κοινωνική διάσταση.

8. Αναλυτική περιγραφή διδακτικής πορείας

Πριν τη διδασκαλία στην τάξη:

Ο εκπαιδευτικός ενημερώνει τους μαθητές για τη διαδικασία και διαμοιράζει λίστα με τα υλικά που θα πρέπει να προμηθευτεί κάθε ομάδα. Τα μέλη της ομάδας καλούνται να συνεργαστούν και να συμφωνήσουν από κοινού ποια υλικά θα συλλέξει ο καθένας. Στη σελίδα με τα υλικά, υπάρχει πλαίσιο κωδικού QR που μπορούν να σαρώσουν οι μαθητές με τα κινητά τηλέφωνα τους ή των γονέων τους στο σπίτι, ώστε να παρακολουθήσουν ένα βίντεο σχετικό με τον 1^ο νόμο του Νεύτωνα και την έννοια της αδράνειας και να εκτελέσουν κάποιες δραστηριότητες ασύγχρονα.

Στην τάξη:

Υλοποιείται η δομημένη συνεργατική διερεύνηση με δομημένα φύλλα εργασίας που παρουσιάζονται στο παράρτημα I, στις 5 ακόλουθες φάσεις:

Φάση 1^η: Έναυσμα ενδιαφέροντος

[10 λεπτά]

Ο εκπαιδευτικός εκτελεί δύο ενέργειες:

α. παρουσιάζει στους μαθητές εικόνες και βίντεο από το διαστημικό σταθμό ISS τα οποία δείχνουν αντικείμενα να κινούνται χωρίς την επίδραση κάποιας δύναμης:

<https://www.youtube.com/watch?v=-luKN6mad5w>

(5 λεπτά)

β. διενεργεί μέσα στην τάξη ένα πείραμα επίδειξης, χρησιμοποιώντας υλικά που συνέλεξε ο ίδιος: ένα ποτήρι με νερό, ένα σκληρό χαρτόνι, ένα ρολό από χαρτί υγείας κι ένα ωμό αυγό – ενδεχομένως να έχει και δεύτερο σετ υλικών, ώστε να επαναλάβει το πείραμα σε περίπτωση αποτυχίας. Σε μια τέτοια περίπτωση το σφάλμα μπορεί να αποτελέσει το έναυσμα για συζήτηση σχετικά με τους παράγοντες επιτυχίας του πειράματος.

(5 λεπτά)

Φάση 2^η: Προβληματισμός και διατύπωση υποθέσεων

[10 λεπτά]

Ο εκπαιδευτικός συντονίζει τη συζήτηση σχετικά με το πώς ερμηνεύουν οι μαθητές τα παραπάνω φαινόμενα. Οι μαθητές συζητούν κατά ομάδες και καταγράφουν τις απαντήσεις τους στα φύλλα εργασίας.

Φάση 3^η: Πειραματικές δραστηριότητες με ιδιοκατασκευές [35 λεπτά]

Οι μαθητές ακολουθούν τις οδηγίες που δίνονται στα φύλλα εργασίας.

Φάση 4^η: Συμπεράσματα και θεωρία [5 λεπτά]

Οι μαθητές συμπληρώνουν τα φύλλα εργασίας με τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά τους και κατευθύνονται σταδιακά στον ορισμό της αδράνειας, στην περιγραφή και εφαρμογή του 1^{ου} νόμου του Νεύτωνα.

Φάση 5^η: Γενίκευση – εφαρμογές θεωρίας σε πραγματικές καταστάσεις [20 λεπτά]

Γίνεται αναφορά σε φαινόμενα του πραγματικού κόσμου που σχετίζονται με την αδράνεια και τον 1ο νόμο του Νεύτωνα. Οι μαθητές γενικεύουν τα συμπεράσματα και τη θεωρία τους και συζητούν σχετικά με τις εφαρμογές της αδράνειας και του 1ου νόμου του Νεύτωνα στην ολομέλεια της τάξης.

Στο τέλος, οι μαθητές συμπληρώνουν φύλλο αυτοαξιολόγησης.

9. Διδακτικό συμβόλαιο και διδακτικός θόρυβος

Διδακτικό συμβόλαιο:

Αρχικά ο ρόλος του είναι πιο ενεργός, δεδομένου ότι θα καθοδηγήσει τους μαθητές στην αναζήτηση υλικών, θα ενημερώσει για τη διαδικασία που θα ακολουθηθεί και θα διαμοιράσει το απαραίτητο εκπαιδευτικό υλικό. Επίσης, διενεργεί το πείραμα επίδειξης για τη φάση του εναύσματος του ενδιαφέροντος των μαθητών. Στη συνέχεια, υιοθετεί έναν πιο διακριτικό χαρακτήρα, ο ρόλος του είναι υποστηρικτικός και διευκολυντικός. Τέλος, συντονίζει τη συζήτηση και τη γενίκευση των συμπερασμάτων των μαθητών.

Διδακτικός θόρυβος:

Οι μαθητές προβλέπεται να δείξουν μεγάλο ενδιαφέρον και, πέραν της αρχικής φάσης του εναύσματος του ενδιαφέροντος με την προβολή του βίντεο και του πειράματος επίδειξης, δεν αναμένεται να δημιουργήσουν θόρυβο. Ενδέχεται να υπάρξει μικρός διδακτικός θόρυβος κατά την υλοποίηση των ιδιοκατασκευών των μαθητών.

10. Πιθανές επεκτάσεις – προσαρμογές σεναρίου

Προτείνεται στους μαθητές να επαναλάβουν τα πειράματά τους με διαφορετικές παραμέτρους. Δίνεται επιπλέον οπτικοακουστικό υλικό όπως και σύνδεσμοι με δραστηριότητες για πειραματισμό και εμπέδωση.

Οι δραστηριότητες μπορούν να υλοποιηθούν εύκολα στο σπίτι, μετά το πέρας της διδασκαλίας ή στο τέλος της σχολικής χρονιάς, εφόσον έχει ολοκληρωθεί η ύλη, στο πλαίσιο της επανάληψης.

11. Βιβλιογραφικές αναφορές – δικτυογραφία

Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ. & Παπατσίμα, Λ.. (2013). Φυσική Β' Γυμνασίου. Βιβλίο Μαθητή, Υπουργείο Παιδείας, Έρευνας και Θρησκευμάτων, Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, ΙΤΥΕ Διόφαντος, Αθήνα.

Driver R., Squires A., Rushworth P. & Wood-Robinson, V. (2000). *Οικοδομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών, Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών*. Αθήνα.

Καλοβρέκτης, Κ. & Ψυχάρης, Σ. (2023). Dr STEM – Unplugged STE(A)M: Οι Τρεις (3) Νόμοι του Σερ Ισαάκ Νεύτωνα. Ελληνοεκδοτική, Αθήνα.

Νιζαστάκης, Ε., Γκινούδη, Α., Διαμαντής, Ν., Δρόλαπας, Α., Καπότης, Ε., Κεραμιδάς, Κ. & Ρουμπέα, Γ. (2022). Οδηγός εκπαιδευτικού Φυσική Γυμνασίου. 2η Έκδοση. Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, ΙΕΠ. Αθήνα.

Ξηρουχάκη, Φ. (2010). Οι Εναλλακτικές Ιδέες των Μαθητών Πάνω στις Φυσικές Επιστήμες – τα Κοινά Χαρακτηριστικά τους. Πανεπιστήμιο Κρήτης.

Παρουσίαση κινουμένων σχεδίων (animation) της έννοιας της αδράνειας και του 1^{ου} νόμου του Νεύτωνα:

<https://www.youtube.com/watch?v=LQyFshgm-hU&t=31s>

Βίντεο από το κανάλι της NASA Johnson στο YouTube: STEMonstrations: Newton's First Law of Motion: <https://www.youtube.com/watch?v=-luKN6mad5w>

Παρουσίαση πειράματος επίδειξης “Will it Break?” για την αδράνεια:

<https://www.youtube.com/watch?v=qZuevBc93tY>

Οδηγίες για 3 πειράματα σχετικά με την αδράνεια:

<https://www.youtube.com/watch?v=MKQBdBtZ6So>

12. Παράρτημα 1^ο διδακτικού σεναρίου

Το παράρτημα του διδακτικού σεναρίου (βλ. Παράρτημα Ι) περιλαμβάνει:

-
- α. τη λίστα με τα απαραίτητα υλικά που θα συλλέξουν οι μαθητές και τις οδηγίες που θα ακολουθήσουν για να υλοποιήσουν κάποιες δραστηριότητες ασύγχρονα, πριν από την εφαρμογή του σεναρίου στη σχολική τάξη,
- β. το δομημένο φύλλο εργασίας που περιλαμβάνει οδηγίες για τις ιδιοκατασκευές και για τη διεξαγωγή των πειραμάτων, όπως και περαιτέρω ερωτήσεις για εμπέδωση, και
- γ. τα φύλλα αυτοαξιολόγησης.
-

2.4 Διδακτικό Σενάριο Β: Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα

Το δεύτερο διδακτικό σενάριο, ΔΣ2, αφορά τον 2^ο νόμο του Νεύτωνα σχετικά με την επίδραση της δύναμης στη μεταβολή της ταχύτητας και παρουσιάζεται στον πίνακα 2.2:

Πίνακας 2.2: Διδακτικό Σενάριο 2 – Ο 2ος νόμος του Νεύτωνα

1. Ταυτότητα διδακτικού σεναρίου

Τίτλος: Τι είναι αυτά τα g;

Βαθμίδα: Γυμνάσιο

Γνωσιακό αντικείμενο: Φυσική

Θεματική ενότητα ΔΕΠΠΣ: 2. Δυνάμεις

Διδακτική ενότητα: 3.6 Δύναμη και μεταβολή της ταχύτητας

Χρονική διάρκεια: 2 διδακτικές ώρες.

Θεματικό πεδίο νέου ΠΣ: Δυνάμεις και κινήσεις

Θεματική ενότητα νέου ΠΣ: 4. Η Δύναμη μπορεί να αλλάξει την κίνηση

Υποενότητα: 4.3: 2ος νόμος Newton.

2. Σκεπτικό σεναρίου – επιστημονικό / γνωστικό περιεχόμενο

Το σκεπτικό του παρόντος σεναρίου είναι η μελέτη και διερεύνηση εφαρμογών του 2ου Νόμου του Νεύτωνα και της έννοιας της επιτάχυνσης στην καθημερινή ζωή.

Ο δεύτερος Νόμος του Νεύτωνα ορίζει τη δύναμη ως την αιτία που προκαλεί μεταβολή στην ταχύτητα των σωμάτων και μάλιστα, όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα ορισμένης μάζας, τόσο πιο γρήγορα μεταβάλλεται η ταχύτητά του.

Η μεταβολή της ταχύτητας δεν εξαρτάται μόνο από τη δύναμη που ασκείται στο σώμα αλλά και από τη μάζα του σώματος. Για την ακρίβεια, όσο μεγαλύτερη μάζα έχει ένα σώμα, τόσο δυσκολότερα μπορεί μια δύναμη να μεταβάλλει την ταχύτητά του. Η μάζα του σώματος σχετίζεται με την έννοια της αδράνειας, ως ιδιότητα που έχουν τα σώματα να αντιστέκονται σε οποιαδήποτε μεταβολή της κινητικής τους κατάστασης. Με άλλα λόγια, η μάζα είναι το μέτρο της αδράνειας του σώματος.

Μαθηματικά ο 2ος νόμος του Νεύτωνα διατυπώνεται ως εξής:

$$\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

όπου $\Sigma \vec{F}$ είναι η συνισταμένη ή ολική δύναμη που ασκείται στο σώμα, m είναι η μάζα του σώματος, και \vec{a} είναι η επιτάχυνση που εκφράζει τη μεταβολή της ταχύτητας, σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Ωστόσο αυτή η σχέση δεν διδάσκεται στη Β' Γυμνασίου καθώς υπερβαίνει των στόχων του προγράμματος σπουδών.

3. Προαπαιτούμενες γνώσεις και επιθυμητές δεξιότητες, εναλλακτικές ιδέες μαθητών

Οι μαθητές έχουν διδαχθεί την έννοια της δύναμης και το διανυσματικό της χαρακτήρα, έχουν εξασκηθεί στη σύνθεση δυνάμεων και γνωρίζουν την έννοια της αλληλεπίδρασης. Όσον αφορά στις μαθηματικές πράξεις που απαιτούνται για τη διεκπεραίωση των πειραματικών δραστηριοτήτων του σεναρίου, απαιτείται η εφαρμογή πολλαπλών μετρήσεων και ο υπολογισμός της μέσης τιμής τους. Επιπλέον, απαιτείται να γνωρίζουν οι μαθητές τις έννοιες «ανάλογα» και «αντιστρόφως ανάλογα» ποσά, για να κατανοήσουν εκ βάθους τη σχέση μεταξύ της μεταβολής της ταχύτητας με τη δύναμη και τη μάζα αντίστοιχα, αλλά και τον σχεδιασμό υπό κλίμακα. Σχετικά με τις προϋπάρχουσες γνώσεις και τις εναλλακτικές αντιλήψεις που έχουν οι μαθητές για την έννοια της δύναμης, αυτές λαμβάνονται υπόψη στον σχεδιασμό του διδακτικού σεναρίου, ώστε, μεταξύ των άλλων στόχων, να προκύψει και η εννοιολογική αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών σε σχέση με τις διδασκόμενες έννοιες. Στον σχεδιασμό του σεναρίου λήφθηκε υπόψη ότι οι μαθητές συχνά θεωρούν πως το γινόμενο της μάζας επί την επιτάχυνση είναι μία δύναμη και πως δεν υπάρχει καμία σχέση ανάμεσα στους νόμους του Νεύτωνα και την κινηματική.

4. Σκοπός σεναρίου - προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα

Σκοπός:

Το παρόν σενάριο στοχεύει αφενός στην κατανόηση της επίδρασης της δύναμης και της μάζας στη μεταβολή της ταχύτητας και στη γνωριμία με την έννοια της

επιτάχυνσης και το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα. Αφετέρου, στοχεύει στην ανάπτυξη ψυχοκινητικών δεξιοτήτων, αφού οι μαθητές καλούνται να συμπληρώσουν τα δομημένα φύλλα εργασίας και να κατασκευάσουν τα τεχνουργήματά τους μόνοι τους, με τον εκπαιδευτικό να παρακολουθεί, να συμβουλεύει και να εμπυχώνει.

Προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα:

Μετά το τέλος της διδακτικής ενότητας οι μαθητές πρέπει να είναι σε θέση:

Σε επίπεδο γνώσεων:

- να αναγνωρίζουν πως η μεταβολή της ταχύτητας ενός σώματος και η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε αυτό είναι μεγέθη ανάλογα,
- να κατανοούν ότι η μεταβολή της ταχύτητας που αποκτά ένα σώμα υπό την επίδραση μιας σταθερής δύναμης και η μάζα του σώματος είναι μεγέθη αντιστρόφως ανάλογα, και
- να διατυπώνουν περιγραφικά τον 2ο νόμο του Νεύτωνα.

Σε επίπεδο δεξιοτήτων:

- να ακολουθούν συγκεκριμένα βήματα και οδηγίες για τη διερεύνηση μιας έννοιας,
- να κατασκευάζουν έναν πίνακα τιμών λαμβάνοντας πολλαπλές μετρήσεις για την ελαχιστοποίηση του σφάλματος,
- να διαχειρίζονται καθημερινά υλικά για να κατασκευάσουν ένα σχεδιαστικά απλό αντικείμενο,
- να συνεργάζονται αποτελεσματικά για τη διεκπεραίωση μιας εργασίας,
- να ερμηνεύουν τις παρατηρήσεις τους,
- να εντοπίζουν τυχόν παραλήψεις ή λάθη στην υλοποίηση των δραστηριοτήτων τους, και
- να επικοινωνούν και να υποστηρίζουν τις ιδέες τους.

Σε επίπεδο στάσεων:

- να υιοθετήσουν μια συνεργατική στάση κατά την εργασία σε ομάδες και στην επίλυση προβλημάτων,
 - να χρησιμοποιούν την τεχνολογία για την επίτευξη μαθησιακών στόχων,
 - να κατανοούν και να εφαρμόζουν τη διαδικασία της επιστημονικής διερεύνησης,
 - να αναγνωρίζουν τη συμβολή της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών στη διαδικασία της επιστημονικής διερεύνησης,
 - να αναπτύξουν θετική στάση σχετικά με τον επιστημονικό τρόπο σκέψης, και
-

-
- να αναπτύξουν θετική στάση για τη διδασκαλία του μαθήματος της φυσικής.

5. Οργάνωση της διδασκαλίας και απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή

Οργάνωση της τάξης:

Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των τριών ή τεσσάρων ατόμων και αναλαμβάνουν εκ περιτροπής διαφορετικούς ρόλους, ώστε όλοι οι μαθητές να λάβουν ενεργά μέρος σε όλες τις διαδικασίες της διδακτικής παρέμβασης.

Απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή:

Το παρόν διδακτικό σενάριο υλοποιείται σε σχολική τάξη ή στο σχολικό εργαστήριο, στο οποίο υπάρχει τουλάχιστον ένας Η/Υ συνδεδεμένος με βιντεοπροβολέα. Εάν δεν υπάρχει η δυνατότητα χρήσης Η/Υ μπορεί ο εκπαιδευτικός να χρησιμοποιήσει φορητό υπολογιστή. Απαιτείται οι μαθητές να έχουν πρόσβαση σε έξυπνο κινητό τηλέφωνο (smartphone) ή τάμπλετ (tablet), το οποίο θα χρησιμοποιήσουν εκτός τάξης, ώστε να σαρώσουν έναν κωδικό QR για την παρακολούθηση ενός βίντεο σχετικού με το θέμα του σεναρίου.

Για την υλοποίηση των δραστηριοτήτων χρησιμοποιούνται απλά, καθημερινά υλικά, όπως χαρτόνια, μακετόχαρτα, καλαμάκια, ξυλάκια, καπάκια, ρόδες, κούκλα, λάστιχα, κέρματα, ρολό από χαρτί κουζίνας/υγείας, μεγάλα και πολλαπλών χρήσεων ποτήρια, νερό, παιχνίδια αυτοκίνητα, κ.ά.

6. Διδακτική προσέγγιση

Μεθοδολογία διδασκαλίας:

Η διδασκαλία ακολουθεί το μοντέλο της δομημένης συνεργατικής διερεύνησης η οποία περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

- α. Έναυσμα ενδιαφέροντος.
- β. Προβληματισμός και διατύπωση υποθέσεων.
- γ. Πειραματικές δραστηριότητες με ιδιοκατασκευές.
- δ. Συμπεράσματα και θεωρία.
- ε. Γενίκευση και εφαρμογές της θεωρίας σε πραγματικές καταστάσεις.

Εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών για τη δύναμη:

Οι μαθητές είναι ήδη επηρεασμένοι από την καθημερινή σημασία της λέξης «δύναμη», τη συγχέουν με το μέγεθος της πίεσης ή της αντίδρασης, την ερμηνεύουν ως μέγεθος που αφορά ένα σώμα κι όχι ως αλληλεπίδραση μεταξύ δύο σωμάτων, δεν της αποδίδουν διανυσματικό χαρακτήρα και τη συνδέουν κυρίως με τα έμφυχα

σώματα και με την κίνηση. Πιο συγκεκριμένα, οι προϋπάρχουσες αντιλήψεις που σχετίζονται με το γνωστικό περιεχόμενο του παρόντος σεναρίου, είναι ότι μια σταθερή δύναμη επιφέρει στο σώμα που ενεργεί σταθερή ταχύτητα και ότι η κίνηση είναι ανάλογη της δύναμης που ασκείται. Με την υλοποίηση αυτού του σεναρίου, οι μαθητές επιδιώκεται να κατανοήσουν την επίδραση της δύναμης στη μεταβολή της ταχύτητας καθώς και τη μάζα ως μέτρο της αδράνειας του σώματος.

7. Υποκείμενη θεωρία μάθησης

Η θεωρία μάθησης στην οποία βασίζεται το παρόν διδακτικό σενάριο σχετίζεται με τη διερευνητική μάθηση και τον εποικοδομητισμό, θεωρία η οποία, λόγω εργασίας σε μικρές ομάδες και τη μετέπειτα συζήτηση των αποτελεσμάτων στην ολομέλεια της τάξης, έχει και κοινωνική διάσταση.

8. Αναλυτική περιγραφή διδακτικής πορείας

Πριν από τη διδασκαλία στην τάξη:

Ο εκπαιδευτικός ενημερώνει τους μαθητές για τη διαδικασία και διαμοιράζει λίστα με τα υλικά που θα πρέπει να προμηθευτεί κάθε ομάδα. Τα μέλη της ομάδας καλούνται να συνεργαστούν και να συμφωνήσουν από κοινού ποια υλικά θα συλλέξει ο καθένας. Στη σελίδα με τα υλικά, υπάρχει πλαίσιο κωδικού QR που μπορούν να σαρώσουν οι μαθητές με τα κινητά τηλέφωνα τους ή των γονέων τους στο σπίτι, ώστε να παρακολουθήσουν ένα βίντεο σχετικό με τον 1^ο νόμο του Νεύτωνα και την έννοια της αδράνειας και να εκτελέσουν κάποιες δραστηριότητες ασύγχρονα.

Στην τάξη:

Υλοποιείται η δομημένη συνεργατική διερεύνηση με δομημένα φύλλα εργασίας που παρουσιάζονται στο παράρτημα I, στις 5 ακόλουθες φάσεις:

Φάση 1^η: Έναυσμα ενδιαφέροντος

[10 λεπτά]

Ο εκπαιδευτικός εκτελεί δύο ενέργειες:

α. παρουσιάζει στους μαθητές εικόνες και αποσπάσματα βίντεο από σώματα που επιταχύνουν ή επιβραδύνουν ή από την εφαρμογή του 2ου νόμου του Νεύτωνα στο διαστημικό σταθμό ISS: <https://www.youtube.com/watch?v=sPZ2bjW53c8>

(5 λεπτά)

β. διενεργεί μέσα στην τάξη ένα πείραμα επίδειξης, χρησιμοποιώντας καθημερινά υλικά, τρεις μικρές μπάλες διαφορετικής μάζας, μια μικρή ηλεκτρονική ζυγαριά ώστε να ζυγίσει τις μπάλες, ένα ρολό από χαρτί κουζίνας, δύο βάσεις στήριξης διαφορετικού

ύψους, ώστε το ρολό κουζίνας να εμφανίζει σχετική κλίση, κι ένα ορθογώνιο κουτί με άμμο, ώστε να πέσουν μέσα οι μπάλες, μετά την κύλισή τους στο ρολό. Κατά τη διάρκεια του πειράματος επίδειξης, ο εκπαιδευτικός δεν αναλύει τη θεωρία και δεν επεξηγεί αναλυτικά την έννοια της επιτάχυνσης, ούτε τη συσχέτιση μεταξύ της μάζας των σωμάτων με τη μεταβολή της ταχύτητας.

(5 λεπτά)

Φάση 2^η: Προβληματισμός και διατύπωση υποθέσεων [10 λεπτά]

Ο εκπαιδευτικός συντονίζει τη συζήτηση σχετικά με το πώς ερμηνεύουν οι μαθητές τα παραπάνω φαινόμενα. Οι μαθητές συζητούν κατά ομάδες και καταγράφουν τις απαντήσεις τους στα φύλλα εργασίας.

Φάση 3^η: Πειραματικές δραστηριότητες με ιδιοκατασκευές [35 λεπτά]

Οι μαθητές ακολουθούν τις οδηγίες που δίνονται στα φύλλα εργασίας.

Φάση 4^η: Συμπεράσματα και θεωρία [5 λεπτά]

Οι μαθητές συμπληρώνουν τα φύλλα εργασίας με τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά τους και κατευθύνονται σταδιακά στην ποιοτική περιγραφή του 2ου νόμου του Νεύτωνα και στην κατανόηση των παραγόντων μάζα, αδράνεια και δύναμη στη μεταβολή της ταχύτητας.

Φάση 5^η: Γενίκευση – εφαρμογές θεωρίας σε πραγματικές καταστάσεις [20 λεπτά]

Πραγματοποιείται επίδειξη των πειραμάτων της κάθε ομάδας και ακολουθεί συζήτηση σχετικά με τις ομοιότητες και τις διαφορές. Γίνεται αναφορά σε φαινόμενα του πραγματικού κόσμου που σχετίζονται με τη μεταβολή της ταχύτητας και τον 2ο νόμο του Νεύτωνα. Οι μαθητές γενικεύουν τα συμπεράσματα και τη θεωρία τους και συζητούν τις εφαρμογές του 2ου νόμου του Νεύτωνα στην ολομέλεια της τάξης.

Στο τέλος οι μαθητές συμπληρώνουν φύλλο αυτοαξιολόγησης.

9. Διδακτικό συμβόλαιο και διδακτικός θόρυβος

Διδακτικό συμβόλαιο:

Αρχικά ο ρόλος του είναι πιο ενεργός, δεδομένου ότι θα καθοδηγήσει τους μαθητές στην αναζήτηση υλικών, θα ενημερώσει για τη διαδικασία που θα ακολουθηθεί και θα διαμοιράσει το απαραίτητο εκπαιδευτικό υλικό. Επίσης, διενεργεί το πείραμα επίδειξης για τη φάση του εναύσματος του ενδιαφέροντος των μαθητών. Στη συνέχεια,

υιοθετεί έναν πιο διακριτικό χαρακτήρα, ο ρόλος του είναι υποστηρικτικός και διευκολυντικός. Τέλος, συντονίζει τη συζήτηση και τη γενίκευση των συμπερασμάτων των μαθητών.

Διδακτικός θόρυβος:

Οι μαθητές προβλέπεται να δείξουν μεγάλο ενδιαφέρον και, πέραν της αρχικής φάσης του εναύσματος του ενδιαφέροντος με την προβολή του βίντεο και του πειράματος επίδειξης, δεν αναμένεται να δημιουργήσουν θόρυβο. Ενδέχεται να υπάρξει μικρός διδακτικός θόρυβος κατά την υλοποίηση των ιδιοκατασκευών των μαθητών.

10. Πιθανές επεκτάσεις – προσαρμογές σεναρίου.

Προτείνεται στους μαθητές να επαναλάβουν τα πειράματά τους με διαφορετικές παραμέτρους. Δίνεται επιπλέον οπτικοακουστικό υλικό όπως και σύνδεσμοι με δραστηριότητες για πειραματισμό και εμπέδωση.

Οι δραστηριότητες μπορούν να υλοποιηθούν εύκολα στο σπίτι, μετά το πέρας της διδασκαλίας ή στο τέλος της σχολικής χρονιάς, εφόσον έχει ολοκληρωθεί η ύλη, στο πλαίσιο της επανάληψης.

11. Βιβλιογραφικές αναφορές – δικτυογραφία

Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., Παπασιμά, Λ.. (2013). Φυσική Β' Γυμνασίου. Βιβλίο Μαθητή, Υπουργείο Παιδείας, Έρευνας και Θρησκευμάτων, Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, ΙΤΥΕ Διόφαντος, Αθήνα.

Driver R., Squires A., Rushworth P., Wood-Robinson V. (2000). Οικοδομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών, Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών. Αθήνα.

Καλοβρέκτης, Κ., Ψυχάρης, Σ. (2023). Dr STEM – Unplugged STE(A)M: Οι Τρεις (3) Νόμοι του Σερ Ισαάκ Νεύτωνα. Ελληνοεκδοτική, Αθήνα.

Νιζαστάκης, Ε., Γκινούδη, Α., Διαμαντής, Ν., Δρόλαπας, Α., Καπότης, Ε., Κεραμιδάς, Κ. & Ρουμπέα, Γ. (2022). Οδηγός εκπαιδευτικού Φυσική Γυμνασίου. 2η Έκδοση. Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, ΙΕΠ. Αθήνα.

Ξηρουχάκη, Φ. (2010). Οι Εναλλακτικές Ιδέες των Μαθητών Πάνω στις Φυσικές Επιστήμες – τα Κοινά Χαρακτηριστικά τους. Πανεπιστήμιο Κρήτης.

Παρουσίαση κινουμένων σχεδίων (animation) του 2ου νόμου του Νεύτωνα:

<https://www.youtube.com/watch?v=-7JoUUcvaSI>

Βίντεο από το κανάλι NASA Johnson στο YouTube: STEMonstrations: Newton's Second Law of Motion:

<https://www.youtube.com/watch?v=sPZ2bjW53c8&t=71s>

Phet Interactive Simulations, University of Colorado Boulder

https://phet.colorado.edu/sims/html/forces-and-motion-basics/latest/forces-and-motion-basics_all.html?locale=el

12. Παράρτημα 2^ο διδακτικού σεναρίου

Το παράρτημα του διδακτικού σεναρίου (βλ. Παράρτημα Ι) περιλαμβάνει:

α. τη λίστα με τα απαραίτητα υλικά που θα συλλέξουν οι μαθητές και τις οδηγίες που θα ακολουθήσουν για να υλοποιήσουν κάποιες δραστηριότητες ασύγχρονα, πριν από την εφαρμογή του σεναρίου στη σχολική τάξη,

β. το δομημένο φύλλο εργασίας που περιλαμβάνει οδηγίες για τις ιδιοκατασκευές και για τη διεξαγωγή των πειραμάτων, όπως και περαιτέρω ερωτήσεις για εμπέδωση, και

γ. τα φύλλα αυτοαξιολόγησης.

2.5 Διδακτικό Σενάριο Γ – Ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα

Το τρίτο διδακτικό σενάριο, ΔΣ3, αφορά τον 3^ο νόμο του Νεύτωνα και την κατανόηση της αλληλεπίδρασης των σωμάτων και παρουσιάζεται στον πίνακα 2.3:

Πίνακας 2.3: Διδακτικό Σενάριο 3 – Ο 3^{ος} νόμος του Νεύτωνα

1. Ταυτότητα διδακτικού σεναρίου

Τίτλος: Αγώνας δρόμου με μπαλόνια.

Βαθμίδα: Γυμνάσιο

Γνωσιακό αντικείμενο: Φυσική

Θεματική ενότητα ΔΕΠΠΣ: 2. Δυνάμεις

Διδακτική ενότητα: 3.7. Δύναμη και αλληλεπίδραση

Χρονική διάρκεια: 2 διδακτικές ώρες

Θεματικό πεδίο νέου ΠΣ: Δυνάμεις και κινήσεις

Θεματική ενότητα νέου ΠΣ: 1. Βασικές έννοιες Κινηματικής - Δυναμικής

Υποενότητα: 1.3. Κάθε δράση έχει αντίδραση. Οι θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις.

2. Σκεπτικό σεναρίου – επιστημονικό / γνωστικό περιεχόμενο

Το σκεπτικό του παρόντος σεναρίου είναι η κατανόηση της δύναμης ως αλληλεπίδρασης μεταξύ δύο σωμάτων και η μελέτη και διερεύνηση εφαρμογών του 3^{ου} Νόμου του Νεύτωνα (δράσης – αντίδρασης).

Ο τρίτος Νόμος του Νεύτωνα ή, αλλιώς, νόμος δράσης - αντίδρασης, περιγράφει την αλληλεπίδραση μεταξύ δύο σωμάτων. Πιο αναλυτικά, όταν σε ένα σώμα ασκείται μία δύναμη από ένα δεύτερο σώμα (δράση), τότε και το πρώτο σώμα ασκεί δύναμη στο δεύτερο, ίσου μέτρου και αντίθετης φοράς (αντίδραση). Με άλλα λόγια, κάθε δράση έχει και μία αντίδραση. Αποτέλεσμα του 3^{ου} νόμου του Νεύτωνα είναι ότι οι δυνάμεις στη φύση εμφανίζονται πάντα σε ζεύγη. Αυτός ο νόμος του Νεύτωνα δεν έχει μαθηματική έκφραση, ωστόσο αφορά πληθώρα φαινομένων.

3. Προαπαιτούμενες γνώσεις και επιθυμητές δεξιότητες, εναλλακτικές ιδέες μαθητών

Οι μαθητές έχουν διδαχθεί την έννοια της δύναμης και το διανυσματικό της χαρακτήρα, έχουν εξασκηθεί στη σύνθεση δυνάμεων και γνωρίζουν την έννοια της αλληλεπίδρασης. Όσον αφορά στις μαθηματικές πράξεις που απαιτούνται για τη διεκπεραίωση των ιδιοκατασκευών του σεναρίου, ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα

προσεγγίζεται ποιοτικά και δεν έχει μαθητική έκφραση, επομένως δεν απαιτούνται ιδιαίτερες γνώσεις.

Σχετικά με τις προϋπάρχουσες γνώσεις και τις εναλλακτικές αντιλήψεις που έχουν οι μαθητές για την έννοια της δύναμης, αυτές λαμβάνονται υπόψη στον σχεδιασμό του διδακτικού σεναρίου, ώστε, μεταξύ των άλλων στόχων, να προκύψει και η εννοιολογική αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών σε σχέση με τις διδασκόμενες έννοιες..

4. Σκοπός σεναρίου - προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα

Σκοπός:

Το παρόν σενάριο στοχεύει αφενός στην κατανόηση των εννοιών της δράσης και της αντίδρασης και αφετέρου στην ανάπτυξη ψυχοκινητικών δεξιοτήτων, αφού οι μαθητές καλούνται να συμπληρώσουν τα δομημένα φύλλα εργασίας και να κατασκευάσουν τα τεχνουργήματά τους μόνοι τους, με τον εκπαιδευτικό να παρακολουθεί, να συμβουλεύει και να εμπυχώνει.

Προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα:

Μετά το τέλος της διδακτικής ενότητας οι μαθητές πρέπει να είναι σε θέση:

Σε επίπεδο γνώσεων:

- να αναγνωρίζουν τις δυνάμεις ως ζεύγη που ασκούνται σε διαφορετικά σώματα,
- να διατυπώνουν τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα,
- να διακρίνουν τις δράσεις και τις αντιδράσεις τους, και
- να αναγνωρίζουν την επίδραση του 3^{ου} νόμου του Νεύτωνα σε φαινόμενα της καθημερινής ζωής.

Σε επίπεδο δεξιοτήτων:

- να ακολουθούν συγκεκριμένα βήματα και οδηγίες για τη διερεύνηση μιας έννοιας,
- να καταγράφουν το αποτέλεσμα μιας ενέργειάς τους και να τη βελτιώνουν,
- να διαχειρίζονται καθημερινά υλικά για να κατασκευάσουν ένα σχεδιαστικά απλό αντικείμενο,
- να συνεργάζονται αποτελεσματικά για τη διεκπεραίωση μιας εργασίας,
- να ερμηνεύουν τις παρατηρήσεις τους,
- να εντοπίζουν τυχόν παραλήψεις ή λάθη στην υλοποίηση των δραστηριοτήτων τους, και
- να επικοινωνούν και να υποστηρίζουν τις ιδέες τους.

Σε επίπεδο στάσεων:

- να υιοθετήσουν μια συνεργατική στάση κατά την εργασία σε ομάδες και στην επίλυση προβλημάτων,
- να χρησιμοποιούν την τεχνολογία για την επίτευξη μαθησιακών στόχων,
- να κατανοούν και να εφαρμόζουν τη διαδικασία της επιστημονικής διερεύνησης,
- να αναγνωρίζουν τη συμβολή της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών στη διαδικασία της επιστημονικής διερεύνησης,
- να αναπτύξουν θετική στάση σχετικά με τον επιστημονικό τρόπο σκέψης, και
- να αναπτύξουν θετική στάση για τη διδασκαλία του μαθήματος της φυσικής.

5. Οργάνωση της διδασκαλίας και απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή

Οργάνωση της τάξης:

Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των τριών ή τεσσάρων ατόμων. Οι μαθητές αναλαμβάνουν εκ περιτροπής διαφορετικούς ρόλους, ώστε όλοι οι μαθητές να λάβουν ενεργά μέρος σε όλες τις διαδικασίες της διδακτικής παρέμβασης.

Απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή:

Το παρόν διδακτικό σενάριο υλοποιείται σε σχολική τάξη ή στο σχολικό εργαστήριο, στο οποίο υπάρχει τουλάχιστον ένας Η/Υ συνδεδεμένος με βιντεοπροβολέα. Εάν δεν υπάρχει η δυνατότητα χρήσης Η/Υ μπορεί ο εκπαιδευτικός να χρησιμοποιήσει φορητό υπολογιστή.

Για την υλοποίηση των δραστηριοτήτων χρησιμοποιούνται απλά, καθημερινά υλικά, όπως χαρτόνια, μακετόχαρτα, καλαμάκια, ξυλάκια, καπάκια, ρόδες, λάστιχα, κέρματα, ρολό από χαρτί κουζίνας/υγείας, μεγάλα και πολλαπλών χρήσεων ποτήρια, νερό, παιχνίδια αυτοκίνητα, κ.ά. Όσον αφορά όργανα μέτρησης, η πρώτη δραστηριότητα του σεναρίου απαιτεί τη χρήση δυναμόμετρων, τα οποία προμηθεύτηκαν από το Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών του σχολείου.

6. Διδακτική προσέγγιση

Μεθοδολογία διδασκαλίας:

Η διδασκαλία ακολουθεί το μοντέλο της δομημένης συνεργατικής διερεύνησης η οποία περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

- α. Έναυσμα ενδιαφέροντος.
 - β. Προβληματισμός και διατύπωση υποθέσεων.
 - γ. Πειραματικές δραστηριότητες με ιδιοκατασκευές.
-

δ. Συμπεράσματα και θεωρία.

ε. Γενίκευση και εφαρμογές της θεωρίας σε πραγματικές καταστάσεις.

Εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών για τη δύναμη:

Οι μαθητές είναι ήδη επηρεασμένοι από την καθημερινή σημασία της λέξης «δύναμη», τη συγχέουν με το μέγεθος της πίεσης ή της αντίδρασης, δεν της αποδίδουν διανυσματικό χαρακτήρα και τη συνδέουν κυρίως με τα έμψυχα σώματα και με την κίνηση. Πιο συγκεκριμένα, οι προϋπάρχουσες αντιλήψεις που σχετίζονται με το γνωστικό περιεχόμενο του παρόντος σεναρίου, είναι ότι η δύναμη είναι μέγεθος που αφορά ένα μόνο σώμα και δεν την αναγνωρίζουν ως αλληλεπίδραση μεταξύ δύο σωμάτων. Συχνά θεωρούν πως η δράση και η αντίδραση είναι δυνάμεις που δρουν στο ίδιο σώμα ενώ η κάθετη δύναμη αντίδρασης πάνω σε ένα σώμα είναι ίση με το βάρος του λόγω του τρίτου νόμου του Νεύτωνα. Τέλος, υπάρχει η αντίληψη πως η ισορροπία των σωμάτων είναι αποτέλεσμα του τρίτου νόμου του Νεύτωνα.

7. Υποκείμενη θεωρία μάθησης

Η θεωρία μάθησης στην οποία βασίζεται το παρόν διδακτικό σενάριο σχετίζεται με τη διερευνητική μάθηση και τον εποικοδομητισμό, θεωρία η οποία, λόγω εργασίας σε μικρές ομάδες και τη μετέπειτα συζήτηση των αποτελεσμάτων στην ολομέλεια της τάξης, έχει και κοινωνική διάσταση.

8. Αναλυτική περιγραφή διδακτικής πορείας

Πριν από τη διδασκαλία στην τάξη:

Ο εκπαιδευτικός ενημερώνει τους μαθητές για τη διαδικασία και διαμοιράζει λίστα με τα υλικά που θα πρέπει να προμηθευτεί κάθε ομάδα καθώς και για κάποιες δραστηριότητες προετοιμασίας των μαθητών. Τα μέλη της ομάδας καλούνται να συνεργαστούν και να συμφωνήσουν από κοινού ποια υλικά θα συλλέξει ο καθένας. Στη σελίδα με τα υλικά, υπάρχει πλαίσιο κωδικού QR με ένα βίντεο που μπορούν να σαρώσουν οι μαθητές με τα κινητά τους ή των γονέων τους στο σπίτι, ώστε να παρακολουθήσουν ένα βίντεο σχετικά με τον 3^ο νόμο του Νεύτωνα και να εκτελέσουν κάποιες δραστηριότητες ασύγχρονα.

Στην τάξη:

Υλοποιείται η δομημένη συνεργατική διερεύνηση με δομημένα φύλλα εργασίας που παρουσιάζονται στο παράρτημα I, στις 5 ακόλουθες φάσεις:

Φάση 1^η: Έναυσμα ενδιαφέροντος

[10 λεπτά]

Ο εκπαιδευτικός εκτελεί δύο ενέργειες:

α. παρουσιάζει στους μαθητές εικόνες εκτόξευσης πυραύλων, προσσελήνωσης διαστημικών οχημάτων σε Σελήνη και Άρη καθώς και μικρού μήκους βίντεο από κατασκευές καταπέλτη. Επίσης, παρουσιάζει την εφαρμογή του 3^{ου} νόμου του Νεύτωνα στο διαστημικό σταθμό ISS: <https://www.youtube.com/watch?v=dCF--YOjiOw&t=3s>

(5 λεπτά)

β. διενεργεί μέσα στην τάξη ένα πείραμα επίδειξης, χρησιμοποιώντας υλικά που συνέλεξε ο ίδιος: σπάγκο, μπαλόني, καλαμάκι και κολλητική ταινία. Ο εκπαιδευτικός στερεώνει το ένα άκρο του σπάγκου σε μια καρέκλα ή θρανίο, διαπερνά το σπάγκο μέσα από το καλαμάκι και στερεώνει το άλλο άκρο του σπάγκου σε κάποιο άλλο σημείο, για παράδειγμα στην πόρτα. Στο καλαμάκι στερεώνει ένα φουσκωμένο μπαλόني, με το στόμιο να είναι εύκολο να ελευθερωθεί. Στη συνέχεια, αφήνει το μπαλόني να ξεφουσκώσει (δράση) ακολουθώντας την τροχιά κατά μήκος του σπάγκου λόγω της ώθησης που δέχεται από τον αέρα της ατμόσφαιρας (αντίδραση).

(5 λεπτά)

Φάση 2^η: Προβληματισμός και διατύπωση υποθέσεων [10 λεπτά]

Ο εκπαιδευτικός συντονίζει τη συζήτηση σχετικά με το πώς ερμηνεύουν οι μαθητές τα παραπάνω φαινόμενα. Οι μαθητές καταγράφουν τις απαντήσεις τους στα φύλλα εργασίας.

Φάση 3^η: Πειραματικές δραστηριότητες με ιδιοκατασκευές [35 λεπτά]

Οι μαθητές ακολουθούν τις οδηγίες που δίνονται στα φύλλα εργασίας.

Φάση 4^η: Συμπεράσματα και θεωρία [5 λεπτά]

Οι μαθητές συμπληρώνουν τα φύλλα εργασίας με τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά τους και κατευθύνονται σταδιακά στην κατανόηση της έννοιας της αλληλεπίδρασης και στον ορισμό του 3^{ου} νόμου του Νεύτωνα.

Φάση 5^η: Γενίκευση – εφαρμογές θεωρίας σε πραγματικές καταστάσεις [20 λεπτά]

Γίνεται αναφορά σε φαινόμενα του πραγματικού κόσμου που σχετίζονται με τον 3^ο νόμο του Νεύτωνα. Οι μαθητές γενικεύουν τα συμπεράσματα και τη θεωρία τους και συζητούν σχετικά με τις εφαρμογές του 3^{ου} νόμου του Νεύτωνα στην ολομέλεια της τάξης.

Στο τέλος οι μαθητές συμπληρώνουν το φύλλο αυτοαξιολόγησης.

Κατόπιν συμφωνίας με τον σύλλογο διδασκόντων και τον διευθυντή του σχολείου, όσες ομάδες μαθητών το επιθυμούν, πραγματοποιούν στο διάλειμμα έναν αγώνα δρόμου με τα οχήματά τους στον προαύλιο χώρο του σχολείου.

9. Διδακτικό συμβόλαιο και διδακτικός θόρυβος

Διδακτικό συμβόλαιο:

Αρχικά ο ρόλος του είναι πιο ενεργός, δεδομένου ότι θα καθοδηγήσει τους μαθητές στην αναζήτηση υλικών, θα ενημερώσει για τη διαδικασία που θα ακολουθηθεί και θα διαμοιράσει το απαραίτητο εκπαιδευτικό υλικό. Επίσης, αποτελεί τον πρωταγωνιστή του πειράματος επίδειξης για τη φάση του εναύσματος του ενδιαφέροντος των μαθητών. Στη συνέχεια, υιοθετεί έναν πιο διακριτικό χαρακτήρα, ο ρόλος του είναι υποστηρικτικός και διευκολυντικός. Τέλος, συντονίζει τη συζήτηση και τη γενίκευση των συμπερασμάτων των μαθητών.

Διδακτικός θόρυβος:

Οι μαθητές προβλέπεται να δείξουν μεγάλο ενδιαφέρον και, πέραν της αρχικής φάσης του εναύσματος του ενδιαφέροντος με την προβολή του βίντεο και του πειράματος επίδειξης, δεν αναμένεται να δημιουργήσουν θόρυβο. Ενδέχεται να υπάρξει μικρός διδακτικός θόρυβος κατά την υλοποίηση των ιδιοκατασκευών των μαθητών.

10. Πιθανές επεκτάσεις – προσαρμογές σεναρίου

Προτείνεται στους μαθητές να επαναλάβουν τα πειράματά τους με διαφορετικές παραμέτρους. Μπορεί να δοθεί επιπλέον οπτικοακουστικό υλικό όπως και σύνδεσμοι με επιπλέον δραστηριότητες για πειραματισμό και εμπέδωση.

Οι δραστηριότητες μπορούν να υλοποιηθούν και μετά το πέρας της διδασκαλίας στο σπίτι ή στο τέλος της σχολικής χρονιάς, εφόσον έχει ολοκληρωθεί η ύλη, στο πλαίσιο της επανάληψης.

11. Βιβλιογραφικές αναφορές – δικτυογραφία

Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., Παπασιμά, Λ.. (2013). Φυσική Β' Γυμνασίου. Βιβλίο Μαθητή, Υπουργείο Παιδείας, Έρευνας και Θρησκευμάτων, Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, ΙΤΥΕ Διόφαντος, Αθήνα.

Driver R., Squires A., Rushworth P., Wood-Robinson V. (2000). *Οικοδομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών, Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών.* Αθήνα.

Καλοβρέκτης, Κ., Ψυχάρης, Σ. (2023). Dr STEM – Unplugged STE(A)M: Οι Τρεις (3) Νόμοι του Σερ Ισαάκ Νεύτωνα. Ελληνοεκδοτική, Αθήνα.

Νιζαστάκης, Ε., Γκινούδη, Α., Διαμαντής, Ν., Δρόλαπας, Α., Καπότης, Ε., Κεραμιδάς, Κ. & Ρουμπέα, Γ. (2022). Οδηγός εκπαιδευτικού Φυσική Γυμνασίου. 2η Έκδοση. Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, ΙΕΠ. Αθήνα.

Παρουσίαση κινουμένων σχεδίων (animation) για το νόμο δράσης – αντίδρασης:

<https://www.youtube.com/watch?v=Mb8IWtOX2fs&t=60s>

Ξηρουχάκη, Φ. (2010). Οι Εναλλακτικές Ιδέες των Μαθητών Πάνω στις Φυσικές Επιστήμες – τα Κοινά Χαρακτηριστικά τους. Πανεπιστήμιο Κρήτης.

Βίντεο από το κανάλι NASA Johnson στο YouTube: STEMonstrations: Newton's Third Law of Motion: <https://www.youtube.com/watch?v=dCF--YOjiOw&t=5s>

Εκπαιδευτική τηλεόραση: Πρόσωπα και Επιστήμες – Νεύτωνα:

<https://edutv.minedu.gov.gr/index.php/epistimi-texnologia/prosopa-kai-epistimes-neytonas>

Οδηγίες εκτέλεσης της εφαρμογής του 3^{ου} νόμου του Νεύτωνα με το μπαλόνι:

<https://www.youtube.com/watch?v=qxQPbkRPr0Y>

Προσομοίωση για τον 3^ο νόμο του Νεύτωνα:

https://www.seilias.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=582&Itemid=32&catid=21

Πως να κατασκευάσετε έναν καταπέλτη με γλωσσοπίεστρα και λάστιχα:

https://www.youtube.com/watch?v=WpLFC_SOpXs

12. Παράρτημα 3^{ου} διδακτικού σεναρίου

Το παράρτημα του διδακτικού σεναρίου (βλ. Παράρτημα Ι) περιλαμβάνει:

- α. τη λίστα με τα υλικά που θα συλλέξουν οι μαθητές και το βίντεο με το πείραμα επίδειξης που θα παρακολουθήσουν πριν τη διδασκαλία.
- β. το δομημένο φύλλο εργασίας που περιλαμβάνει οδηγίες για τις ιδιοκατασκευές και για τη διεξαγωγή των πειραμάτων, όπως και περαιτέρω ερωτήσεις για εμπέδωση, και
- γ. τα φύλλα αυτοαξιολόγησης.

Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζεται το ερευνητικό μέρος της διπλωματικής εργασίας, το οποίο αφορά την αποτίμηση της εφαρμογής των συγκεκριμένων διδακτικών σεναρίων στην πράξη.

ΜΕΡΟΣ Β: ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Μεθοδολογία Έρευνας

Σε αυτό το κεφάλαιο αναπτύσσεται η ερευνητική μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ώστε να εφαρμοστούν και να αποτιμηθούν τα τρία διδακτικά σενάρια που σχεδιάστηκαν για την ενσωμάτωση δραστηριοτήτων STEM στη διδασκαλία των νόμων του Νεύτωνα, στο μάθημα της Φυσικής της Β' Γυμνασίου στο πλαίσιο της διερευνητικής μεθόδου. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται σύντομα η απαραίτητη βιβλιογραφική επισκόπηση ερευνών σχεδιασμού και εφαρμογής δραστηριοτήτων STEM στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση στην Ελλάδα. Έπειτα, εξηγείται η αναγκαιότητα της έρευνας και αναπτύσσονται τα ερευνητικά ερωτήματα. Όσον αφορά στο μεθοδολογικό μέρος της έρευνας, γίνεται αναφορά στο είδος της έρευνας, στην εγκυρότητα και αξιοπιστία της καθώς και στα χαρακτηριστικά της, δηλαδή στο δείγμα και στις μεθόδους συλλογής και ανάλυσης δεδομένων. Τέλος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των δεδομένων..

3.1 Ερευνητική μεθοδολογία

Η ερευνητική μεθοδολογία που ακολουθήθηκε αποτελείται από 5 στάδια που παρουσιάζονται στο σχήμα 3.1. Πιο συγκεκριμένα, αφού καθορίστηκε ως ερευνητική περιοχή η εκπαίδευση STEM και οι εφαρμογές της στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, έγινε μια βιβλιογραφική επισκόπηση ερευνών σχετικά με δραστηριότητες STEM που έχουν εφαρμοστεί ή προτείνεται να εφαρμοστούν στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Από την επισκόπηση της βιβλιογραφίας προέκυψαν παρατηρήσεις και προβληματισμοί που οδήγησαν στη διατύπωση συγκεκριμένων ερευνητικών ερωτημάτων.



Σχήμα 3.1: Η ερευνητική μεθοδολογία της παρούσας έρευνας.

Για τη διερεύνηση των ερωτημάτων, επιλέχθηκε η ερευνητική μέθοδος, το δείγμα και σχεδιάστηκαν τρία διδακτικά σενάρια, όπως και τα ερευνητικά εργαλεία παραγωγής⁴⁰ και συλλογής δεδομένων (ερωτηματολόγια). Στη συνέχεια, υλοποιήθηκε η παρέμβαση σε πραγματικές συνθήκες, με την εφαρμογή των τριών σεναρίων στην πράξη και τη συλλογή πρωτογενών δεδομένων. Ακολούθησε η επεξεργασία των δεδομένων και η διεξαγωγή αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων.

3.2 Επισκόπηση ερευνών υλοποίησης δραστηριοτήτων STEM τυπικής δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην Ελλάδα

Για τη βιβλιογραφική επισκόπηση των ερευνών που έχουν υλοποιηθεί στην Ελλάδα και συγκεκριμένα στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, έγινε μια αναζήτηση άρθρων, εργασιών βιβλιογραφικής επισκόπησης, διδακτικών σεναρίων STEM και ερευνητικών εργασιών υλοποίησης δραστηριοτήτων STEM. Τα άρθρα και οι έρευνες που επιλέχθηκαν για να συμπεριληφθούν στη βιβλιογραφική επισκόπηση, επιλέχθηκαν με κριτήριο τη συμπερίληψη του όρου «STEM» ή «STEAM» στον τίτλο και στις λέξεις

⁴⁰ Σύμφωνα με τους Ίσαρη και Πουρκό (2015) είναι ορθό να γίνεται αναφορά σε διαδικασίες παραγωγής και όχι συλλογής δεδομένων, βασίζόμενοι στο ότι το προς ανάλυση ερευνητικό υλικό παράγεται κατά την υλοποίηση της εκπαιδευτικής έρευνας και δεν υπάρχει αυτούσιο προς συλλογή από τον ερευνητή.

κλειδιά και να έχουν δημοσιευτεί σε επιστημονικά περιοδικά, να έχουν ανακοινωθεί σε συνέδρια ή να αποτελούν μεταπτυχιακές διπλωματικές ή διδακτορικές διατριβές, μετά το 2010. Από την επιλογή των ερευνών και εργασιών, αποφασίστηκε να εξαιρεθούν έρευνες που αφορούν τη διερεύνηση στάσεων και αντιλήψεων εκπαιδευτικών ή μαθητών για την εκπαίδευση STEM, εργασίες και έρευνες που αφορούν την ανάπτυξη υλικού STEM για την πρωτοβάθμια ή τριτοβάθμια εκπαίδευση, όπως και δράσεις που υλοποιήθηκαν στο πλαίσιο της μη τυπικής εκπαίδευσης, ομίλων, μαθητικών διαγωνισμών ή θερινών σχολείων, καθώς δεν σχετίζονται άμεσα με το ερευνητικό θέμα της παρούσας έρευνας που είναι η αποτίμηση της διδασκαλίας ενοτήτων του προγράμματος σπουδών, εντός αναλυτικού προγράμματος, με την προσέγγιση STEM. Η επισκόπηση οδήγησε στη δημιουργία του πίνακα 3.1:

Πίνακας 3.1: Σύντομη βιβλιογραφική επισκόπηση ερευνητικών εργασιών για την εκπαίδευση STEM στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση στην Ελλάδα.

Έτος	Τίτλος				
	Συγγραφείς	Είδος	Αντικείμενο	Μέθοδος	Μέσα
2018	Μια Πρόταση Διδασκαλίας για το Μάθημα του Προγραμματισμού H/Y στο Λύκειο με τη Μεθοδολογία STEM				
	Παλιούρας, Α., Ψυχάρης, Σ.	Ανακοίνωση σε συνέδριο	Εφαρμογή σεναρίου δραστηριοτήτων STEM	Καθοδηγούμενη διερευνητική μέθοδος	Προγραμματισμός με μικροελεγκτή Arduino
2018	Σχεδιασμός, Υλοποίηση και Εφαρμογή Διδακτικών Δραστηριοτήτων Μαθηματικών και Φυσικής στο Γυμνάσιο με Χρήση Ρομποτικής και Διδακτικές STEM				
	Κόκκινος, Θ., Μόκα, Α., Ξενάκης, Α., Παπαστεργίου, Γ.	Ανακοίνωση σε συνέδριο	Εφαρμογή σεναρίων εκπαιδευτικής ρομποτικής	Project	Lego Mindstorms
2019	Συνεισφορά STEM σεναρίων Εκπαιδευτικής Ρομποτικής σε Φυσική και Μαθηματικά για ενίσχυση της Υπολογιστικής Σκέψης				
	Ξενάκης, Α., Καλοβρέκτης, Κ., Παπαστεργίου, Γ.	Δημοσίευση σε περιοδικό	Εφαρμογή σεναρίων εκπαιδευτικής ρομποτικής	Project	Lego Mindstorms
2019	Σχεδιασμός και υλοποίηση Mars Rover με απλά υλικά, ανοιχτό υλικό - λογισμικό για STEM δραστηριότητες Αστρονομίας				
	Ξενάκης, Α., Καλοβρέκτης, Κ.	Ανακοίνωση σε συνέδριο	Εφαρμογή σεναρίου εκπαιδευτικής ρομποτικής	Project	Κατασκευές και μικροελεγκτής Arduino
2019	Δραστηριότητες STEM βασισμένες σε Εκπαιδευτική Ρομποτική, Ανακυκλώσιμα Υλικά και Προγραμματισμό Arduino				
	Ξενάκης, Α., Μπρέντας, Σ., Καλοβρέκτης, Κ.	Ανακοίνωση σε συνέδριο	Εφαρμογή σεναρίου εκπαιδευτικής ρομποτικής	Project	Κατασκευές και μικροελεγκτής Arduino

	Σχεδιασμός και αξιολόγηση ενός διδακτικού σεναρίου εστιασμένο στο φαινόμενο της φωτοσύνθεσης, με χρήση της μεθοδολογίας STEM, για μαθητές της Β' Λυκείου				
2019	Σιμιτζή, Χ.	Μεταπτυχιακή εργασία	Εφαρμογή διδακτικού σεναρίου	Project	Κατασκευές και μικροελεγκτής Arduino
	Ανάπτυξη και Αξιολόγηση Εκπαιδευτικού Υλικού με τη Διδακτική Προσέγγιση Φυσικές Επιστήμες, Τεχνολογία, Μηχανική και Μαθηματικά (STEM) για Μετεωρολογικό Σταθμό				
2019	Αντωνόπουλος, Π.	Μεταπτυχιακή εργασία	Εφαρμογή σεναρίου STEM	Project	Κατασκευή με μικροελεγκτή NodeMCU
	Μια παραδειγματική περίπτωση σχεδιασμού STEM μαθημάτων: «Το ελατήριο»				
2019	Πολυζώης, Γ., Κεράστας, Β., Μάντζιος, Χ.	Ανακοίνωση σε συνέδριο	Εφαρμογή σεναρίων STEM	Διδασκαλία στα εργαστήρια Πληροφορικής και ΦΕ	Προσομοιώσεις, Geogebra, πείραμα
	Διδακτικό σενάριο στην “εκπαίδευση” STEM για μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες: το ηλεκτρικό ρεύμα και το ηλεκτρικό κύκλωμα				
2020	Πετράκη, Ε.	Μεταπτυχιακή εργασία	Σχεδιασμός σεναρίου διδασκαλίας	Project	Κατασκευές και μικροελεγκτής Arduino
	Μελέτη της Επίδρασης των Παρεμβάσεων Δράσεων STEM στις Στάσεις των Μαθητών του Γυμνασίου στα Μαθήματα και τα Επαγγέλματα του STEM				
2020	Καλέμης, Γ.	Μεταπτυχιακή εργασία	Εφαρμογή δραστηριοτήτων STEM	Project	Κατασκευές και μικροελεγκτής Arduino
	Ανάπτυξη και Κατασκευή Βολτομέτρου και Αμπερομέτρου από Μαθητές ΕΠΑΛ				
2020	Κεραμίδα Μ.	Μεταπτυχιακή εργασία	Εφαρμογή STEM Project	Project, Διερευνητική μέθοδος	Κατασκευές, Προσομοιώσεις
	Σχεδιασμός, Υλοποίηση και Προγραμματισμός Μαθησιακών Εφαρμογών STEM στην Πλατφόρμα Arduino				
2020	Κωστής, Μ.	Μεταπτυχιακή εργασία	Ανάπτυξη οδηγού ρομποτικής με Arduino	Project	Κατασκευές και μικροελεγκτής Arduino
	Εκπαίδευση S.T.E.M. μέσω Project: Σχεδιασμός εκπαιδευτικού σεναρίου Βίοςφαιρα.				
2020	Μιχαήλ, Χ.	Μεταπτυχιακή εργασία	Σχεδιασμός εκπαιδευτικού σεναρίου	Project, Μηχανικός Σχεδιασμός	Πειραματισμοί, Κατασκευή
	Εκπαίδευση STEM Μέσω Επίλυσης Προβλήματος (PBL): Το Διοξείδιο του Άνθρακα (CO ₂) σε Κλειστούς Χώρους. Διδακτική Πρόταση Ανάπτυξης Ανιχνευτή CO ₂ με Χρήση Arduino				
2021	Μάντζιος, Χ.	Μεταπτυχιακή εργασία	Εφαρμογή διδακτικής πρότασης	Επίλυση προβλήματος	Κατασκευές και μικροελεγκτής Arduino
2021	Σχεδιασμός ενός Διδακτικού Σεναρίου, Εστιασμένο στη Σχεδίαση και Ανάπτυξη ενός Ρομπότ με Τροχούς Mecanum, με Χρήση της Εκπαίδευσης STEM, για Μαθητές της Γ' Λυκείου.				

	Ζαχαράκης, Κ.	Μεταπτυχιακή εργασία	Εφαρμογή διδακτικού σεναρίου	Project	Προσομοιώσεις, Εφαρμογές AppInventor, Κατασκευές και μικροελεγκτής Arduino
2021	Ανάπτυξη και εφαρμογή stem projects για την κατανόηση εννοιών φυσικής και μηχανικής στο πλαίσιο των απλών μηχανών.				
	Γκιώνη, Ι. Παπακωνσταντής, Κ	Μεταπτυχιακή εργασία	Εφαρμογή διδακτικών σεναρίων	Project Καθοδηγούμενη διερευνητική μέθοδος	Προσομοιώσεις, LEGO WeDo 2.0
2022	Εκπαίδευση STEM: Σχεδιασμός Δραστηριοτήτων και Εκπαιδευτικών Σεναρίων για τη Ρύπανση της Ατμόσφαιρας στο μάθημα της Βιολογίας Γενικής Παιδείας Γ' Λυκείου				
	Σμυρνάκη, Ε.	Μεταπτυχιακή εργασία	Σχεδιασμός διδακτικής πρότασης	Διερευνητική μέθοδος	Προσομοιώσεις, εικονικά περιβάλλοντα
2022	Η μεθοδολογία STEM στην Τεχνική – Επαγγελματική Εκπαίδευση				
	Πετρούλιας, Ν.	Μεταπτυχιακή εργασία	Εφαρμογή πλάνων μαθημάτων	Project, Σχεδιασμός Μηχανικής	Κατασκευές και μικροελεγκτής Arduino
2022	Εκπαίδευση STEM: Σχεδιασμός Δραστηριοτήτων και Εκπαιδευτικών Σεναρίων Project: Διδασκαλία του μηχανισμού λειτουργίας και χρησιμότητα τροχαλιών σε μαθητές Α' Λυκείου, μέσω διδακτικής παρέμβασης σε πλαίσια STEM.				
	Πολυκανδρίτης, Ε.	Μεταπτυχιακή εργασία	Εφαρμογή διδακτικού σεναρίου	Project	Κατασκευές
2023	Χρήση της Κινητής μάθησης ως μέσο για την ενίσχυση της Διερευνητικής μάθησης σε αντικείμενα φυσικών επιστημών και STEM				
	Καρτάλια Σ.	Μεταπτυχιακή εργασία	Εφαρμογή διδακτικής παρέμβασης	Διερευνητική μέθοδος	Προσομοιώσεις

Από όλες τις έρευνες που διενεργήθηκαν ώστε να αποτιμηθεί και να αξιολογηθεί η διδακτική παρέμβαση STEM, προέκυψαν θετικά αποτελέσματα ως προς την απόκτηση γνώσεων των μαθητών για το εκάστοτε γνωστικό αντικείμενο, ως προς την ανάπτυξη ομαδοσυνεργατικών δεξιοτήτων των μαθητών καθώς και ως προς τη θετική στάση που απέκτησαν οι μαθητές για τις δραστηριότητες στις οποίες συμμετείχαν. Ενδεικτικά αναφέρεται η περίπτωση των Αντωνόπουλου (2019) και Καλέμη (2020), οι οποίοι χρησιμοποίησαν στις έρευνές τους τη μέθοδο της οιονεί πειραματικής έρευνας και ανέδειξαν πολύ σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων των μαθητών που συμμετείχαν στις δραστηριότητες STEM και Ρομποτικής και των ομάδων ελέγχου, όσον αφορά σε δεξιότητες και στάσεις. Τα αποτελέσματα αυτά

συνάδουν με όσα συζητήθηκαν στο πρώτο κεφάλαιο σχετικά με τους σκοπούς και στόχους της εκπαίδευσης STEM, όπως παρουσιάζονται στη διεθνή βιβλιογραφία.

Παρατηρήθηκε ακόμη, ότι οι δράσεις STEM διενεργήθηκαν κυρίως με τη μορφή project, σε βάθος χρόνου (τεσσάρων, ή και παραπάνω, εργαστηρίων των δύο τουλάχιστον διδακτικών ωρών είτε με κυμαινόμενη έκταση από έναν μήνα μέχρι και τη λήξη σχολικού έτους). Τέλος, παρατηρήθηκε ότι οι περισσότερες παρεμβάσεις περιλαμβάνουν ως επί το πλείστον τη χρήση εξοπλισμού και τεχνολογικών μέσων (προσομοιώσεις, λογισμικά ή ηλεκτρονικές πλατφόρμες σχεδιασμού τεχνουργημάτων, κιτ ρομποτικής, ηλεκτρονικά εξαρτήματα, αισθητήρες, προγραμματιστικά περιβάλλοντα, κ.ά.). Σε παρόμοια παρατήρηση καταλήγει και ο Εμμανουηλίδης (2021) στην έρευνα του σχετικά με την ανασκόπηση προσεγγίσεων και πρακτικών STEM στην εκπαίδευση. Στη συστηματική βιβλιογραφική επισκόπηση του Εμμανουηλίδη (2021) επιλέχθηκαν 20 άρθρα από την ελληνική βιβλιογραφία και τα αποτελέσματα αναδεικνύουν το γεγονός ότι, πράγματι, σημαντικό μέρος των άρθρων απευθύνεται σε μαθητές της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ενώ αφορά παρεμβάσεις που έχουν γίνει χρησιμοποιώντας λογισμικά STEM, εκπαιδευτικά λογισμικά και προσομοιώσεις, δραστηριότητες ανάπτυξης υπολογιστικής σκέψης και δραστηριότητες εκπαιδευτικής ρομποτικής.

3.3 Αναγκαιότητα της έρευνας

Όπως παρατηρήθηκε κατά την επισκόπηση της βιβλιογραφίας, πολύ συχνά παρατηρείται η υλοποίηση δραστηριοτήτων STEM είτε με τη μορφή project είτε με εργαλείο την εκπαιδευτική ρομποτική, είτε με εξοπλισμό και λογισμικά ή προγραμματιστικά περιβάλλοντα στα οποία δεν έχουν πρόσβαση όλα τα σχολεία και, κυρίως, δεν έχουν την απαραίτητη κατάρτιση όλοι οι εκπαιδευτικοί. Επίσης, η κατάσταση στην Ελλάδα (βλ. ενότητα 1.1.1) σχετικά με την εκπαίδευση STEM βρίσκεται σε πρώιμο, αν και αναπτυσσόμενο στάδιο, όσον αφορά την ένταξη δραστηριοτήτων STEM στα αναλυτικά προγράμματα, αφού τα περισσότερα άρθρα εντοπίζονται μετά το 2015 (Εμμανουηλίδης, 2021). Γι' αυτόν τον λόγο κρίθηκε ωφέλιμη η ανάπτυξη συγκεκριμένων διδακτικών σεναρίων και η διερεύνηση των αποτελεσμάτων που επιφέρουν, ώστε να αντιμετωπιστούν τα παρακάτω ζητήματα:

- η έλλειψη εκτενούς έρευνας στην Ελλάδα σχετικά με την ένταξη της εκπαίδευσης STEM στη διδασκαλία της Φυσικής και τα οφέλη που επιφέρει σε επίπεδο γνώσεων και δεξιοτήτων,
- η έλλειψη κατάλληλα διαμορφωμένου εκπαιδευτικού υλικού και διδακτικών σεναρίων για το μάθημα της Φυσικής που υλοποιούνται με καθημερινά, εύκολα προσβάσιμα υλικά, ενσωματώνοντας τα πεδία STEM για τη διδασκαλία θεμελιωδών εννοιών, και
- η ελλιπής επιμόρφωση, καθοδήγηση και υποστήριξη των εκπαιδευτικών σχετικά με την ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM.

3.4 Σκοπός της έρευνας και ερευνητικά ερωτήματα

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η δημιουργία, εφαρμογή και αποτίμηση διδακτικών σεναρίων STEM που μπορούν να υλοποιηθούν εντός του αναλυτικού προγράμματος της Φυσικής, στοχεύοντας στην απόκτηση αφενός των προβλεπόμενων γνώσεων και αφετέρου στην ανάπτυξη των 4C δεξιοτήτων, χρησιμοποιώντας την πολυδιάστατη προσέγγιση της εκπαίδευσης STEM. Η αποτίμηση των διδακτικών σεναρίων θα οδηγήσει στην περαιτέρω κατανόηση του τρόπου με τον οποίο μπορούν οι μαθητές να αναπτύξουν τις γνώσεις και τις δεξιότητές τους συμμετέχοντας σε δραστηριότητες STEM που ενσωματώνουν όσο το δυνατόν περισσότερα πεδία STEM στη διδασκαλία της Φυσικής, χωρίς να παρεκκλίνουν από το αναλυτικό πρόγραμμα. Στόχος είναι να μπορούν τα διδακτικά σενάρια που σχεδιάστηκαν, να αποτιμηθούν θετικά ως προς την αποτελεσματικότητά τους για την απόκτηση γνώσεων και την ανάπτυξη δεξιοτήτων των μαθητών και να αποτελέσουν υλικό προς χρήση από οποιονδήποτε εκπαιδευτικό θέλει να ενισχύσει το εκπαιδευτικό του έργο προσανατολίζοντάς το στην εκπαίδευση STEM.

Όσον αφορά τα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας έρευνας, αυτά περιστρέφονται γύρω από την εφαρμογή των διδακτικών σεναρίων STEM στην πράξη και την ανάπτυξη γνώσεων και δεξιοτήτων που επιτυγχάνονται. Πιο συγκεκριμένα, τα ερευνητικά ερωτήματα (EP) είναι:

EP1: Επιτυγχάνεται η κατανόηση του γνωστικού περιεχομένου των ενοτήτων που σχετίζονται με τους τρεις νόμους του Νεύτωνα από την εφαρμογή των συγκεκριμένων διδακτικών σεναρίων που ακολουθούν την προσέγγιση STEM;

EP2: Πως αποτιμούν οι μαθητές τη συμμετοχή τους στις δραστηριότητες των συγκεκριμένων διδακτικών σεναρίων που ακολουθούν την προσέγγιση STEM;

EP3: Πως αποτιμούν οι μαθητές την επίδραση που είχε η διδασκαλία των συγκεκριμένων ενοτήτων του μαθήματος της Φυσικής Β' Γυμνασίου με τα συγκεκριμένα διδακτικά σενάρια στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων 4Cs του 21^{ου} αιώνα;

3.5 Είδος της έρευνας και ερευνητικά εργαλεία

Για τη διερεύνηση των παραπάνω ερευνητικών ερωτημάτων, αναπτύχθηκε η συγκεκριμένη έρευνα δράσης ώστε να περιγραφούν, να αναλυθούν, να κατανοηθούν και να ερμηνευτούν τα αποτελέσματα της διδακτικής παρέμβασης. Πρόκειται για μια προ-πειραματική έρευνα και συγκεκριμένα μια μελέτη περίπτωσης μίας λήψης, καθώς μία ομάδα μαθητών εκτίθεται σε μια διαφορετική διδακτική προσέγγιση και συζητούνται τα αποτελέσματα της. Αφορά μια παρέμβαση σε πραγματικές συνθήκες ενώ διερευνώνται οι επιδράσεις αυτής της παρέμβασης, συλλέγοντας πρωτογενή ποιοτικά αλλά και ποσοτικά δεδομένα, μικρού δείγματος συμμετεχόντων (Cohen & Manion, 1994· Ιωσηφίδης, 2008). Τα ποσοτικά δεδομένα αφορούν τη βαθμολογική επίδοση των μαθητών σε έναν τυπικό έλεγχο κατανόησης του γνωστικού περιεχομένου ενώ τα ποιοτικά δεδομένα αφορούν την αποτίμηση της συμμετοχής τους, καθώς και την αποτίμηση της ανάπτυξης δεξιοτήτων 4Cs. Τα ερευνητικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν είναι ερωτηματολόγια και παρουσιάζονται στις επόμενες υποενότητες. Τα ερωτηματολόγια ως ερευνητικά εργαλεία, δεν συνηθίζονται στις έρευνες δράσης, ωστόσο η χρήση των ερωτηματολογίων στην παρούσα έρευνα κρίνεται έγκυρη, εφόσον πρόκειται να αναδειχθούν πληροφορίες που δεν θα μπορούσαν να επαληθευτούν με άλλο τρόπο ή χρησιμοποιούνται για την αποτίμηση της παρέμβασης της έρευνας δράσης (Grey, 2021). Η επεξεργασία των δεδομένων των ερωτήσεων ανοιχτού τύπου των ερωτηματολογίων έγινε με ανάλυση περιεχομένου.

3.5.1 Ερωτηματολόγιο κατανόησης γνωστικού περιεχομένου

Ως προς το πρώτο ερώτημα, σχετικά με την κατανόηση γνωστικού περιεχομένου (EP1), χρησιμοποιήθηκε ένα ερωτηματολόγιο, το οποίο σχεδιάστηκε με τη μορφή συμβατικής επαναληπτικής γραπτής δοκιμασίας⁴¹, με εκτιμώμενο χρόνο συμπλήρωσης τα 20 λεπτά. Παρόλο που αυτή η μορφή τελικής, αθροιστής αξιολόγησης ελέγχου κατανόησης και γνώσεων δεν συνάδει απόλυτα με τη φιλοσοφία της διερευνητικής προσέγγισης στη διδασκαλία και μάθηση, οι έλεγχοι γνώσεων μπορούν να αξιοποιηθούν ώστε να παρέχουν έγκυρα ποσοτικά στοιχεία σχετικά με τις αποκτηθείσες γνώσεις (NRC, 2000).

Το ερωτηματολόγιο, μέρος του οποίου ενδεικτικά παρατίθεται στο σχήμα 3.2, περιλαμβάνει 18 ερωτήσεις: 13 ερωτήσεις κλειστού τύπου, συγκεκριμένα πολλαπλής επιλογής, μία ερώτηση σχεδίασης δυνάμεων σε 6 περιπτώσεις και 4 ερωτήσεις σύντομης απάντησης. Η κάθε ορθή απάντηση στις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής λαμβάνει 1 βαθμολογική μονάδα. Οι ορθές απαντήσεις στις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου λαμβάνουν, ομοίως, από 1 βαθμολογική μονάδα. Για την ορθότερη βαθμολόγηση, οι απαντήσεις των μαθητών αναλύθηκαν ως προς το περιεχόμενο τους και ταξινομήθηκαν σε τρεις κατηγορίες: «καμία ορθότητα» (βαθμολογία: 0), «μερική ορθότητα» (βαθμολογία: 0,5) και «πλήρης ορθότητα» (βαθμολογία: 1). Κριτήριο για την ταξινόμηση των σύντομων απαντήσεων στις παραπάνω κατηγορίες αποτέλεσε η ταύτιση της απάντησης των μαθητών με την αποδεκτή απάντηση που περιέχεται στο σχολικό εγχειρίδιο του μαθήματος της Φυσικής της Β΄ Γυμνασίου (Αντωνίου κ. συν., 2015). Στην ερώτηση που απαιτεί σχεδίαση δυνάμεων που ασκούνται μεταξύ δύο σωμάτων, σε έξι διαφορετικές περιπτώσεις, η βαθμολογία καθορίστηκε ως 0,5 για κάθε σωστή απάντηση. Με αυτό το τρόπο, οι ορθές απαντήσεις σε όλες τις ερωτήσεις λαμβάνουν βαθμολογία 20.

⁴¹ Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί η εγγενής δυσκολία αξιολόγησης των μαθητών που εμπλέκονται σε δραστηριότητες διερεύνησης με εργαλεία και μέσα συμβατικών ελέγχων γνώσεων (NRC, 2000). Τέτοιοι έλεγχοι συνήθως εστιάζουν στην αναγνώριση ή την ανάκληση πληροφοριών και δεν αξιολογούν την εις βάθος κατανόηση είτε του γνωστικού περιεχομένου είτε της διαδικασίας της διερεύνησης. Ωστόσο, η αθροιστική ή τελική αξιολόγηση, με συμβατικά και τυποποιημένα εργαλεία, προσφέρει έναν σταθερό και μετρήσιμο τρόπο ποσοτικοποίησης και σύγκρισης των αποτελεσμάτων των μαθητών (NCR, 2000).

17. Από τις δυνάμεις που ασκούνται στα σώματα του διπλανού σχήματος, να διαλέξετε ποιες δυνάμεις αποτελούν ζεύγη δράσης – αντίδρασης: (μπορείτε αν θέλετε να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που ασκούνται σε κάθε σώμα)

A. η δύναμη που ασκεί το πιάτο στο μήλο και αυτή που ασκεί το πιάτο στο τραπέζι
 B. η δύναμη που ασκεί το τραπέζι στο πιάτο και αυτή που ασκεί το πιάτο στο μήλο
 Γ. η δύναμη που ασκεί το μήλο στο πιάτο και αυτή που ασκεί το πιάτο στο τραπέζι
 Δ. η δύναμη που ασκεί το μήλο στο πιάτο και αυτή που ασκεί το πιάτο στο μήλο.

18. Διατυπώστε τον 3^ο νόμο του Νεύτωνα:

Σχήμα 3.2: Μέρος του ερωτηματολογίου ελέγχου κατανόησης γνωστικού περιεχομένου

Παρόλο που το συγκεκριμένο εργαλείο αξιολόγησης έχει μικρό βαθμό εγκυρότητας καθώς κατασκευάστηκε για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας και δεν έχει σταθμιστεί σε επαρκές δείγμα με πολλαπλές πιλοτικές εφαρμογές, τα αποτελέσματα μπορούν να προσφέρουν μια ένδειξη για το βαθμό κατανόησης του γνωστικού περιεχομένου της παρέμβασης.

3.5.2 Ερωτηματολόγιο αυτοαξιολόγησης των μαθητών για την αποτίμηση της συμμετοχής τους στη διδακτική παρέμβαση

Ως ερωτηματολόγιο αποτίμησης της συμμετοχής των μαθητών στις διδακτικές παρεμβάσεις που υλοποιήθηκαν (EP2), χρησιμοποιήθηκε ένα ερωτηματολόγιο με τη μορφή πίνακα αυτοαξιολόγησης το οποίο συμπληρώνει ο κάθε μαθητής αξιολογώντας τον εαυτό του. Το ερωτηματολόγιο περιλαμβάνει πέντε ερωτήσεις κλειστού και τρεις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου που αφορούν τη συνέπεια, το ενδιαφέρον, την ικανοποίηση, τις δυσκολίες και την αποτίμηση της συνεργασίας της ομάδας (ΙΕΠ, 2019). Οι απαντήσεις δίνονται μέσω κλίμακας Likert τεσσάρων βαθμών με πιθανές απαντήσεις:

καθόλου, λίγο, αρκετά και πολύ. Στις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου, οι απαντήσεις των μαθητών αναλύθηκαν ως προς το περιεχόμενο και κατηγοριοποιήθηκαν αναλόγως (βλ. ενότητα 3.7.1.2). Το ερωτηματολόγιο αποτίμησης της συμμετοχής των μαθητών παρουσιάζεται στον πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.2: Ερωτηματολόγιο αποτίμησης της συμμετοχής

	Αριθμός ομάδας: Το ονοματεπώνυμο (κωδικός) μου:	καθόλου	λίγο	αρκετά	πολύ
EA1	Συμμετείχα στην ομάδα ισότιμα και έκανα το μέρος του έργου που μου αναλογούσε:				
EA2	Ήμουν συγκεντρωμένος/η στην δουλειά μας και δεν απασχολούσα τους/τις συμμαθητές/-τριες μου με άλλα θέματα:				
EA3	Άκουγα προσεκτικά τις απόψεις των άλλων πάνω στο θέμα μας:				
EA4	Βοήθησα τους/τις άλλους/-ες να μάθουν:				
EA5	Προσπάθησα να γίνει ευχάριστο το μάθημα:				
EA6	Τι με δυσκόλεψε:				
EA7	Τι μου άρεσε:				
EA8	Τι θα ήθελα να προτείνω για να γίνει πιο ενδιαφέρον και αποδοτικό το μάθημα:				

Ο πίνακας αυτοαξιολόγησης 3.2 έχει ληφθεί από τον Οδηγό εκπαιδευτικού για τη Φυσική Γυμνασίου (Νιζαστάκης κ. συν., 2022). Τα αποτελέσματά του μπορούν να λειτουργήσουν διαμορφωτικά ως προς τη βελτίωση της διαχείρισης των ομάδων, την παρεχόμενη ανατροφοδότηση, το επίπεδο δυσκολίας των δραστηριοτήτων, κ.ά., σε επόμενη εφαρμογή παρόμοιων διδακτικών σεναρίων.

3.5.3 Ερωτηματολόγιο διερεύνησης ανάπτυξης δεξιοτήτων 4Cs από τη συμμετοχή στις διδακτικές παρεμβάσεις

Σχετικά με το τρίτο ερευνητικό ερώτημα (EP3), ως εργαλείο διερεύνησης της ανάπτυξης των δεξιοτήτων 4Cs των μαθητών, χρησιμοποιήθηκε μέρος του ερωτηματολογίου των Kelley κ. συν. (2019)⁴². Οι δεξιότητες 4Cs που αξιολογούνται είναι οι: Κριτική Σκέψη (ΚΣ), Συνεργασία (ΣΥΝ), Επικοινωνία (ΕΠ) και Δημιουργικότητα (ΔΗΜ) και αποτελούν τις κατηγορίες των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου. Στο αρχικό ερωτηματολόγιο των Kelley κ. συν. (2019) περιλαμβάνονται 11, 9, 5 και 5 ερωτήσεις για τις κατηγορίες Κριτική Σκέψη, Συνεργασία, Επικοινωνία και Δημιουργικότητα αντίστοιχα. Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκαν 5 ερωτήσεις από κάθε κατηγορία, που θεωρήθηκε ότι καλύπτουν τις ανάγκες της έρευνας. Τον ελάχιστο αυτό αριθμό ερωτήσεων τον προτείνουν οι ερευνητές (Kelley κ. συν., 2019) για τη διατήρηση της αξιοπιστίας του ερευνητικού εργαλείου. Το ερωτηματολόγιο⁴³ είναι τύπου Likert 5 βαθμών με κλίμακα απαντήσεων: «Διαφωνώ απόλυτα», «Διαφωνώ», «Ούτε διαφωνώ, ούτε συμφωνώ», «Συμφωνώ» και «Συμφωνώ απόλυτα». Το ερωτηματολόγιο αποτίμησης των δεξιοτήτων 4Cs που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα καθώς και το αρχικό ερωτηματολόγιο των Kelley κ. συν. (2019) παρατίθενται στο παράρτημα II της εργασίας.

3.6 Η έρευνα

Η έρευνα έλαβε χώρα μεταξύ 4 Δεκεμβρίου 2023 και 18 Δεκεμβρίου 2023, στο 1^ο Γυμνάσιο Ευόσμου Θεσσαλονίκης “Αρχέλαος”. Η διδακτική παρέμβαση εφαρμόστηκε σε συγκεκριμένα σημεία της ροής του αναλυτικού ΠΣ. Χώρος διεξαγωγής των σεναρίων ήταν η σχολική τάξη στην οποία χρησιμοποιήθηκε

⁴² Το συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο αναπτύχθηκε ως ερευνητικό εργαλείο αξιολόγησης της ανάπτυξης των δεξιοτήτων του 21ου αιώνα, όπως ορίζονται από την P21 (2009) (βλ. κεφάλαιο 1, ενότητα 1.4). Οι Kelley κ. συν. (2019) ανέπτυξαν σταδιακά και με συνεχή ανατροφοδότηση το ερευνητικό τους εργαλείο και το έλεγξαν ως προς την εγκυρότητά του με τον δείκτη εσωτερικής συνέπειας και αξιοπιστίας Cronbach's alpha ($\alpha > 0.7$) για κάθε μία από τις τέσσερις κατηγορίες ερωτήσεων (ΚΣ: $\alpha = 0.876$, ΣΥΝ: $\alpha = 0.826$, ΕΠ: $\alpha = 0.749$ και ΔΗΜ: $\alpha = 0.751$).

⁴³ Το ερωτηματολόγιο μεταφράστηκε στα ελληνικά από δύο συναδέλφους εκπαιδευτικούς της Αγγλικής Φιλολογίας και ελέγχθηκε ως προς την ορθότητα στη διατύπωση των ερωτήσεων από μία συνάδελφο εκπαιδευτικό, Φιλόλογο. Κατόπιν αυτής της συνεργασίας και δεδομένου ότι το ερωτηματολόγιο απευθύνεται σε μαθητές της Β' Γυμνασίου, για κάποιες λέξεις χρησιμοποιήθηκαν συνώνυμες αντί για την ακριβή μετάφραση.

βιντεοπροβολέας για την επίδειξη κάποιων βίντεο για τη φάση του εναύσματος του ενδιαφέροντος των μαθητών.

Αρχικά, δεσμεύτηκε μία ώρα διδασκαλίας του μαθήματος της Φυσικής, ώστε να ενημερωθούν οι μαθητές για τη διαδικασία, να τους δοθούν οι επιστολές για την ενυπόγραφη συγκατάθεση συμμετοχής σε έρευνας και να απαντηθούν ερωτήσεις και απορίες των μαθητών. Επίσης, έλαβαν τα φυλλάδια ασύγχρονης προετοιμασίας των διδακτικών σεναρίων, ώστε να προετοιμαστούν κατάλληλα πριν από την πραγματοποίηση της διδακτικής παρέμβασης. Οι συμμετέχοντες μαθητές έλαβαν γνώση πως η συμμετοχή τους στην έρευνα δεν θα επηρεάσει τη βαθμολογία τους. Ομοίως προαιρετική κρίθηκε πως οφείλει να είναι η συμμετοχή τους στις δραστηριότητες των διδακτικών σεναρίων που προτείνονται να γίνουν εκτός τάξης (επιπλέον πειραματικές δραστηριότητες, ιδιοκατασκευές, αναρτήσεις οπτικοακουστικού υλικού σε ψηφιακό πίνακα ανακοινώσεων) καθώς η παρακολούθηση της εμπλοκής τους δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσας έρευνας. Στη συνέχεια, ακολούθησε η διδακτική παρέμβαση η οποία, με τη σύμφωνη γνώμη του διευθυντή, του διδάσκοντα καθηγητή καθώς και των ενδιαφερόμενων συναδέλφων εκπαιδευτικών, υλοποιήθηκε σε 3 διδακτικά δίωρα, μεταβάλλοντας ελάχιστα το ωρολόγιο πρόγραμμα του σχολείου. Ωστόσο, όπως παρατηρείται και στο παράρτημα I, τα φύλλα εργασίας έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να εφαρμόζονται σε μεμονωμένες διδακτικές ώρες, ώστε να μην επηρεάζεται το ωρολόγιο πρόγραμμα της σχολικής μονάδας. Οι μαθητές λάμβαναν τα φυλλάδια προετοιμασίας των σεναρίων (βλ. Παράρτημα I), ένα φυλλάδιο ανά μαθητή, ώστε να μπορεί ο καθένας να προετοιμαστεί κατάλληλα πριν από την πραγματοποίηση της παρέμβασης. Κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης, οι μαθητές λάμβαναν ένα φύλλο εργασίας ανά ομάδα και ανά διδακτικό σενάριο, το οποίο συμπλήρωναν συνεργατικά. Στο τέλος της κάθε παρέμβασης λάμβαναν τα φυλλάδια επέκτασης των διδακτικών σεναρίων, ένα φυλλάδιο ανά μαθητή, ώστε να μπορεί ο καθένας, προαιρετικά, να πραγματοποιήσει επιπλέον δραστηριότητες στο σπίτι. Τέλος, οι μαθητές συμμετείχαν στη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου κατανόησης του γνωστικού περιεχομένου καθώς και το ερωτηματολόγιο ανάπτυξης δεξιοτήτων 4Cs εντός μίας διδακτικής ώρας.

3.6.1 Το δείγμα της έρευνας.

Το δείγμα της έρευνας αποτελείται από 26 μαθητές, ηλικίας 14-15 ετών. Η δειγματοληψία κρίνεται σκόπιμη, με κριτήριο επιλογής το να φοιτούν οι μαθητές στη Β' Γυμνασίου. Το συγκεκριμένο τμήμα αποτελείται από 27 μαθητές, ωστόσο μία εξ αυτών δεν συμμετείχε στην έρευνα. Επομένως, οι μαθητές χωρίστηκαν σε 9 ομάδες, 8 ομάδες των τριών μαθητών και μία ομάδα των δύο μαθητών.

3.6.2 Εγκυρότητα και αξιοπιστία της έρευνας

Για τη διασφάλιση της εγκυρότητας και αξιοπιστίας της έρευνας έγινε προσπάθεια να υπάρχουν σαφή ερευνητικά ερωτήματα και λεπτομερής ερευνητικός σχεδιασμός (Ιωσηφίδης, 2008· Grey, 2021). Πιο συγκεκριμένα, τα ερευνητικά ερωτήματα διατυπώθηκαν έτσι ώστε να είναι σαφή και σε πλήρη αντιστοιχία με τον σκοπό της έρευνας. Επιπλέον, υλοποιήθηκε μια πιλοτική εφαρμογή στην οποία συμμετείχαν τρεις μαθητές της Β' Γυμνασίου που δεν συμπεριλαμβάνονται στο υπό μελέτη δείγμα μαθητών, και έλαβε χώρα εκτός ωραρίου σχολείου, με τη σύμφωνη γνώμη των μαθητών και των γονέων τους. Η πιλοτική εφαρμογή είχε σκοπό τον εντοπισμό ασαφειών ή προβλημάτων στη διεξαγωγή των δραστηριοτήτων και την ανατροφοδότηση του σχεδιασμού τους. Πράγματι, κατόπιν ελεύθερης συνέντευξης με τους συμμετέχοντες της πιλοτικής εφαρμογής ως προς τις δυσκολίες που αντιμετώπισαν κατά την εφαρμογή των σεναρίων, προέκυψαν αλλαγές που αφορούσαν στη σειρά και τον τρόπο διατύπωσης των οδηγιών, στην υιοθέτηση κατάλληλης ορολογίας, στη χρήση καταλληλότερων υλικών κ.ά.

Όσον αφορά τα ερευνητικά εργαλεία, ο έλεγχος γνώσεων αποτελεί ένα εργαλείο αξιολόγησης το οποίο ελέγχθηκε ως προς τη συνέπειά του σχετικά με τους συγκεκριμένους γνωστικούς στόχους που καλείται να αξιολογήσει, από δύο συναδέλφους εκπαιδευτικούς Φυσικής. Το ερωτηματολόγιο περιγραφικής αξιολόγησης καθώς και το ερωτηματολόγιο αυτοαξιολόγησης των μαθητών έχουν ληφθεί από τους προαναφερθέντες οδηγούς του ΙΕΠ, επομένως συμπεραίνεται πως η εγκυρότητα και η αξιοπιστία τους έχει αξιολογηθεί θετικά ώστε να προκύψουν αξιοποιήσιμα συμπεράσματα. Τέλος, το ερωτηματολόγιο των δεξιοτήτων 4Cs έχει ήδη αποδειχθεί έγκυρο και αξιόπιστο εργαλείο από τους Kelley κ. συν. (2019). Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί πως για να διασφαλιστεί η ανωνυμότητα των

συμμετεχόντων, οι ομάδες που συμμετείχαν στις παρεμβάσεις αριθμήθηκαν (1-9) και στον κάθε μαθητή αποδόθηκε ένας κωδικός που σχηματίστηκε από τον αριθμό της ομάδας στην οποία ανήκε ο μαθητής και το γράμμα Α, Β ή Γ που αναπαριστά το ποιο μέλος της ομάδας ήταν. Για παράδειγμα, ο κωδικός του μαθητή 3B αντιπροσωπεύει τον μαθητή που αποτελεί το δεύτερο μέλος της τρίτης ομάδας.

3.6.3 Μέθοδος ανάλυσης και επεξεργασίας δεδομένων

Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν αφορούν:

- τις απαντήσεις των μαθητών στο ερωτηματολόγιο κατανόησης γνωστικού περιεχομένου,
- τις απαντήσεις των μαθητών στα ερωτηματολόγια αποτίμησης της συμμετοχής τους, και
- τις απαντήσεις των μαθητών στο ερωτηματολόγιο ανάπτυξης δεξιοτήτων 4Cs.

Στον πίνακα 3.3 παρουσιάζεται το πλήθος των ερωτηματολογίων που συμπληρώθηκαν στο τέλος της παρέμβασης (ερωτηματολόγιο κατανόησης γνωστικού περιεχομένου και ερωτηματολόγιο ανάπτυξης δεξιοτήτων 4Cs) και ανά διδακτικό σενάριο (ερωτηματολόγια αποτίμησης της συμμετοχής ανά διδακτικό σενάριο, ΔΣ1, ΔΣ2 και ΔΣ3).

Πίνακας 3.3: Πλήθος συμπληρωμένων ερωτηματολογίων

Κωδικός μαθητή (αριθμός ομάδας και αρίθμηση μέλους)	Συμμετοχές ανά ερευνητικό εργαλείο					
	Ερωτηματολόγιο κατανόησης γνωστικού περιεχομένου	Ερωτηματολόγια αποτίμησης συμμετοχής			Ερωτηματολόγιο ανάπτυξης δεξιοτήτων 4Cs	
		ΔΣ1	ΔΣ2	ΔΣ3		
1	A	√	√	√	√	√
	B	√	√	-	√	√
	Γ	√	√	-	-	√
2	A	√	√	√	√	√
	B	√	√	√	√	√
	Γ	√	√	-	√	√
3	A	√	√	√	√	√
	B	√	√	-	√	√
	Γ	√	√	-	√	√
4	A	√	√	√	√	√
	B	√	√	√	√	√
	Γ	√	√	√	-	√

5	A	√	√	√	√	√
	B	√	√	-	√	√
	Γ	√	√	√	√	√
6	A	√	√	√	√	√
	B	√	√	√	√	√
	Γ	-	-	-	-	-
7	A	√	√	-	√	√
	B	√	√	√	√	√
	Γ	√	√	√	√	√
8	A	√	√	√	√	√
	B	√	√	√	√	√
	Γ	√	-	√	√	√
9	A	√	√	√	√	√
	B	√	√	√	-	√
	Γ	√	√	-	-	√
Σύνολο		26	25	18	22	26

Ο λόγος που στα ερωτηματολόγια αποτίμησης της συμμετοχής των μαθητών υπάρχει μικρότερο πλήθος συμπληρωμένων ερωτηματολογίων είναι η απουσία κάποιων μαθητών τη συγκεκριμένη μέρα με αποτέλεσμα να μη συμμετέχουν στην υλοποίηση του συγκεκριμένου διδακτικού σεναρίου. Άρα, δεν συμπλήρωσαν το αντίστοιχο ερωτηματολόγιο αποτίμησης της συμμετοχής. Τα ερωτηματολόγια κατανόησης γνωστικού περιεχομένου και ανάπτυξης δεξιοτήτων 4Cs, συμπληρώθηκαν την ίδια μέρα ενώ ήταν παρόντες όλοι οι συμμετέχοντες μαθητές.

3.7 Αποτελέσματα της έρευνας

Τα αποτελέσματα της έρευνας παρουσιάζονται στις επόμενες υποενότητες, κατηγοριοποιημένα ανά ερευνητικό ερώτημα και ερευνητικό εργαλείο. Όπως αναφέρθηκε, τα αποτελέσματα δεν μπορούν να είναι γενικεύσιμα, λόγω του μικρού δείγματος της έρευνας. Ωστόσο εμφανίζονται κάποιες ενδείξεις και τάσεις, οι οποίες συζητούνται διεξοδικά στο επόμενο κεφάλαιο.

3.7.1. Κατανόηση γνωστικού περιεχομένου

Τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου κατανόησης του γνωστικού περιεχομένου των ενοτήτων που αφορούν τους τρεις νόμους του Νεύτωνα παρουσιάζονται στον πίνακα 3.4.

Πίνακας 3.4: Βαθμολογίες ερωτηματολογίου κατανόησης γνωστικού περιεχομένου

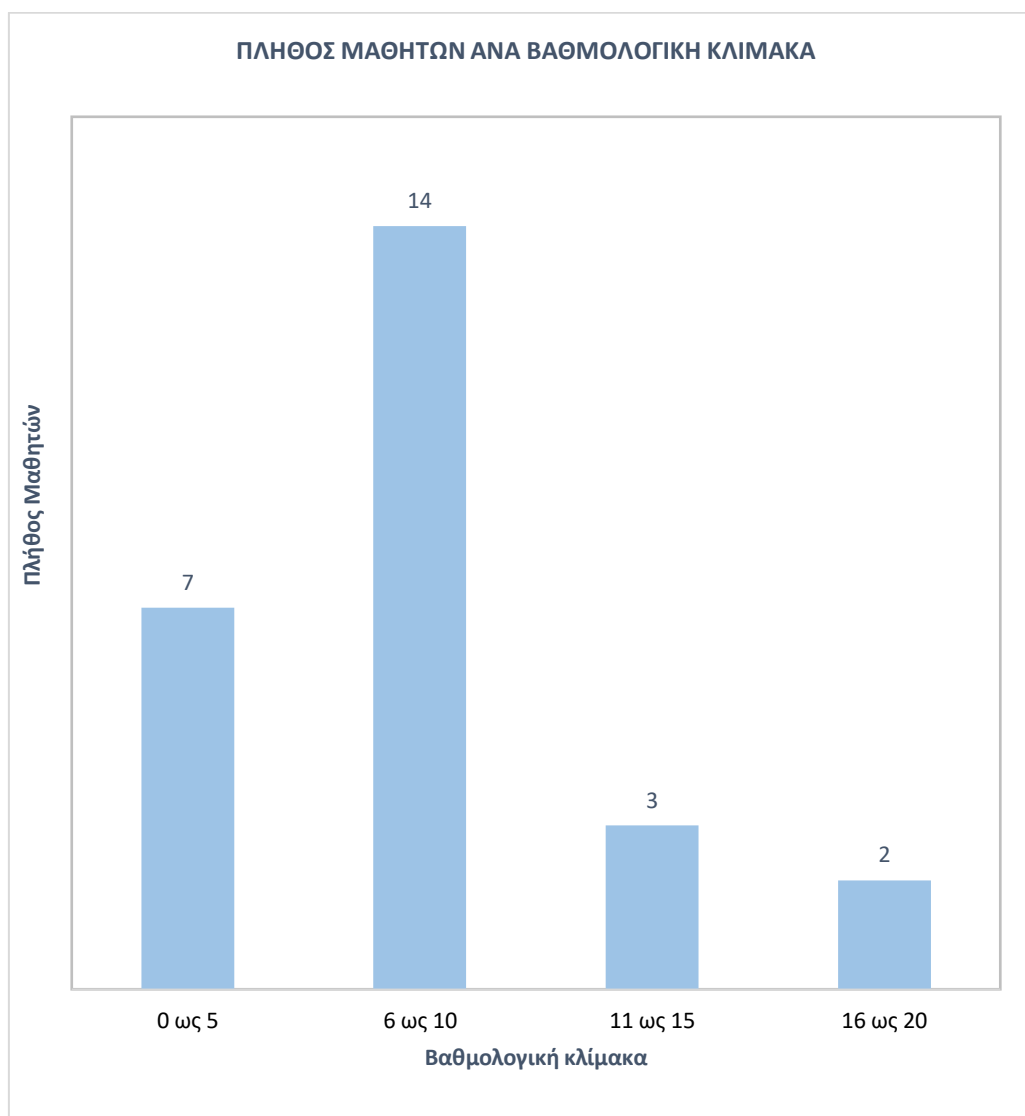
Κωδικός μαθητή	Βαθμολογία
1A	3
1B	4
1Γ	9
2A	16
2B	8
2Γ	11
3A	5
3B	7
3Γ	4
4A	18
4B	15
4Γ	10
5A	9
5B	9
5Γ	6
6A	6
6B	14
7A	8
7B	7
7Γ	10
8A	8
8B	8
8Γ	4
9A	2
9B	9
M.T.	8,2

Στη συνέχεια, έγινε μια ομαδοποίηση των βαθμολογιών και καταγράφηκε το πλήθος των μαθητών ανά βαθμολογική κλίμακα. Τα αποτελέσματα αυτής της ομαδοποίησης παρουσιάζονται στον πίνακα 3.5:

Πίνακας 3.5: Πλήθος μαθητών ανά βαθμολογική κλίμακα

Βαθμολογική κλίμακα	Πλήθος μαθητών
0 ως 5	7
6 ως 10	14
11 ως 15	3
16 ως 20	2
Σύνολο	26

Στο διάγραμμα 3.1 εμφανίζεται το γράφημα κατανομής βαθμολογίας των μαθητών ανά βαθμολογική κλίμακα.



Διάγραμμα 3.1: Βαθμολογική κατανομή κατανόησης γνωστικού περιεχομένου

Βάσει αυτών των αποτελεσμάτων, παρατηρείται χαμηλή απόδοση των μαθητών στην κατανόηση του γνωστικού περιεχομένου των ενοτήτων που αφορούν τους τρεις νόμους του Νεύτωνα, με μέση τιμή βαθμολογίας 8.2 με τυπική απόκλιση 3.9.

3.7.2. Αποτίμηση συμμετοχής

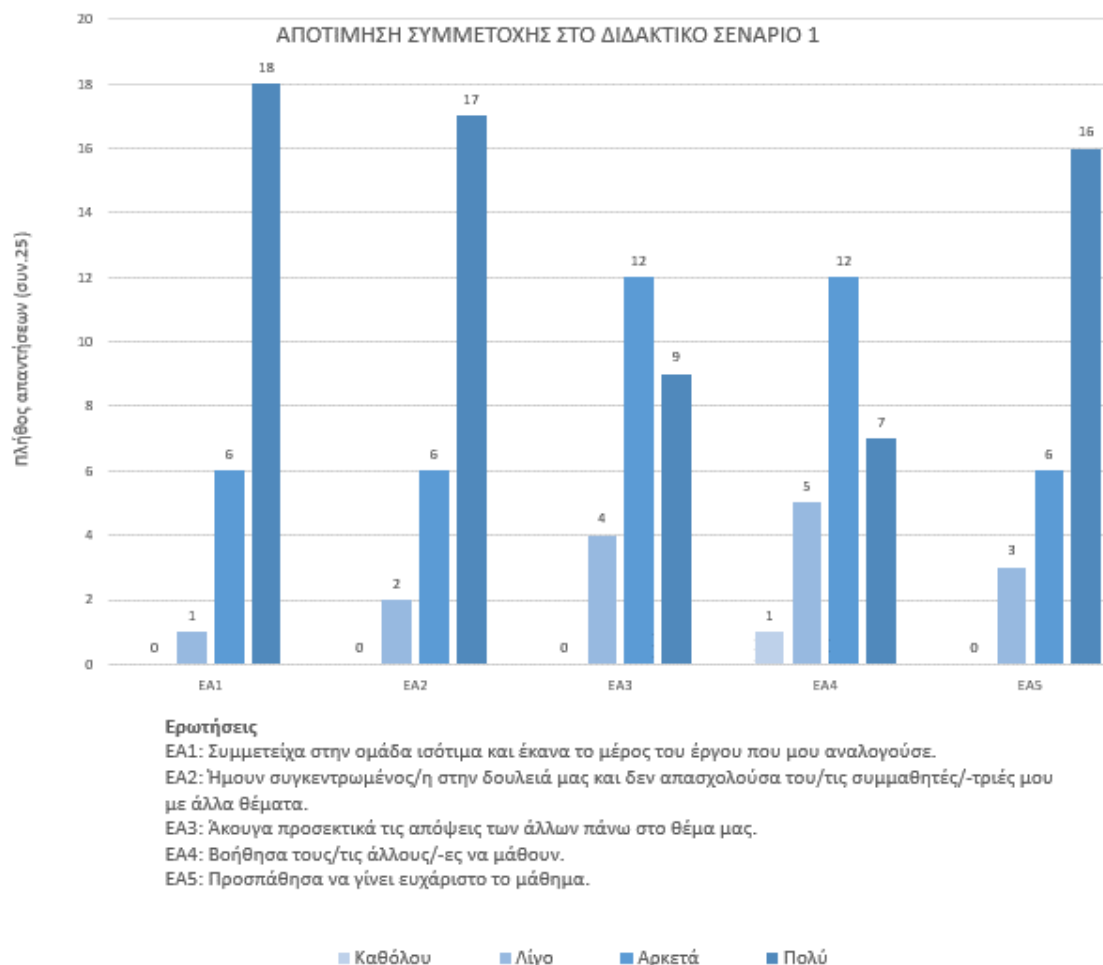
Η αποτίμηση της συμμετοχής των μαθητών κατόπιν της αυτοαξιολόγησής τους στο τέλος κάθε διδακτικού σεναρίου, αναπτύσσεται ανά διδακτικό σενάριο στις παρακάτω υποενότητες. Σε όλες τις περιπτώσεις, καταχωρήθηκαν οι δηλώσεις συμφωνίας του κάθε μαθητή στις ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης (EA1 – EA5) σε κάθε διδακτικό σενάριο ξεχωριστά, με την τιμή 1 = καθόλου, 2 = λίγο, 3 = αρκετά και 4 = πολύ. Στη συνέχεια, καταμετρήθηκε το πλήθος των μαθητών που δήλωσαν την αντίστοιχη απάντηση για κάθε ερώτηση αυτοαξιολόγησης. Όσον αφορά τις ερωτήσεις E6, E7 και E8 του ερωτηματολογίου, οι οποίες επιδέχονται σύντομη απάντηση, οι απαντήσεις των μαθητών επεξεργάστηκαν με ανάλυση περιεχομένου. Αρχικά καταγράφηκε η απάντηση κάθε μαθητή. Στη συνέχεια, βρέθηκαν ομοιότητες και κοινά νοήματα στις απαντήσεις των μαθητών, οπότε οι απαντήσεις κατηγοριοποιήθηκαν και ομαδοποιήθηκαν ανάλογα με το περιεχόμενό τους. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου μία απάντηση καταμετρείται σε δύο ή περισσότερες κατηγορίες καθώς περιλαμβάνει περισσότερα νοήματα. Επίσης, υπάρχουν απαντήσεις που αποτελούν από μόνες τους κατηγορίες, καθώς δόθηκαν μία φορά και έχουν διαφορετικό νόημα από κάθε απάντηση. Τέλος, αρκετές απαντήσεις ήταν μονολεκτικές, με αποτέλεσμα να ταξινομούνται απευθείας, ενώ σε ερωτήσεις που δεν δόθηκαν απαντήσεις, η απουσία απάντησης καταχωρήθηκε ως «τίποτα» ή «καμία» αναλόγως την περίπτωση.

3.7.2.1 Αποτίμηση συμμετοχής στο Διδακτικό Σενάριο 1

Τα αποτελέσματα της αποτίμησης της συμμετοχής των μαθητών στο Διδακτικό Σενάριο 1 σχετικά με τον 1^ο νόμο του Νεύτωνα, παρουσιάζονται στον πίνακα 3.6 και στο διάγραμμα 3.2.

Πίνακας 3.6: Απαντήσεις ανά Ερώτηση Αυτοαξιολόγησης, EA1 – EA5 (ΔΣ1)

Απάντηση	Ερωτήσεις Αυτοαξιολόγησης EA1 -EA5				
	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5
Καθόλου	0	0	0	1	0
Λίγο	1	2	4	5	3
Αρκετά	6	6	12	12	6
Πολύ	18	17	9	7	16
Σύνολο	25	25	25	25	25



Διάγραμμα 3.2: Απαντήσεις ανά Ερώτηση Αυτοαξιολόγησης, EA1 – EA5 (ΔΣ1)

Οι κατηγορίες και το πλήθος των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης EA6 – EA8 παρουσιάζονται στον πίνακα 3.7.

Πίνακας 3.7: Πλήθος απαντήσεων ανά κατηγορία στις ερωτήσεις EA6 – EA8 (ΔΣ1)

Ερωτήσεις Αυτοαξιολόγησης EA6 – EA8	
EA6: Τι με δυσκόλεψε;	
Κατηγορίες απαντήσεων	Πλήθος απαντήσεων
Καμία δυσκολία	17
Η κατασκευή (τεχνικές δυσκολίες)	5
Εύρεση εργαλείων και υλικών	1
Αιτιολόγηση φαινομένων	1
Συμπλήρωση φύλλων εργασίας	1
EA7: Τι μου άρεσε;	
Κατηγορίες απαντήσεων	Πλήθος απαντήσεων
Τα πειράματα	9
Όλα	6

Οι κατασκευές	6
Το διαφορετικό μάθημα	2
Τα βίντεο	1
Τα φύλλα εργασίας και οι οδηγίες τους	1
ΕΑ8: Τι θα ήθελα να προτείνω για να γίνει πιο ενδιαφέρον και αποδοτικό το μάθημα;	
Κατηγορίες απαντήσεων	Πλήθος απαντήσεων
Καμία πρόταση	13
Περισσότερο χρόνο	4
Περισσότερα βίντεο	3
Περισσότερα πειράματα	2
Έτοιμες κατασκευές, εργαλεία και υλικά	2
Περισσότερη ησυχία	1
Χρήση κινητών	1

Διευκρινήσεις: Πρέπει να τονιστεί πως οι κατηγορίες απαντήσεων περιλαμβάνουν απαντήσεις μαθητών με παρόμοιο νόημα. Για παράδειγμα, στην κατηγορία «Η κατασκευή (τεχνικές δυσκολίες)» στην ερώτηση ΕΑ6 («Τι με δυσκόλεψε;») περιλαμβάνει απαντήσεις όπως: «Να κατασκευάσω το όχημα με τις ρόδες» και «Να καταλάβω πόσα εκατοστά έπρεπε να είναι το κουτί της πρώτης κατασκευής» ή «Να ενώσω τις λωρίδες»). Παρομοίως, στην κατηγορία «Τα πειράματα» που, εκτός από τις προφανείς απαντήσεις τύπου «Τα πειράματα» ή «Το πείραμα με το αυγό», κ.ά., περιλαμβάνει απαντήσεις όπως: «Η απόδειξη αυτών που μάθαμε με πειράματα», και «Η πειραματική εφαρμογή του 1^{ου} νόμου του Νεύτωνα». Ομοίως, στην κατηγορία «Οι κατασκευές», οι απαντήσεις αναφερόντουσαν είτε στην κατασκευή του χάρτινου δακτυλίου για το πείραμα με το κέρμα, είτε στην κατασκευή του οχήματος, επομένως καταχωρήθηκαν στην ίδια κατηγορία. Η απάντηση «Το διαφορετικό μάθημα» στην ΕΑ7 («Τι μου άρεσε;») περιλαμβάνει τις απαντήσεις: «Η συνεργασία. Δεν ήταν ένα απλό μάθημα» και «Όλη η διαδικασία. Έγινε με ωραίο τρόπο το μάθημα και το κατάλαβα». Στην ίδια ερώτηση, η κατηγορία «Όλα» περιλαμβάνει απαντήσεις όπως: «Μέχρι τώρα τα πάντα». Στην ΕΑ8 που αφορά τις προτάσεις των μαθητών για πιο ενδιαφέρον και αποδοτικό μάθημα, στην κατηγορία «Περισσότερα βίντεο» περιλαμβάνονται απαντήσεις όπως: «Περισσότερα βίντεο και πειράματα για μεγαλύτερη κατανόηση του θέματος» (απάντηση που εμπεριέχει δύο νοήματα και καταχωρήθηκε σε δύο κατηγορίες). Η κατηγορία «Έτοιμες κατασκευές, εργαλεία και υλικά» περιλαμβάνει την απάντηση: «Θα πρότεινα να υπάρχουν ήδη έτοιμες κατασκευές για παιδιά που δυσκολεύονται να φτιάξουν την κατασκευή ή δεν έχουν

εργαλεία». Τέλος, η απάντηση «Χρήση κινητών» αφορά τη χρήση κινητών τηλεφώνων για βιντεοσκόπηση των δραστηριοτήτων.

Τα παραπάνω αποτελέσματα παρουσιάζονται στα διαγράμματα 3.3, 3.4 και 3.5.



Διάγραμμα 3.3: Κατηγορίες απαντήσεων μαθητών στην ΕΑ6 του ΔΣ1



Διάγραμμα 3.4: Κατηγορίες απαντήσεων μαθητών στην ΕΑ7 του ΔΣ1



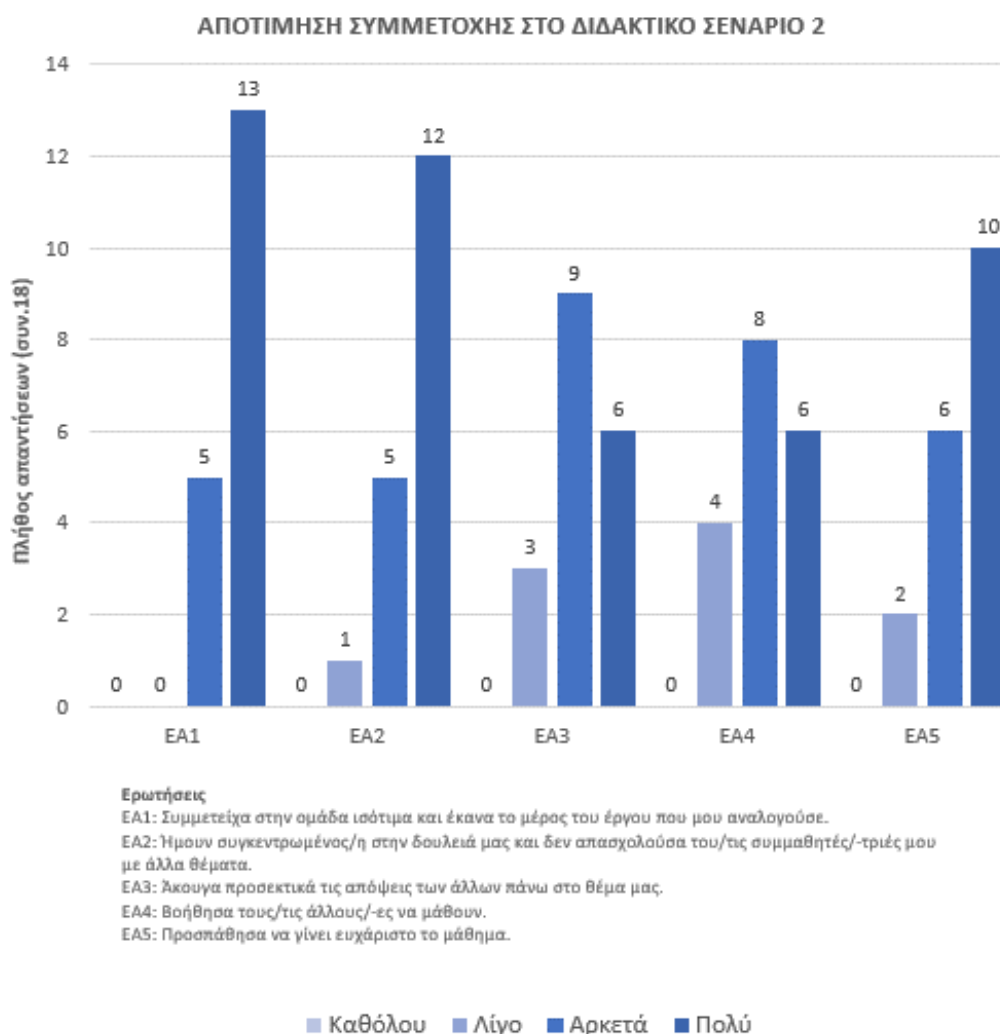
Διάγραμμα 3.5: Κατηγορίες απαντήσεων μαθητών στην ΕΑ8 του ΔΣ1

3.7.2.2 Αποτίμηση συμμετοχής στο Διδακτικό Σενάριο 2

Τα αποτελέσματα της αποτίμησης της συμμετοχής των μαθητών στο Διδακτικό Σενάριο 2 σχετικά με τον 2^ο νόμο του Νεύτωνα, παρουσιάζονται στον πίνακα 3.8 και στο διάγραμμα 3.6.

Πίνακας 3.8: Απαντήσεις ανά Ερώτηση Αυτοαξιολόγησης, EA1 – EA5 (ΔΣ2)

Απάντηση	Ερωτήσεις Αυτοαξιολόγησης EA1 -EA5				
	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5
Καθόλου	0	0	0	0	0
Λίγο	0	1	3	4	2
Αρκετά	5	5	9	8	6
Πολύ	13	12	6	8	10
Σύνολο	18	18	18	18	18



Διάγραμμα 3.6: Απαντήσεις ανά Ερώτηση Αυτοαξιολόγησης, EA1 – EA5 (ΔΣ2)

Οι κατηγορίες και το πλήθος των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης EA6 – EA8 παρουσιάζονται στον πίνακα 3.9.

Πίνακας 3.9: Πλήθος απαντήσεων ανά κατηγορία στις ερωτήσεις EA6 – EA8 (ΔΣ2)

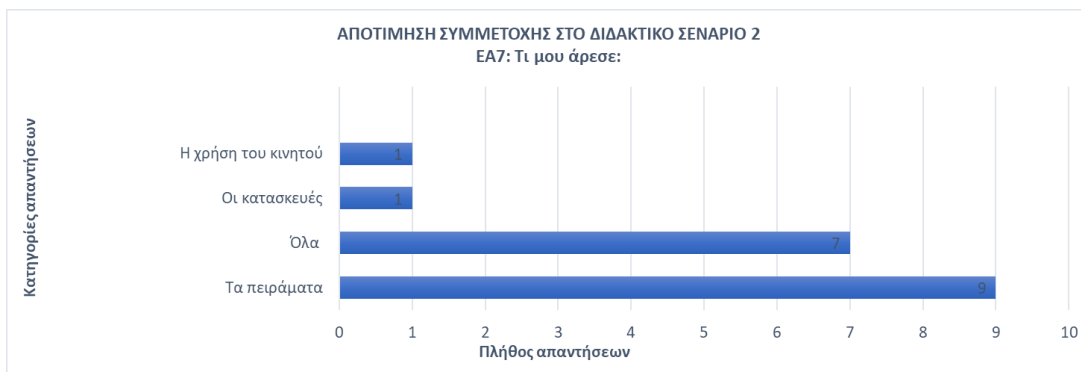
Ερωτήσεις Αυτοαξιολόγησης EA6 – EA8	
EA6: Τι με δυσκόλεψε;	
Κατηγορίες απαντήσεων	Πλήθος απαντήσεων
Καμία δυσκολία	8
Οι μετρήσεις με το κινητό	5
Η κατασκευή (τεχνικές δυσκολίες)	2
Συμπλήρωση φύλλων εργασίας	2
Η κατανόηση του φαινομένου	1
EA7: Τι μου άρεσε;	
Κατηγορίες απαντήσεων	Πλήθος απαντήσεων
Τα πειράματα	9
Όλα	7
Οι κατασκευές	1
Η χρήση του κινητού	1
EA8: Τι θα ήθελα να προτείνω για να γίνει πιο ενδιαφέρον και αποδοτικό το μάθημα;	
Κατηγορίες απαντήσεων	Πλήθος απαντήσεων
Καμία πρόταση	10
Περισσότερα πειράματα	3
Περισσότερα βίντεο	2
Περισσότερο χρόνο	2
Να γίνεται έτσι το μάθημα	1
Έτοιμα υλικά	1

Διευκρινήσεις: Παρομοίως με τα αποτελέσματα του ΔΣ1, στις κατηγορίες «τα πειράματα» και «οι κατασκευές» υπήρξε ένα εύρος απαντήσεων με κοινό νόημα. Η κατηγορία «Οι μετρήσεις με το κινητό» στην ερώτηση EA6 («Τι με δυσκόλεψε;») περιλαμβάνει απαντήσεις όπως: «Δεν κατάλαβα ποια μέτρηση διαλέγαμε» ή «Οι μετρήσεις με το κινητό, γιατί ήταν πάρα πολλές». Ωστόσο, η απάντηση «Η χρήση του κινητού» στην ερώτηση EA7 («Τι μου άρεσε;») περιλαμβάνει την απάντηση: «Μου άρεσε η χρήση του κινητού για να κάνουμε μέτρηση παρόλο που ήταν περίπλοκο».

Το πλήθος των απαντήσεων ανά κατηγορία, στις EA6, EA7 και EA8 απεικονίζονται στα διαγράμματα 3.7, 3.8 και 3.9 αντίστοιχα.



Διάγραμμα 3.7: Κατηγορίες απαντήσεων μαθητών στην ΕΑ6 του ΔΣ2



Διάγραμμα 3.8: Κατηγορίες απαντήσεων μαθητών στην ΕΑ7 του ΔΣ2



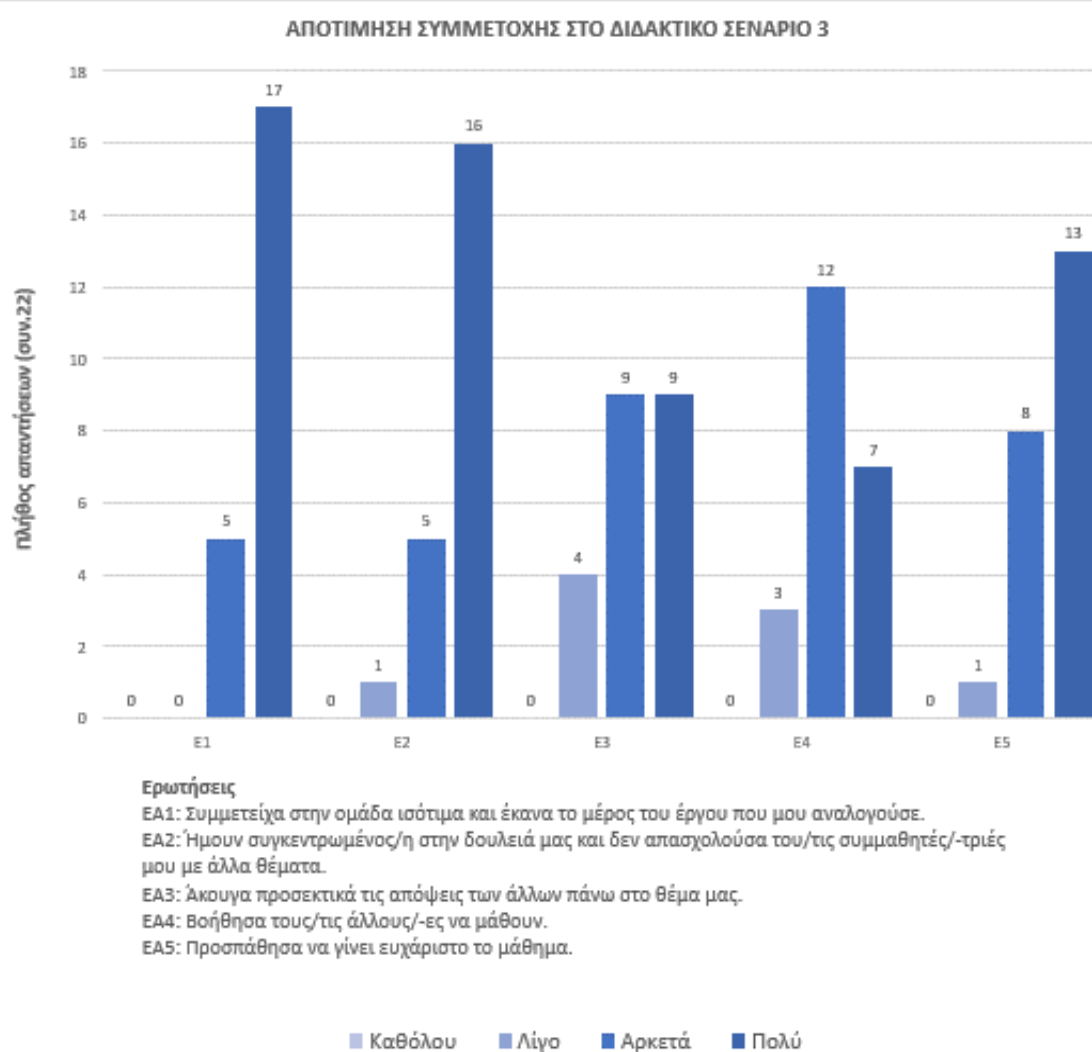
Διάγραμμα 3.9: Κατηγορίες απαντήσεων μαθητών στην ΕΑ8 του ΔΣ2

3.7.2.3 Αποτίμηση συμμετοχής στο Διδακτικό Σενάριο 3

Τα αποτελέσματα της αποτίμησης της συμμετοχής των μαθητών στο Διδακτικό Σενάριο 3 σχετικά με τον 3^ο νόμο του Νεύτωνα παρουσιάζονται στον πίνακα 3.10 και στο διάγραμμα 3.10.

Πίνακας 3.10: Απαντήσεις ανά Ερώτηση Αυτοαξιολόγησης, EA1 – EA5 (ΔΣ3)

Απάντηση	Ερωτήσεις Αυτοαξιολόγησης EA1 -EA5				
	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5
Καθόλου	0	0	0	0	0
Λίγο	0	1	4	3	1
Αρκετά	5	5	9	12	8
Πολύ	17	16	9	7	13
Σύνολο	22	22	22	22	22



Διάγραμμα 3.10: Απαντήσεις ανά Ερώτηση Αυτοαξιολόγησης, EA1 – EA5 (ΔΣ3)

Οι κατηγορίες και το πλήθος των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης EA6 – EA8 του ΔΣ3 παρουσιάζονται στον πίνακα 3.11.

Πίνακας 3.11: Πλήθος απαντήσεων ανά κατηγορία στις ερωτήσεις EA6 – EA8 (ΔΣ3)

Ερωτήσεις Αυτοαξιολόγησης EA6 – EA8	
EA6: Τι με δυσκόλεψε;	
Κατηγορίες απαντήσεων	Πλήθος απαντήσεων
Καμία δυσκολία	17
Η κατασκευή (τεχνικές δυσκολίες)	3
Η εξήγηση των φαινομένων	1
Η συμπεριφορά των συμμαθητών	1
EA7: Τι μου άρεσε;	
Κατηγορίες απαντήσεων	Πλήθος απαντήσεων
Όλα	7
Ο αγώνας αυτοκινήτων	7
Οι κατασκευές	3
Τα πειράματα	2
Τα βίντεο	1
Οι εφαρμογές του 3 ^{ου} νόμου του Νεύτωνα	1
Οι δοκιμές μέχρι να κινηθεί το όχημα	1
EA8: Τι θα ήθελα να προτείνω για να γίνει πιο ενδιαφέρον και αποδοτικό το μάθημα;	
Κατηγορίες απαντήσεων	Πλήθος απαντήσεων
Καμία πρόταση	16
Περισσότερα βίντεο	2
Περισσότερα πειράματα	1
Περισσότερο χρόνο	1
Να γίνεται έτσι το μάθημα	1
Περισσότερη ησυχία	1

Διευκρινήσεις: Στην EA6 («Τι με δυσκόλεψε;»), η κατηγορία «Η συμπεριφορά των μαθητών» περιλαμβάνει την απάντηση: «Με δυσκόλεψε η συμπεριφορά των συμμαθητών μου που μετά τον αγώνα ήταν πικραμένοι και γενικά πολύ ανταγωνιστικοί». Στην EA8, που αφορά προτάσεις για πιο ενδιαφέρον και αποδοτικό μάθημα, η απάντηση «Περισσότερη ησυχία» περιλαμβάνει την απάντηση «Ίσως θα μπορούσε να υπάρχει λίγο περισσότερη αυστηρότητα στη διαδικασία για να υπάρχει λιγότερος θόρυβος και ανταγωνισμός».

Τα διαγράμματα 3.12, 3.13 και 3.14 απεικονίζουν το πλήθος απαντήσεων ανά κατηγορία, στις EA6, EA7 και EA8 αντίστοιχα.



Διάγραμμα 3.12: Κατηγορίες απαντήσεων μαθητών στην ΕΑ6 του ΔΣ3



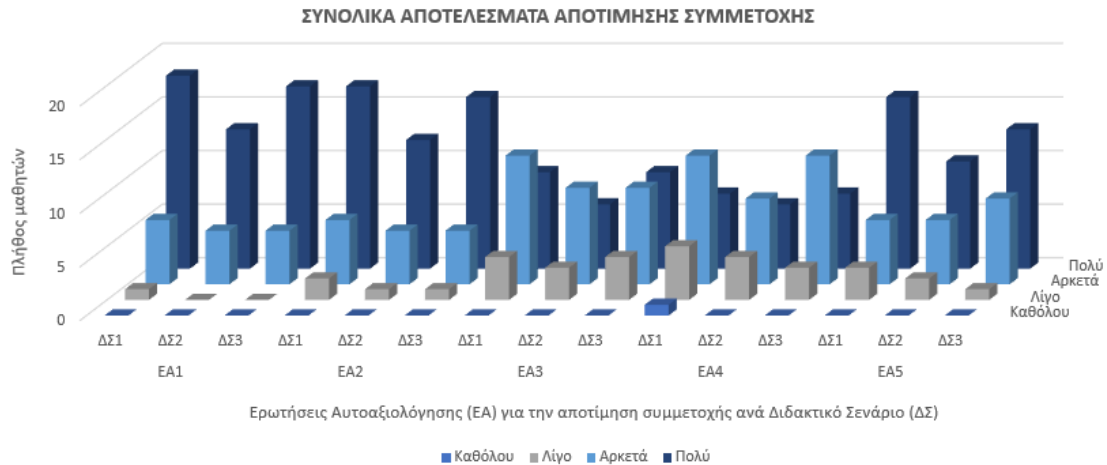
Διάγραμμα 3.13: Κατηγορίες απαντήσεων μαθητών στην ΕΑ7 του ΔΣ3



Διάγραμμα 3.14: Κατηγορίες απαντήσεων μαθητών στην ΕΑ8 του ΔΣ3

3.7.2.3 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την αποτίμηση συμμετοχής στα διδακτικά σενάρια

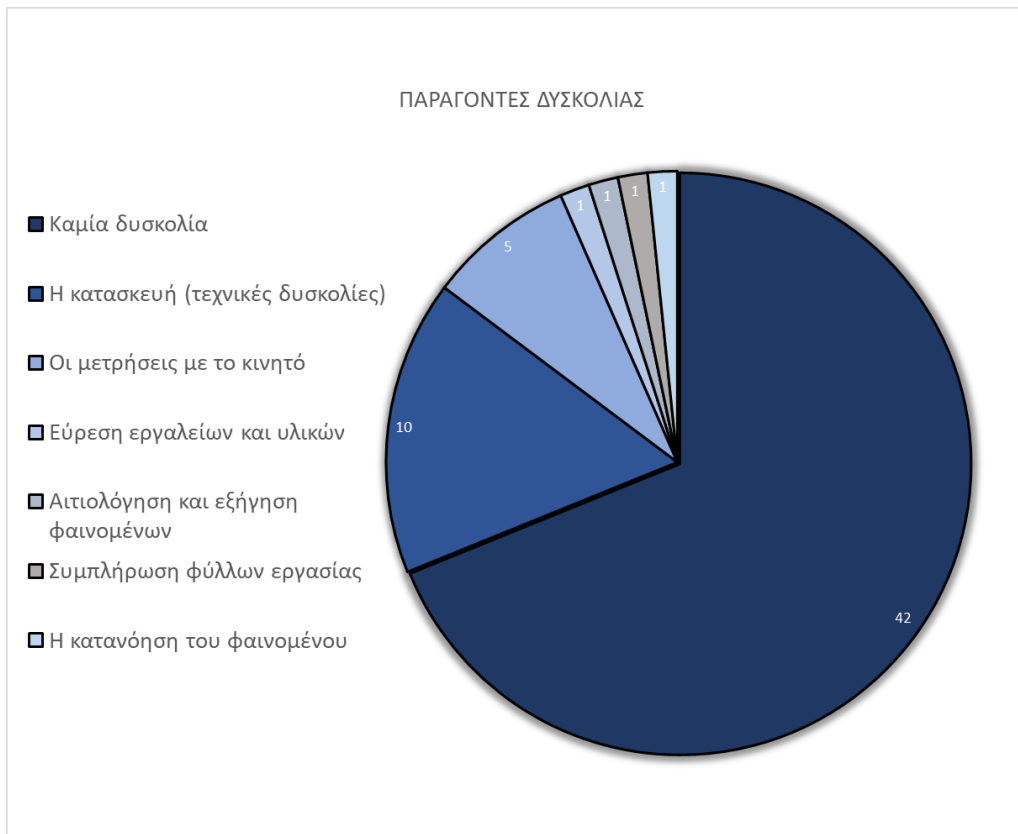
Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα αποτίμησης της συμμετοχής των μαθητών στα τρία διδακτικά σενάρια απεικονίζονται στο διάγραμμα 3.15. Στο διάγραμμα καταγράφεται το πλήθος των δηλώσεων των μαθητών ανά ερώτηση για τις ερωτήσεις ΕΑ1 ως ΕΑ5. Η αναπαράσταση των αποτελεσμάτων γίνεται ανά ερώτηση και ανά διδακτικό σενάριο, ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για το πώς αποτίμησαν συνολικά οι μαθητές τη συμμετοχή τους στη διδακτική παρέμβαση.



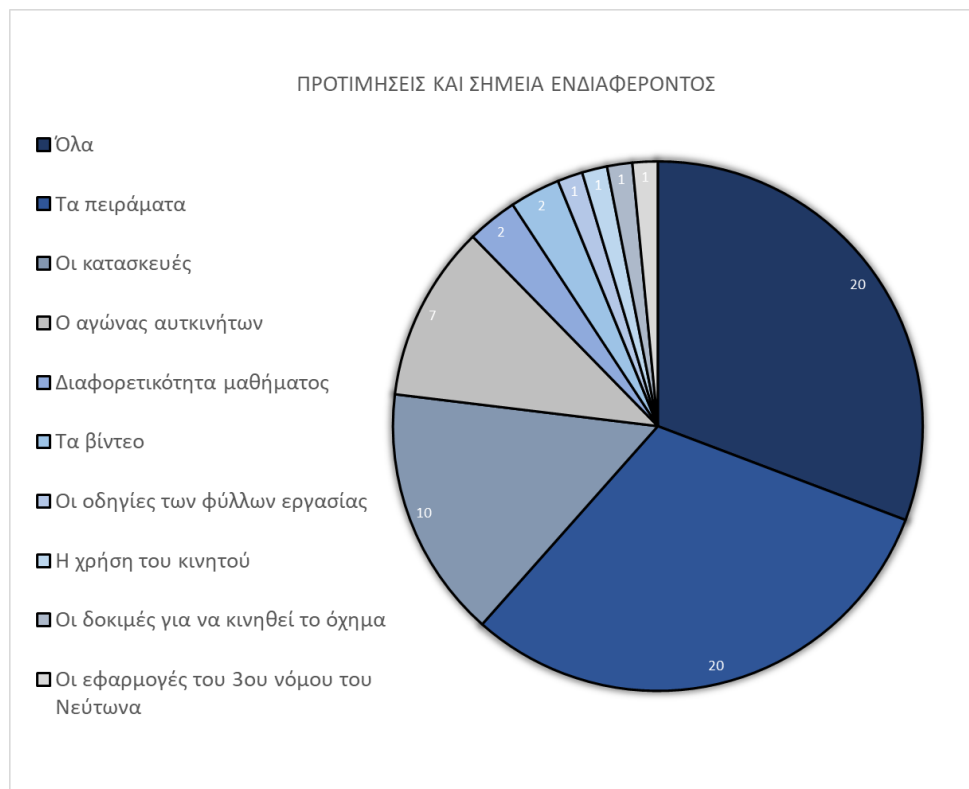
Διάγραμμα 3.15: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα αποτίμησης συμμετοχής στα ΔΣ

Από την ανάγνωση του διαγράμματος γίνεται αντιληπτό ότι οι μαθητές αποτίμησαν θετικά τη συμμετοχή τους στη διδακτική παρέμβαση, με τις περισσότερες απαντήσεις να είναι «Αρκετά» ή «Πολύ», σε όλα τα διδακτικά σενάρια. Συγκεκριμένα, από τις 65 συνολικά δηλώσεις των μαθητών, οι δηλώσεις «Αρκετά» ή «Πολύ» εμφανίζονται 64 φορές στην ερώτηση περί ισότιμης συμμετοχής στην ομάδα, 61 φορές στην ερώτηση σχετικά με το πόσο συγκεντρωμένοι ήταν οι μαθητές στο έργο της ομάδας, 54 φορές στην ερώτηση για την προσεκτική ακρόαση των απόψεων των άλλων μελών της ομάδας, 52 φορές στην ερώτηση σχετικά με τη βοήθεια που προσέφεραν οι μαθητές στα άλλα μέλη της ομάδας και 59 φορές στην ερώτηση που αφορά το πόσο προσπάθησε ο μαθητής να γίνει ευχάριστο το μάθημα. Ωστόσο, στις ερωτήσεις EA3 και EA4, παρατηρείται μια μετατόπιση της αποτίμησης συμμετοχής των μαθητών από την απάντηση «Πολύ» στην απάντηση «Αρκετά». Αυτό σημαίνει πως ενώ οι μαθητές αποτιμούν θετικά τη συμμετοχή τους σε ομαδοσυνεργατικές δραστηριότητες, δεν είναι απόλυτα εξοικειωμένοι με το να ακούν προσεκτικά τις απόψεις των άλλων ή το να βοηθούν τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας να επιτύχουν έναν κοινό στόχο.

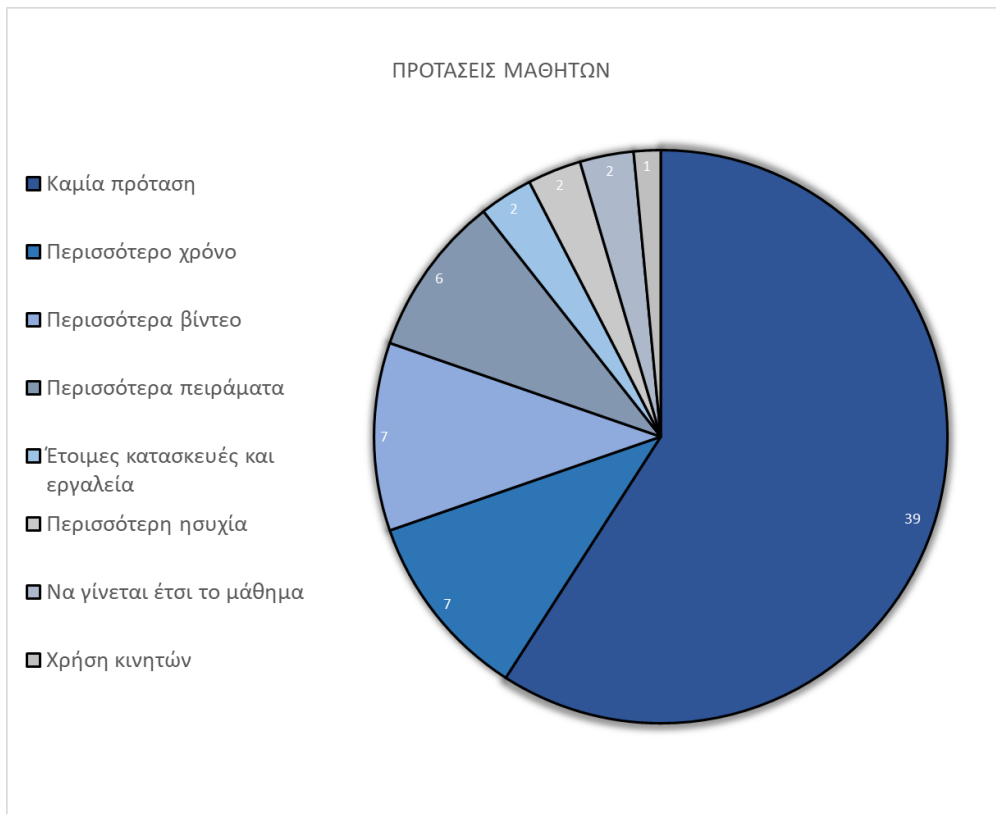
Όσον αφορά τις δηλώσεις των μαθητών σχετικά με τους παράγοντες δυσκολίας (EA6), τις προτιμήσεις τους (EA7) και τις προτάσεις τους για να γίνει πιο ενδιαφέρον και αποδοτικό το μάθημα (EA8), τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στα διαγράμματα 3.16, 3.17 και 3.18 αντίστοιχα.



Διάγραμμα 3.16: Παράγοντες δυσκολίας υλοποίησης της διδακτικής παρέμβασης



Διάγραμμα 3.17: Προτιμήσεις μαθητών από τη διδακτική παρέμβαση



Διάγραμμα 3.18: Προτάσεις μαθητών για ενδιαφέρον και αποδοτικό μάθημα

Από τα αποτελέσματα της συνολικής καταγραφής των δεδομένων της ερώτησης ΕΑ6 σχετικά με τους παράγοντες δυσκολίας που αντιμετώπισαν οι μαθητές, προκύπτει ότι οι περισσότεροι μαθητές δε δυσκολεύτηκαν κατά την υλοποίηση των σεναρίων, καθώς 42 από τις 65 συνολικά δηλώσεις είναι «Καμία δυσκολία», ενώ 10 από τις 65 δηλώσεις δηλώνουν «Η κατασκευή (τεχνικές δυσκολίες)» καθώς οι μαθητές αντιμετώπισαν κάποιες δυσκολίες στην υλοποίηση των ιδιοκατασκευών, όπως η δυσκολία λήψης μετρήσεων με ακρίβεια, η δυσκολία συναρμολόγησης των υλικών και η ολοκλήρωση της κατασκευής σε ορισμένο χρόνο. Όσον αφορά την ερώτηση ΕΑ7, σχετικά με τις προτιμήσεις των μαθητών, μεγαλύτερη εμφάνιση έχουν οι δηλώσεις «Όλα» και «Τα πειράματα», που εμφανίζονται από 20 φορές κάθε μία στο σύνολο των 65 δηλώσεων, ενώ ακολουθούν οι δηλώσεις «Οι κατασκευές» και «Ο αγώνας αυτοκινήτων», που εμφανίζονται 10 και 7 φορές στο σύνολο. Τέλος, σχετικά με τις προτάσεις των μαθητών για πιο ενδιαφέρον και αποδοτικό μάθημα (ΕΡ8), 39 από τις 67 δηλώσεις είναι «Καμία πρόταση», ενώ οι δηλώσεις «Περισσότερο χρόνο», «Περισσότερα βίντεο» και «Περισσότερα πειράματα» εμφανίζονται 7, 7 και 6 φορές αντίστοιχα.

3.7.3 Ανάπτυξη δεξιοτήτων 4Cs

Όσον αφορά τα ποιοτικά δεδομένα που αφορούν την αποτίμηση των μαθητών για την ανάπτυξη δεξιοτήτων 4Cs, ο βαθμός συμφωνίας στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου έλαβε τις τιμές 1 = Διαφωνώ απόλυτα, 2 = Διαφωνώ, 3 = Ούτε συμφωνώ, ούτε διαφωνώ, 4 = Συμφωνώ και 5 = Συμφωνώ απόλυτα. Τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου ανάπτυξης δεξιοτήτων 4Cs παρουσιάζονται στον πίνακα 3.12.

Πίνακας 3.12: Παρουσίαση αποτελεσμάτων βαθμού ανάπτυξης δεξιοτήτων 4Cs

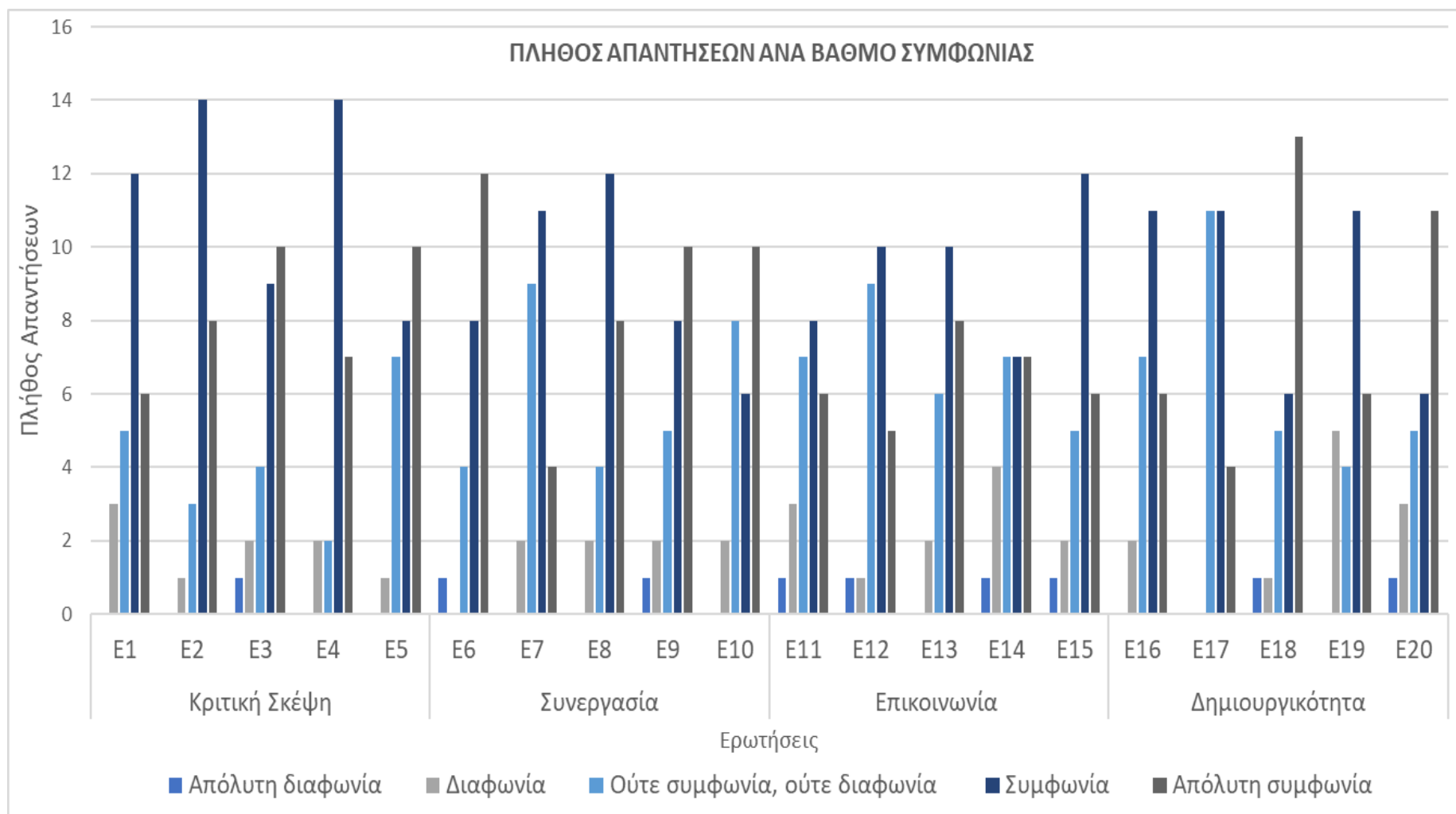
Κωδ. Μαθ.	Ερωτήσεις																			
	Κριτική Σκέψη					Συνεργασία					Επικοινωνία					Δημιουργικότητα				
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20
1A	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
1B	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
1Γ	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5
2A	4	5	4	4	4	1	2	2	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	2
2B	4	4	5	4	4	3	4	5	5	5	5	5	4	3	5	4	4	5	4	5
2Γ	2	4	5	4	3	5	3	4	2	5	5	3	5	5	4	4	3	2	2	2
3A	3	4	4	5	5	5	4	5	4	5	2	4	3	1	5	5	4	3	2	1
3B	3	4	5	4	3	4	3	2	4	3	1	1	3	4	1	3	4	3	5	5
3Γ	3	3	2	-	3	4	3	4	4	4	3	4	3	4	3	3	3	5	5	4
4A	5	5	5	4	5	5	4	4	5	4	4	5	5	5	4	5	3	5	4	5
4B	4	5	3	4	4	5	4	3	4	3	3	4	4	5	5	4	4	3	3	3
4Γ	5	5	5	4	5	5	5	4	4	5	-	3	5	3	4	5	5	5	4	5
5A	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4
5B	2	4	4	2	3	5	3	4	3	3	4	3	2	2	3	4	3	4	3	3
5Γ	2	4	4	2	3	5	4	4	3	3	4	3	2	3	2	4	3	4	2	3
6A	3	2	2	3	2	-	2	3	4	5	3	3	4	3	3	2	3	4	3	4
6B	4	4	3	5	4	3	4	3	2	3	3	3	3	4	3	3	4	4	2	2
7A	4	4	5	5	5	5	4	4	5	4	5	3	3	5	5	3	5	5	4	4
7B	5	4	4	4	3	5	4	4	5	3	3	4	4	2	4	3	5	5	4	5
7Γ	4	5	5	4	5	4	3	4	3	2	3	4	4	5	4	3	4	5	4	4
8A	5	4	4	4	4	4	3	5	1	2	2	2	5	2	2	2	3	5	5	5
8B	4	4	4	4	4	5	4	4	5	5	4	4	4	3	4	4	4	4	4	5
8Γ	4	5	3	5	5	4	5	5	5	4	5	4	4	3	4	4	3	5	5	4
9A	4	5	5	4	5	4	3	5	5	5	5	4	5	4	4	5	4	5	4	5
9B	4	4	5	4	5	4	4	5	5	4	2	3	5	5	4	4	4	5	2	5
9Γ	4	3	1	5	4	3	3	4	3	5	4	5	4	2	4	4	3	1	4	3

0 = Καμία απάντηση, 1 = Διαφωνώ απόλυτα, 2 = Διαφωνώ,
3 = Ούτε συμφωνώ, ούτε διαφωνώ, 4 = Συμφωνώ, 5 = Συμφωνώ απόλυτα

Στη συνέχεια καταμετρήθηκε το πλήθος των μαθητών που δήλωσαν τον εκάστοτε βαθμό συμφωνίας. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 3.13 και αναπαρίστανται στο διάγραμμα 3.19.

Πίνακας 3.13 Καταμέτρηση πλήθους βαθμών συμφωνίας ανά ερώτηση

Βαθμός συμφωνίας	Ερωτήσεις																			
	Κριτική Σκέψη					Συνεργασία					Επικοινωνία					Δημιουργικότητα				
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20
Απόλυτη διαφωνία	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1
Διαφωνία	3	1	2	2	1	0	2	2	2	2	3	1	2	4	2	2	0	1	5	3
Ούτε συμφωνία, ούτε διαφωνία	5	3	4	2	7	4	9	4	5	8	7	9	6	7	5	7	11	5	4	5
Συμφωνία	12	14	9	14	8	8	11	12	8	6	8	10	10	7	12	11	11	6	11	6
Απόλυτη συμφωνία	6	8	10	7	10	12	4	8	10	10	6	5	8	7	6	6	4	13	6	11
Σύνολο	26	26	26	25	26	25	26	26	26	26	25	26	26	26	26	26	26	26	26	26



Διάγραμμα 3.19: Πλήθος απαντήσεων ανά βαθμό συμφωνίας

Σημαντικό εύρημα από την καταγραφή και την αναπαράσταση των δεδομένων αυτού του ερωτηματολογίου είναι η μεγάλη συχνότητα εμφάνισης των απαντήσεων «Συμφωνώ» και «Συμφωνώ Απόλυτα» γεγονός που δηλώνει πως οι μαθητές αποτιμούν ότι διαθέτουν ή αναπτύσσουν τις δεξιότητες 4C με τη συμμετοχή τους στη συγκεκριμένη διδακτική παρέμβαση.

Στο επόμενο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή των διδακτικών σεναρίων στην τάξη με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των δεδομένων. Επίσης, γίνεται συζήτηση σχετικά με τους περιορισμούς της έρευνας και προτείνονται ενέργειες για το μέλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Συμπεράσματα και συζήτηση

4.1 Συμπεράσματα βιβλιογραφικής επισκόπησης

Στο πρώτο κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας έγινε μια προσπάθεια αποσαφήνισης των όρων που σχετίζονται με την εκπαίδευση STEM καθώς και η καταγραφή των χαρακτηριστικών της, του σκοπού και των στόχων της, των παιδαγωγικών θεωριών στις οποίες βασίζεται και των μεθόδων μέσω των οποίων υλοποιείται. Από το σύνολο της ανασκόπησης της διεθνούς και εγχώριας βιβλιογραφίας σχετικά με την εκπαίδευση STEM προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- η εκπαίδευση STEM φαίνεται να είναι το αποτέλεσμα μιας γενικότερης προσπάθειας των αναπτυγμένων κρατών να συμβαδίσουν με την ολοένα αυξανόμενη τεχνολογική πρόοδο,
- σε αντίθεση με τις παλαιότερες προσπάθειες συγκερασμού δύο ή τριών γνωστικών πεδίων που εμπλέκονται στην εκπαίδευση STEM, η σύγχρονη ολοκληρωμένη προσέγγιση STEM αφορά την εγκάρσια διεπιστημονικότητα (transdisciplinary), με βασικό προσανατολισμό την επίλυση πολύπλοκων, πραγματικών προβλημάτων, αξιοποιώντας εργαλεία και μεθοδολογίες από πολλά επιστημονικά πεδία,
- η εκπαίδευση STEM περιέχει στοιχεία από πολλές γνωστικές θεωρίες μάθησης με κυριότερες τη βιωματική μάθηση, τον εποικοδομητισμό και την ανακαλυπτική μάθηση, καθώς συνδυάζει βιωματικές, διερευνητικές, συνεργατικές δραστηριότητες ενώ συνδέεται με τον κονστραξιονισμό και τις κοινωνικοπολιτισμικές θεωρίες μάθησης. Επίσης, μπορεί να υλοποιηθεί μέσω διάφορων μεθόδων διδασκαλίας, όπως το project, η επίλυση προβλήματος, η διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας και μάθησης, η μηχανική σχεδίαση, κ.ά.,
- οι στόχοι της εκπαίδευσης STEM είναι πολλαπλοί και αφορούν αφενός την απόκτηση γνώσεων, δεξιοτήτων και στάσεων και αφετέρου, την τεχνολογική, κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη των κρατών που εισάγουν την εκπαίδευση STEM στα αναλυτικά τους προγράμματα,

- υπάρχει ασάφεια σχετικά με το τι ακριβώς είναι η εκπαίδευση STEM και πώς υλοποιείται αποτελεσματικά στην πράξη. Παρόμοια ασάφεια υπάρχει στην υιοθέτηση απόλυτων κριτηρίων αξιολόγησης της ορθής εφαρμογής της εκπαίδευσης STEM. Φαίνεται πως η έρευνα σε αυτό το πεδίο είναι συνεχώς εξελισσόμενη, δεδομένου ότι είναι σχετικά πρόσφατη η ανάπτυξη σχετικών προγραμμάτων, και
- υπάρχει ελλιπής επιμόρφωση των εκπαιδευτικών που, ενώ συχνά καλούνται ή είναι θετικοί να εφαρμόσουν στοιχεία της εκπαίδευσης STEM στη διδασκαλία τους, δεν έχουν μεγάλη εμπειρία ή έχουν παρανοήσεις σχετικά με την εκπαίδευση STEM, τις μεθόδους και τις δυνατότητές της.

Όσον αφορά τα συμπεράσματα που προέκυψαν κατά τη διάρκεια σχεδιασμού των διδακτικών σεναρίων που χρησιμοποιήθηκαν, αυτά αφορούν κυρίως τις τεχνικές δυσκολίες σχεδιασμού τους αλλά και την ενσωμάτωση των πεδίων STEM. Πιο συγκεκριμένα:

- η εύρεση κατάλληλων δραστηριοτήτων, η διαμόρφωσή τους ώστε να είναι κατανοητές και εφαρμόσιμες αναλόγως τη βαθμίδα εκπαίδευσης και την τάξη, η συγκέντρωση και επεξεργασία των υλικών για τις ιδιοκατασκευές καθώς και η αναζήτηση του κατάλληλου οπτικοακουστικού υλικού είναι μια χρονοβόρα διαδικασία,
- η δημιουργία των φύλλων ασύγχρονης προετοιμασίας και, κυρίως, των φύλλων εργασίας των μαθητών, απαιτεί αρκετά καλή ικανότητα χειρισμού προγράμματος επεξεργασίας κειμένου (Microsoft Word) καθώς και άλλων προγραμμάτων και εφαρμογών (ψηφιακού πίνακα ανακοινώσεων, πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνων, κ.ά.), και
- η ενσωμάτωση στοιχείων STEM στη διερευνητική μέθοδο είναι περίπλοκη διαδικασία, καθώς δεν αρκεί να σχεδιαστούν σενάρια που καθοδηγούν τους μαθητές στο να υλοποιήσουν μια ιδιοκατασκευή αλλά απαιτείται να δημιουργούνται φύλλα εργασίας με στοχευμένες δραστηριότητες που ενισχύουν αυτή την ενσωμάτωση.

4.2 Συμπεράσματα της έρευνας

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων που παρουσιάστηκαν στην ενότητα 3.7. Τα συμπεράσματα εξάγονται αρχικά διακριτά, ανά ερευνητικό ερώτημα, και τέλος συνδυαστικά, παρουσιάζοντας μια γενική αποτίμηση της εφαρμογής των τριών διδακτικών σεναρίων στην πράξη.

4.2.1 Συμπεράσματα σχετικά την κατανόηση του γνωστικού περιεχομένου

Από την επεξεργασία των δεδομένων του ερωτηματολογίου κατανόησης γνωστικού περιεχομένου προέκυψαν χαμηλές τιμές της βαθμολογίας των μαθητών. Οι βαθμολογίες των μαθητών έχουν μέση τιμή 8.2, ενώ μόνο δύο μαθητές λαμβάνουν βαθμολογίες μεταξύ 16 και 20 μονάδων. *πΕΡΙΟΜε* βάση αυτά τα αποτελέσματα, ως προς το πρώτο ερευνητικό ερώτημα εάν *«επιτυγχάνεται η κατανόηση του γνωστικού περιεχομένου των εννοιών που σχετίζονται με τους τρεις νόμους του Νεύτωνα από την εφαρμογή των συγκεκριμένων διδακτικών σεναρίων που ακολουθούν την προσέγγιση STEM»* το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι η κατανόηση του γνωστικού περιεχομένου είναι περιορισμένη στο πλαίσιο της αξιολόγησης γνώσεων με τυπικό έλεγχο γνώσεων. Αυτό, ενδεχομένως, να οφείλεται στο ότι, ενώ οι μαθητές έλαβαν γνώση ότι θα συμπληρώσουν το ερωτηματολόγιο κατανόησης του γνωστικού περιεχομένου που σχετίζεται με τα διδακτικά σενάρια στα οποία συμμετείχαν, κατέστη ξεκάθαρο ότι η απόδοσή τους στο ερωτηματολόγιο δεν θα επηρεάσει τη σχολική βαθμολογία, επομένως δεν προετοιμάστηκαν ανάλογα.

Επιπλέον, παρατηρήθηκε πως ενώ όλοι οι μαθητές απάντησαν στις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, μόνο μόνο τρεις μαθητές απάντησαν στις ερωτήσεις σύντομης ανάπτυξης που αφορούν στη διατύπωση των νόμων του Νεύτωνα, γεγονός που δηλώνει την απουσία θέλησης πλήρους και συνειδητής συμμετοχής στη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου. Τέλος, η χαμηλή βαθμολογική επίδοση των μαθητών ενδεχομένως να οφείλεται στην ίδια την αξιολογική διαδικασία, καθώς οι τυπικοί έλεγχοι γνώσεων με τη μορφή τεστ δεν συνάδουν πλήρως με τη φιλοσοφία της συνεργατικής διερευνητικής μεθόδου και εν γένει της εκπαίδευσης STEM καθώς δεν αξιολογούν επαρκώς το σύνολο των γνώσεων, των δεξιοτήτων και των στάσεων που αυτές οι μέθοδοι προάγουν.

4.2.2 Συμπεράσματα σχετικά με την αποτίμηση της συμμετοχής των μαθητών στα διδακτικά σενάρια

Ως προς το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα, το πώς αποτιμούν οι μαθητές τη συμμετοχή τους στις δραστηριότητες των συγκεκριμένων διδακτικών σεναρίων που ακολουθούν την προσέγγιση STEM, τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα από την καταγραφή των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις EA1 – EA5 (βλ. ενότητα 3.7.2.3, διάγραμμα 3.15) δείχνουν συνολικά μια θετική αποτίμηση συμμετοχής. Οι περισσότεροι μαθητές συμμετείχαν με συγκέντρωση και διάθεση συνεργασίας στις δραστηριότητες του σεναρίου. Αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στην υιοθέτηση της συγκεκριμένης μεθόδου διδασκαλίας, της δομημένης διερεύνησης με στοιχεία της εκπαίδευσης STEM, που είναι μαθητοκεντρική και αναδεικνύει την ομαδοσυνεργατικότητα και την ανταλλαγή απόψεων.

Με βάση τα συνολικά αποτελέσματα από τις δηλώσεις των μαθητών στην ερώτηση σύντομης ανάπτυξης EA6, προκύπτει ότι οι παράγοντες που δυσκόλεψαν τους μαθητές ενδεχομένως να οφείλονται στην έλλειψη εξάσκησης των μαθητών στην υλοποίηση ιδιοκατασκευών ή τη χρήση της ορθής, επιστημονικής ορολογίας για την αιτιολόγηση φαινομένων και στο χαμηλό επίπεδο του μαθητή/-τριας. Σημαντικό εύρημα όσον αφορά τους παράγοντες δυσκολίες φαίνεται να είναι η δήλωση «Οι μετρήσεις με το κινητό», καθώς η χρήση της συγκεκριμένης εφαρμογής, που δεν ήταν οικεία στους μαθητές, προκάλεσε παρανοήσεις και δυσκολία κατανόησης του μετρούμενου μεγέθους. Στην ερώτηση EA7 σχετικά με τις προτιμήσεις των μαθητών, οι δηλώσεις τους αναδεικνύουν το συμπέρασμα πως η διδασκαλία γίνεται πιο ευχάριστη για τους μαθητές όταν περιλαμβάνει οπτικοακουστικό υλικό, πειράματα και κατασκευές. Ακόμη, οι δηλώσεις των μαθητών «Ο αγώνας αυτοκινήτων», αποτελούν μεγάλο μέρος των δηλώσεων των μαθητών ειδικά για το ΔΣ3, καθώς η παιγνιώδης διαδικασία κίνησε το ενδιαφέρον των μαθητών και παρακίνησε κάποιες ομάδες να κάνουν βελτιώσεις στα οχήματά τους ακόμη και μετά το τέλος της δραστηριότητας. Τα παραπάνω συμπεράσματα ενισχύονται και από τα δεδομένα που προέκυψαν σχετικά με το ερώτημα EA8 που αφορά τις προτάσεις των μαθητών, καθώς οι περισσότεροι μαθητές δήλωσαν πως θα ήθελαν περισσότερα πειράματα, περισσότερα βίντεο, περισσότερο χρόνο και την υιοθέτηση παρόμοιων μεθόδων διδασκαλίας.

4.2.3 Συμπεράσματα σχετικά με την ανάπτυξη δεξιοτήτων 4Cs

Το τρίτο ερευνητικό ερώτημα αφορά την ανάπτυξη των δεξιοτήτων της κριτικής σκέψης, της συνεργασίας, της επικοινωνίας και της δημιουργικότητας. Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων από το ερωτηματολόγιο ανάπτυξης δεξιοτήτων 4Cs, δείχνουν πως οι μαθητές αποτιμούν ότι διαθέτουν ή αναπτύσσουν τις δεξιότητες 4Cs με τη συμμετοχή τους στη συγκεκριμένη παρέμβαση. Οι περισσότεροι μαθητές εκφράζουν «Συμφωνία» και «Απόλυτη συμφωνία» σε όλες τις ερωτήσεις σχετικά με την ανάπτυξη κριτικής σκέψης, τη συνεργασία, την επικοινωνία και τη δημιουργικότητα. Αυτά τα αποτελέσματα οδηγούν στο συμπέρασμα πως υπάρχει η τάση να αναδειχθούν ή να αναπτυχθούν δεξιότητες 4Cs με την εφαρμογή των συγκεκριμένων διδακτικών σεναρίων STEM για τη διδασκαλία των νόμων του Νεύτωνα σε αυτό το επίπεδο εκπαίδευσης.

4.2.4 Γενικά συμπεράσματα και αναστοχασμός

Βάσει των αποτελεσμάτων που παρουσιάστηκαν αλλά και του αναστοχασμού επί της διαδικασίας, τα γενικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την έρευνα κατά την αποτίμηση της εφαρμογής των διδακτικών σεναρίων που εφαρμόστηκαν είναι ότι:

- οι μαθητές συμμετείχαν ευχάριστα στη διδακτική παρέμβαση, εκδήλωναν ενθουσιασμό για την ολοκλήρωση μιας κατασκευής ή την ορθή επικοινωνία μιας ορολογίας και πρότειναν να επαναληφθεί η διαδικασία με νέο γνωστικό περιεχόμενο,
- η υλοποίηση της διδακτικής παρέμβασης αντιμετώπισε κάποια ζητήματα, όπως η αναμενόμενη αύξηση διδακτικού θορύβου, η αμέλεια ή αδυναμία μαθητών να συλλέξουν υλικά ή να ολοκληρώσουν αποτελεσματικά μια ιδιοκατασκευή τους σε καθορισμένο χρόνο, ζητήματα που αποτελούν και περιορισμούς της έρευνας και συζητούνται εκτενώς στην επόμενη ενότητα,
- δε δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην υποχρεωτικότητα της συμμετοχής στην παρέμβαση και αυτό, ενδεχομένως, να αποτέλεσε παράγοντα που συνετέλεσε στη χαμηλή απόδοση των μαθητών στο ερωτηματολόγιο κατανόησης του γνωστικού περιεχομένου, και

- φάνηκε ότι οι μαθητές εκδήλωναν ενθουσιασμό και συμμετείχαν ευχάριστα στη διδακτική παρέμβαση κυρίως λόγω της δυνατότητας που τους δόθηκε να βιώσουν μια μαθητοκεντρική διδακτική εμπειρία, να παρακολουθήσουν ή να υλοποιήσουν πειράματα, να εμπλακούν σε hands-on δραστηριότητες, να συνεργαστούν και να ανταλλάξουν απόψεις.

Βάσει αυτής της αποτίμησης της εφαρμογής των διδακτικών σεναρίων, τα ερευνητικά ερωτήματα απαντώνται ως εξής:

EP1: Επιτυγχάνεται η κατανόηση του γνωστικού περιεχομένου των ενοτήτων που σχετίζονται με τους τρεις νόμους του Νεύτωνα από την εφαρμογή των συγκεκριμένων διδακτικών σεναρίων που ακολουθούν την προσέγγιση STEM;

- ✓ Η εφαρμογή των διδακτικών σεναρίων επέφερε χαμηλό βαθμό κατανόησης του γνωστικού περιεχομένου στους περισσότερους μαθητές που συμμετείχαν στην παρέμβαση.

EP2: Πώς αποτιμούν οι μαθητές τη συμμετοχή τους στις δραστηριότητες των συγκεκριμένων διδακτικών σεναρίων που ακολουθούν την προσέγγιση STEM;

- ✓ Οι μαθητές αποτίμησαν θετικά τη συμμετοχή τους στη διδακτική παρέμβαση.

EP3: Πώς αποτιμούν οι μαθητές την επίδραση που είχε η διδασκαλία των συγκεκριμένων ενοτήτων του μαθήματος της Φυσικής Β' Γυμνασίου με τα συγκεκριμένα διδακτικά σενάρια στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων 4Cs του 21ου αιώνα;

- ✓ Οι μαθητές αποτίμησαν πως η συμμετοχή τους στη διδακτική παρέμβαση ανέδειξε ή ανέπτυξε δεξιότητες κριτικής σκέψης, συνεργασίας, επικοινωνίας και δημιουργικότητας.

Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με την προγενέστερη έρευνα (βλ. ενότητα 3.2) στο πεδίο της εφαρμογής δράσεων STEM στην εκπαιδευτική πράξη, κυρίως ως προς την αποτίμηση συμμετοχής και την ανάπτυξη δεξιοτήτων. Ωστόσο, όπως έχει ήδη αναφερθεί, η ποιοτική έρευνα σε μικρό δείγμα δεν αποδίδει γενικεύσιμα αποτελέσματα και αποδείξεις, αλλά τάσεις και ενδείξεις που με περαιτέρω έρευνα μπορούν να μελετηθούν εκτενέστερα.

4.3 Περιορισμοί της έρευνας

Η παρούσα έρευνα είχε στόχο τον σχεδιασμό, την εφαρμογή και την αποτίμηση τριών διδακτικών σεναρίων ενσωμάτωσης της προσέγγισης STEM στη διερευνητική μέθοδο διδασκαλίας και μάθησης για τους τρεις νόμους του Νεύτωνα καθώς και τη διερεύνηση της ανάπτυξης δεξιοτήτων 4Cs ενός μικρού δείγματος μαθητών της Β΄ Γυμνασίου. Κατά τον σχεδιασμό και την εφαρμογή των διδακτικών σεναρίων έγινε έντονα αντιληπτό το γεγονός ότι η διερευνητική μέθοδος είναι χρονοβόρα και απαιτεί καλό σχεδιασμό, οργάνωση και εμπειρία. Παράλληλα, δεν υπάρχει πλήρης συμφωνία των αναλυτικών προγραμμάτων, είτε μεταξύ παλαιού και νέου αναλυτικού προγράμματος του μαθήματος της Φυσικής είτε μεταξύ αναλυτικών προγραμμάτων των μαθημάτων των εμπλεκόμενων στην εκπαίδευση πεδίων STEM. Ειδικά στη Φυσική, το σχολικό έτος 2023 – 2024 αποτελεί μεταβατική περίοδο ως προς την εφαρμογή νέων αναλυτικών προγραμμάτων. Επιπλέον περιορισμός της έρευνας είναι η έλλειψη πιστοποιημένου εκπαιδευτικού υλικού για όλα τα αντικείμενα και τις βαθμίδες εκπαίδευσης. Επίσης, ακόμη και αν σχεδιαστεί κατάλληλο εκπαιδευτικό υλικό, υπάρχει, προς το παρόν, αδυναμία χρήσης ενός κατάλληλου τρόπου αξιολόγησης των εκπαιδευτικών προσεγγίσεων STEM που να μπορεί να αποδώσει άμεσα και έγκυρα αποτελέσματα σχετικά με την ανάπτυξη γνώσεων, δεξιοτήτων και την υιοθέτηση στάσεων.

Ως προς τη διεξαγωγή της έρευνας, μεγάλης βαρύτητας περιορισμό φάνηκε να αποτελεί το γεγονός ότι η ερευνήτρια εκπαιδευτικός δεν είναι μέλος του συλλόγου διδασκόντων του σχολείου στο οποίο διεξήχθη η έρευνα, παρόλο που λήφθηκαν οι σχετικές άδειες υλοποίησης της έρευνας στο συγκεκριμένο σχολείο, το οποίο επιλέχθηκε για λόγους οικονομίας χρόνου μετακίνησης, και υπήρξε άσπογη συνεργασία και υποστήριξη από το διευθυντή της σχολικής μονάδας, τον διδάσκοντα του

μαθήματος και από τον σύλλογο διδασκόντων, Αυτό το γεγονός επηρέασε την έρευνα με πολλούς τρόπους. Αρχικά, αποτέλεσε το λόγο που επιλέχθηκε να υλοποιηθεί μια έρευνα δράσης μικρής κλίμακας σε περιορισμένο δείγμα. Αυτό έχει αποτέλεσμα να μην μπορούν να διερευνηθούν αιτιώδεις σχέσεις και να εξαχθούν γενικεύσιμα αποτελέσματα και συμπεράσματα. Επίσης, δεν ήταν γνωστό σε μεγάλο βαθμό το γνωστικό επίπεδο, ο χαρακτήρας και η προσωπικότητα των μαθητών, ώστε να είναι πιο εύκολα διαχειρίσιμοι ως προς το διδακτικό θόρυβο. Ακόμη, οι μαθητές ενδεχομένως να θεώρησαν ότι, εφόσον δεν τίθεται θέμα σχολικής βαθμολογίας με τη συμμετοχή τους στην έρευνα, δεν χρειάζεται να μελετήσουν ή να δραστηριοποιηθούν και εκτός σχολικής τάξης με αποτέλεσμα τελικά να σημειώσουν συνολικά χαμηλό βαθμό κατανόησης στο ερωτηματολόγιο κατανόησης γνωστικού περιεχομένου. Αυτοί οι περιορισμοί θα μπορούσαν ενδεχομένως να έχουν αντιμετωπιστεί με την επιλογή άλλων ερευνητικών μεθόδων, όπως είναι η οιωδεί πειραματική έρευνα με ομάδα ελέγχου και η χρήση ή ο σχεδιασμός περισσότερων ερευνητικών εργαλείων, όπως οι ρουμπρίκες αξιολόγησης, οι συνεντεύξεις, η παρατήρηση από δεύτερο ερευνητή, τα pre και post – tests, κ.ά.

4.4 Προτάσεις για το μέλλον

Η έρευνα στο πεδίο της εκπαίδευσης STEM είναι σχετικά πρόσφατη ενώ φαίνεται πως θα απασχολήσει για αρκετά χρόνια τους ερευνητές όπως και τους σχεδιαστές αναλυτικών και εκπαιδευτικών προγραμμάτων STEM. Λόγω του αυξανόμενου ενδιαφέροντος στην εκπαίδευση STEM και στα οφέλη που επιφέρει, φαίνεται να είναι απαραίτητη η αναδιαμόρφωση των αναλυτικών προγραμμάτων των εμπλεκόμενων, ή και άλλων πεδίων, σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, ώστε να περιλαμβάνουν στοιχεία της εκπαίδευσης STEM. Η παρούσα έρευνα κινείται σε αυτή την κατεύθυνση καθώς τα διδακτικά σενάρια που σχεδιάστηκαν ενσωματώνουν στοιχεία της εκπαίδευσης STEM στη διερευνητική μέθοδο διδασκαλίας των ΦΕ. Τα αποτελέσματα της έρευνας, αλλά και των σχετικών ερευνών που έχουν ήδη υλοποιηθεί (βλ. ενότητα 3.2 και πίνακα 3.1), έδειξαν πως οι μαθητές συμμετέχουν με μεγάλο ενδιαφέρον και αναπτύσσουν δεξιότητες όταν εμπλέκονται σε πειραματικές δραστηριότητες και ιδιοκατασκευές και έχουν ενεργό ρόλο στη διδακτική πράξη. Σε αυτή την κατεύθυνση, προτείνεται ο σχεδιασμός εκπαιδευτικών προγραμμάτων και

διδασκικών σεναρίων που περιλαμβάνουν πλούσιο οπτικοακουστικό υλικό, πειραματικές δραστηριότητες και ιδιοκατασκευές, στον άξονα της εκπαίδευσης STEM.

Τα συμπεράσματα της συγκεκριμένης έρευνας προφανώς δεν μπορούν να γενικευτούν και να αποτελέσουν απόδειξη ότι τα συγκεκριμένα διδακτικά σενάρια αποτελούν καλή πρακτική για την προώθηση της εκπαίδευσης STEM και την ανάπτυξη γνώσεων, δεξιοτήτων και στάσεων. Γι' αυτό το λόγο προτείνεται η έρευνα να επεκταθεί σε οιονεί πειραματική έρευνα, σε μεγαλύτερο δείγμα και με πολλαπλές εφαρμογές. Επιπλέον, τα συγκεκριμένα διδακτικά σενάρια θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως βάση για τη σχεδίαση ενός μεγαλύτερης διάρκειας project ώστε, βάσει της εμπειρίας που θα αποκτήσουν οι μαθητές από την υλοποίηση των δραστηριοτήτων των σεναρίων, να συνεργαστούν για να επιλύσουν ένα πραγματικό πρόβλημα χρησιμοποιώντας τους τρεις νόμους του Νεύτωνα. Ακόμη, προτείνεται σε μεταγενέστερο χρόνο να αξιολογείται και να αποτιμάται η συμπλήρωση των φύλλων εργασίας που καλούνται να συμπληρώσουν οι μαθητές, καθώς και η γενικότερη συμπεριφορά και στάση τους κατά την εφαρμογή των σεναρίων από δεύτερο ερευνητή/εκπαιδευτικό με τη μέθοδο της παρατήρησης ή τη χρήση ομάδων εστίασης, με ημιδομημένες ή ελεύθερες συνεντεύξεις και συνδυασμό ερευνητικών εργαλείων. Επίσης, κρίνεται ωφέλιμο να διερευνηθεί το κατά πόσο η συμμετοχή σε αυτά ή σε παρόμοια διδακτικά σενάρια αναπτύσσει μεταγνωστικές δεξιότητες σε σχέση με τη διαδικασία της επιστημονικής διερεύνησης και επιτυγχάνει στόχους που σχετίζονται με την ανάπτυξη εγγραμματισμού στα πεδία STEM.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Ξενογλώσση βιβλιογραφία

- Adel El Sayary, A., M., Forawi, S, A, Mansour, N. (2015). STEM Education and Problem-based Learning. In Wegerif, R., Li, L., & C., K. J. (Eds.). *The Routledge International Handbook of Research on Teaching Thinking*, Chapter 29, 357-365. Ανακτήθηκε στις 31/07/2023 από: https://www.researchgate.net/publication/283098935_STEM_education_and_problem-based_learning
- Assay, L., D., Orgill, M. (2010). Analysis of Essential Features of Inquiry Found in Articles Published in *The Science Teacher*, 1998–2007. *Journal of Science Teacher Education*, 21(1), 57-79. Ανακτήθηκε στις 05/08/2023 από: <https://doi.org/10.1007/s10972-009-9152-9>
- Asunda, P., A. (2012). Standards for Technological Literacy and STEM Education Delivery Through Career and Technical Education Programs. *Journal of Technology Education*, 23(2). Ανακτήθηκε στις 07/08/2023 από: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ976765.pdf>
- Baker, J.W. (2000) The Classroom Flip: Using Web Course Management Tools to Become the Guide by the Side. *11th international Conference on College Teaching and Learning*, Jacksonville, Florida Community College. Ανακτήθηκε στις 27/08/2023 από: <https://upcea.edu/wp-content/uploads/2020/09/The-Classroom-Flip-Baker.pdf>
- Barrows, H., S., Tamblyn, R., M. (1980). Problem-based learning: An approach to medical education. *Springer Series on Medical Education*. Springer Publishing Company. New York. Ανακτήθηκε στις 13/07/2023 από: <https://app.nova.edu/toolbox/instructionalproducts/edd8124/fall11/1980-BarrowsTamblyn-PBL.pdf>
- Barrows, H., S. (1996). Problem-based learning in medicine and beyond: a brief overview. In L. Wilkerson, & W. H. Gijsselaers (Eds.). *New directions for teaching and learning*, 68, 3–11. San Francisco: Jossey-Bass Publishers. <https://doi.org/10.1002/tl.37219966804>

- Bell, R. L., Smetana, L., Binns, I. (2005). Simplifying Inquiry Instruction. *The Science Teacher*, 72(7), 30-33. Ανακτήθηκε στις 08/09/2023 από: https://www.researchgate.net/publication/228665515_Simplifying_inquiry_instruction
- Bell, S., Urhahne, D., Schanze, S., Ploetzner, R. (2010). Collaborative Inquiry Learning: Models, Tools, and Challenges. *International Journal of Science Education*, 32(3), 349-377. Ανακτήθηκε στις 05/07/2023 από: https://www.researchgate.net/publication/48666917_Collaborative_Inquiry_Learning_Models_Tools_and_Challenges
- Bell, S. (2010). Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future, *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 83(2), 39-43. <https://doi.org/10.1080/00098650903505415>
- Bruner, J. (1986). *Actual Minds, Possible Worlds*. Harvard University Press. <http://www.jstor.org/stable/j.ctv26070s7>
- Bybee, R., W. (2006). Scientific inquiry and science teaching. In Flick, L., B., & Lederman, N., G. (Eds.). *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education*, 25, 1-14. Dordrecht: Springer Netherlands. Ανακτήθηκε στις 19/07/2023 από: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-1-4020-5814-1.pdf#page=20>
- Bybee, R., W., Taylor, J., A., Gardner, A., Van Scotter, P., Carlson Powell, J., Westbrook, A., Landes, N., Spiegel, S., McGarrigle Stuhlsatz, M., Ellis, A., Resch, B., Thomas, H., Bloom, M., Moran, R., Getty, S., Knapp, N. (2006). The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness. Office of Science Education National Institutes of Health, 1 – 80. Colorado, USA. Ανακτήθηκε στις 19/07/2023 από: https://www.researchgate.net/publication/281412517_The_BSCS_5E_instructional_model_Origins_and_effectiveness
- Bybee, R., W. (2010). What is STEM education? *Science.*, 329 (5995), 996. <https://doi.org/10.1126/science.1194998>
- Bybee, R., W. (2012). The Case for STEM Education. Challenges and Opportunities. National Science Teachers Association, NSTA. 2013. Ανακτήθηκε στις 26/07/2023 από: <https://dokumen.pub/the-case-for-stem-education-challenges-and-opportunities-9781936959259-9781938946929.html>

- Chesky, N., Z., Wolfmeyer, M., R. (2015). Philosophy of STEM Education: A Critical Investigation. In Rud, A., G. (Eds.). *The Cultural and Social Foundations of Education*. Palgrave Pivot, New York. Ανακτήθηκε στις 03/04/2023 από:
<https://link.springer.com/book/10.1057/9781137535467>
- Cohen, L., Manion, L. (1994). *Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας*. Μεταίχμιο, 4^η Εκδ. Αθήνα.
- Daugherty, K., M. (2013). The Prospect of an "A" in STEM Education. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 14(2), 10-15. Ανακτήθηκε στις 20/12/2022 από:
<https://www.jstem.org/jstem/index.php/JSTEM/article/view/1744>
- Department of Education, Ireland. (2017). *STEM Education policy Statement 2017-2026*. Ανακτήθηκε στις 08/08/2023 από: <https://www.gov.ie/en/policy-information/4d40d5-stem-education-policy/#stem-education-policy-statement-2017-2026>
- Dewey, J. (1986). Experience and Education. *The Educational Forum*, 50(3), 241-252.
<https://doi.org/10.1080/00131728609335764>
- Dewey, J. (1938). Experience and Education. New York: Macmillan, 1959 (copyright, 1938, by Kappa Delta Pi). Preface, pp. v-vii; Chapter 1, 1-11; Chapter 2, 12-22 & Chapter 8, 113 – 116. Ανακτήθηκε στις 15/07/2023 από:
<https://doi.org/10.1080/00131728609335764>
- Economu, V. (2023). Η Τεχνολογία στην Εκπαίδευση. Ιστότοπος:
<https://economu.wordpress.com/>
- Euefueno, W., D. (2019). Project-/Problem-Based Learning in STEM: Impacts on Student Learning. *Technology & Engineering Teacher*, 78(8), 8-12. Ανακτήθηκε στις 28/07/2023 από:
https://digitalcommons.odu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1084&context=stemps_fac_pubs
- European Commission, Directorate-General for Education, Youth, Sport and Culture, (2016). Does the EU need more STEM graduates? Directorate-General for Education and Culture. Final report, Publications Office. Luxembourg.
<https://data.europa.eu/doi/10.2766/000444>
- Erdogan, N., Stuessy, C., L. (2015). Modeling Successful STEM High Schools in the United States: An Ecology Framework. *International Journal of Education in*

- Mathematics, Science, and Technology*, 3(1), 77-92. Ανακτήθηκε στις 10/08/2023 από: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1059051.pdf>
- Friesen, S. (2013). Inquiry-Based Learning: A Review of the Research Literature. Alberta Ministry of Education. Canada. Ανακτήθηκε στις 18/07/2023 από: <https://galileo.org/focus-on-inquiry-lit-review.pdf>
- Gardner, M., Tillotson, J., W. (2019). Interpreting Integrated STEM: Sustaining Pedagogical Innovation Within a Public Middle School Context. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17, 1283-1300. Ανακτήθηκε στις 13/07/2023 από: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10763-018-9927-6>
- Ghanbari, S. (2015). Learning Across Disciplines: A Collective Case Study of Two University Programs That Integrate the Arts With STEM. In Barrett, T., Ruthman, S., A., Anttila, E., Haseman, B. (Eds.). *International Journal of Education & the Arts*, 16(7). Ανακτήθηκε στις 30/07/2023 από: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1069829>
- Gonzales, H., B., Kuenzi, J., J. (2012). Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer. CRS Report for Congress, 1-15. Ανακτήθηκε στις 21/12/2022 από: <http://www.stemedcoalition.org/wp-content/uploads/2010/05/STEM-Education-Primer.pdf>
- Hmelo-Silver, C., E. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235-266. Ανακτήθηκε στις 18/05/2013 από: <https://link.springer.com/article/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Hulobova, R. (2008). Effective Teaching Methods – Project-based Learning in Physics. *US-Chine Education Review*, 5(12), 27-36. USA. Ανακτήθηκε στις 28/05/2023 από <https://eric.ed.gov/?id=ED504949>
- Firman, H., Rustaman, N., Y., Suwama, I., R. (2015). The Development of Technology and Engineering Literacy Through STEM-Based Education. International Conference on Innovation in Engineering and Vocational Education, ICIEVE. Published 2016. Atlantis Press. Ανακτήθηκε στις 13/07/2023 από: <https://www.atlantis-press.com/proceedings/icieve-15/25851282>
- International Technology Education Association, ITEA (2007). Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology, 3rd edition. National Science Foundation. Ανακτήθηκε στις 06/08/2023 από:

<https://www.mrsd.org/site/handlers/filedownload.ashx?FileName=STL.pdf&dataid=149&moduleinstanceid=29>

- International Technology and Engineering Educators Association, ITEEA, Council of Technology and Engineering Teacher Education, CTETE (2020). Standards for Technological and Engineering Literacy: The Role of Technology and Engineering in STEM Education. Technical Foundation of America. Ανακτήθηκε στις 07/08/2023 από: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ976765.pdf>
- Kastriti, E., Kalogiannakis, M., Psycharis, S., & Vavougiou, D. (2022). The teaching of Natural Sciences in kindergarten based on the principles of STEM and STEAM approach. *Advances in Mobile Learning Education*, 2(1), 268-277. <https://doi.org/10.25082/AMLER.2022.01.011>
- Kelley, T., R., Knowles, J., G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(11). Ανακτήθηκε στις 30/07/2023 από: <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kennedy, T., J., Odell, M., R., L. (2014). Engaging Students in STEM Education. *Science Education International*, 25(3), 246-258. Ανακτήθηκε στις 21/07/2023 από: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1044508.pdf>
- Kilpatrick, H., W. (1918). The Project Method & The Use of Purposeful Act in the Educative Process. Teachers College Record, 15(4), prepared by Gillard, D., uploaded at Education in England – the history of our schools. Ανακτήθηκε στις 18/07/2023 από: <http://www.educationengland.org.uk/documents/kilpatrick1918/index.html>
- Knoll, M. (2014). Project Method. In Phillips, C., D. (Ed.). *Encyclopedia of Educational Theory and Philosophy*. 665-669. Thousand Oaks, CA. Ανακτήθηκε στις 10/07/2023 από: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ976765.pdf>
- Koral Kordova, S., Frank, M., Nissel Miller, A. (2018). Systems Thinking Education – Seeing the Forest through the Trees. *Systems*, 6(3), 29. <https://doi.org/10.3390/systems6030029>
- Korbel, P. (2016). *Measuring STEM in Vocational Education and Training*. National Centre for Vocational Education Research, NCVER. Adelaide, Australia. Ανακτήθηκε στις 13/07/2023 από: <https://www.ncver.edu.au/research-and-statistics/publications/all-publications/measuring-stem-in-vocational-education-and-training>

- Kolb, D., A. (1984). *Experiential Learning: Experience as The Source of Learning and Development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. Ανακτήθηκε στις 18/06/2023 από:
https://www.researchgate.net/publication/235701029_Experiential_Learning_Experience_As_The_Source_Of_Learning_And_Development
- Kolb, A., D., Kolb, D., A. (2005). *The Kolb Learning Style Inventory - Version 3.1 2005, Technical Specifications*. Ανακτήθηκε στις 24/07/2023 από:
https://www.researchgate.net/publication/241157771_The_Kolb_Learning_Style_Inventory-Version_31_2005_Technical_Specifications
- Kotsifakos, D., Kostis, B., Douligeris, C. (2017). Science, technology, engineering and mathematics (STEM) for vocational education in Greece. *Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 1831-1836. IEEE. Athens, Greece. Ανακτήθηκε στις 13/07/2023 από:
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7943099>
- Kousloglou, M., Petridou, E., Molohidis, A., Hatzikraniotis, E. (2023). Assessing Students' Awareness of 4Cs Skills after Mobile-Technology-Supported Inquiry-Based Learning. *Sustainability*. 15(8), 67 – 25. Ανακτήθηκε στις 24/08/2023 από:
<https://www.mdpi.com/2071-1050/15/8/6725>
- Krajcik, J., & Blumenfeld, P. (2006). Project-Based Learning. In R. Sawyer (Ed.). *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences - Cambridge Handbooks in Psychology*, 317-334. Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511816833.020>
- Lewis, H., L., Williams, C., J. (1994). *Experiential Learning: Past and Present*. *New Directions for Adult and Continuing Education*, 62, 5-16.
<https://doi.org/10.1002/ace.36719946203>
- Liu, C., Zowghi, D., Kearney, M., Bano, M. (2021). Inquiry-based mobile learning in secondary school science education: A systematic review. *Journal of Computer Assisting Learning*. 37, 1–23. Ανακτήθηκε στις 07/09/2023 από:
https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/jcal.12505?saml_referrer
- Lodi, M., Martini, S. (2021). Computational Thinking, Between Papert and Wing. *Science & Education*, 30, 883–908. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00202-5>
- Long, N., T., Yen, N., T., H., Van Hanh, N. (2020). The Role of Experiential Learning and Engineering Design Process in K-12 STEM Education. *International Journal*

- of Education and Practice*. 8(4), 720-732. Ανακτήθηκε στις 26/07/2023 από:
<https://eric.ed.gov/?id=EJ1279171>
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F., J., Vílchez-González, J., M. (2019). What Are We Talking About When We Talk About STEM Education? A Review of the Literature. *Science Education*, 103(4), 799-822. Ανακτήθηκε στις 21/07/2023 από: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sce.21522>
- Μάντζιος, Χ. (2021). Εκπαίδευση STEM Μέσω Επίλυσης Προβλήματος (PBL): Το Διοξείδιο του Άνθρακα (CO₂) σε Κλειστούς Χώρους. Διδακτική Πρόταση Ανάπτυξης Ανιχνευτή CO₂ με Χρήση Arduino [Διπλωματική Εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο]. Ανακτήθηκε 10/07/2023 από:
<https://apothesis.eap.gr/archive/item/74416?lang=el>
- McCarthy, M. (2010). Experiential Learning Theory: From Theory to Practice. *Journal of Business & Economics Research*, 8(5), 131-140. Ανακτήθηκε στις 14/07/2023 από: <https://clutejournals.com/index.php/JBER/article/view/9749>
- McComas, W., F. (2014). STEM: Science, Technology, Engineering, and Mathematics. In: McComas, W.F. (Eds.). *The Language of Science Education*. SensePublishers, Rotterdam. https://doi.org/10.1007/978-94-6209-497-0_92
- McDonald, C., V. (2016). STEM Education: A Review of The Contribution of The Disciplines of Science, Technology, Engineering and Mathematics. *Science Education International*, 27(4), 530-569. Ανακτήθηκε στις 16/07/2023 από:
<https://eric.ed.gov/?id=EJ1131146>
- McLure, F., Tang, K., Williams, P., J. (2022). What do Integrated STEM Projects Look Like in Middle School and High School Classrooms? A Systematic Literature Review of EMPIRICAL Studies of iSTEM Projects. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 1-15. Ανακτήθηκε στις 13/07/2023 από:
<https://stemeducationjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40594-022-00390-8>
- Miettinen, R. (2010). The Concept of Experiential Learning and John Dewey's Theory of Reflective Thought and Action. *International Journal of Lifelong Education*, 19(1), 54-72. Ανακτήθηκε στις 14/07/2023 από:
<https://doi.org/10.1080/026013700293458>
- Mills. J., E., Treagust, F., D. (2003). Engineering Education, Is Problem-Based or Project-Based Learning the Answer? *Australasian Journal of Engineering Education*. In Scott, N., Hadgraft, R., Ilic, V. (Eds.). *The Australasian*

Association for Engineering Education Inc. Australia. Ανακτήθηκε στις 18/07/2023 από:

https://www.researchgate.net/publication/246069451_Engineering_Education_Is_Problem-Based_or_Project-Based_Learning_the_Answer

Morrison, J. (2006). TIES STEM education monograph series, Attributes of STEM education. Baltimore, MD: TIES. Ανακτήθηκε στις 27/08/2023 από: http://www.leadingpbl.org/f/Jans%20pdf%20Attributes_of_STEM_Education-1.pdf

Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. *Engineering in Pre-College Settings: Synthesizing Research, Policy, and Practices*, 35-60. Purdue University Press. Ανακτήθηκε στις 24/07/2023 από: https://www.researchgate.net/publication/273458545_Implementation_and_integration_of_engineering_in_K-12_STEM_education

National Governors Association, NGA. (2007). *Innovation America: Building a Science, Technology, Engineering and Math Agenda*. Washington, D.C.: National Governors Association Center for Best Practices. Ανακτήθηκε στις 22/07/2023 από: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED496324.pdf>

National Research Council, NRC. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. National Research Council, Center for Science, Mathematics, and Engineering Education, Committee on Development of an Addendum to the National Science Education Standards on Scientific Inquiry. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9596>

National Research Council, NRC. (2000). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School: Expanded Edition*. Bransford, J., D., Brown, A., L., & Cocking, R., R. (Eds.). Committee on Developments in the Science of Learning. Washington, DC: The National Academies Press. Ανακτήθηκε στις 24/07/2023 από: <http://nap.edu/9853>

National Research Council, NRC (2011). *Assessing 21st Century Skills: Summary of a Workshop*. Anderson Koenig J., Rapporteur. Division of Behavioral and Social Sciences and Education, Board on Testing and Assessment, Committee on the Assessment of 21st Century Skills. Washington, DC: The National Academies Press. Ανακτήθηκε στις 22/07/2023 από:

<http://elibrary.pcu.edu.ph:9000/digi/NA02/2011/13215.pdf>

National Research Council, NRC. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. Washington, DC: The National Academies Press. Ανακτήθηκε στις 12/09/2023 από:

<https://nap.nationalacademies.org/catalog/9596/inquiry-and-the-national-science-education-standards-a-guide-for>

National Research Council, NRC. (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics*. Board on Science Education and Board on Testing and Assessment. Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press. Ανακτήθηκε στις 22/07/2023 από:

<https://www.ltrr.arizona.edu/webhome/sheppard/TUSD/NRC2011.pdf>

National Research Council, NRC. (2011). *Successful STEM Education: A Workshop Summary*. Beatty, A., Rapporteur. Committee on Highly Successful Schools or Programs for K-12 STEM Education, Board on Science Education and Board on Testing and Assessment. Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press. Ανακτήθηκε 24/07/2023 από: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/13230/successful-stem-education-a-workshop-summary>

National Research Council, NRC. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education). Washington, DC: The National Academies Press. Ανακτήθηκε στις 22/07/2023 από: <https://nap.nationalacademies.org/download/13165#>

National Research Council, NRC. (2014). *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. Honey, M., Pearson, G., Schweingruber, H. (Eds.). Committee on Integrated STEM Education, National Academy of Engineering, National Research Council. The National Academies Press. Washington, DC. <https://doi.org/10.17226/18612>

National Science and Technology Council, NSTC. (2018). *Charting a Course for Success: America's Strategy for STEM Education*. Committee on STEM Education, White House, Office of Science and Technology Policy (OSTP). Washington DC. Ανακτήθηκε στις 13/07/2023 από:

<https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/05/f62/STEM-Education-Strategic-Plan-2018.pdf>

Papert, S. (1980). *MINDSTORMS, Children, Computers, and Powerful Ideas*. Basic Books, Inc. Publishers. New York. Ανακτήθηκε στις 21/07/2023 από:

<http://worrydream.com/refs/Papert%20-%20Mindstorms%201st%20ed.pdf>

Papert S., Harel, I. (1990). Situating constructionism. In: Harel (Ed.). *Constructionist learning*. Cambridge, MA: MIT Media Laboratory. Ανακτήθηκε στις 18/07/2023 από:

https://web.media.mit.edu/~calla/web_comunidad/Reading-En/situating_constructionism.pdf

Partnership for 21st Century Skills [P21]. (2009). *P21 framework definitions*. Ανακτήθηκε στις 16/10/2023 από: <http://www.battelleforkids.org/networks/p21>.

Perrenet, J., C., Bouhuijs, P., A., J., Smits, J., G., M., M. (2000). The Suitability of Problem-based Learning for Engineering Education: Theory and practice, *Teaching in Higher Education*, 5(3), 345-358. Ανακτήθηκε στις 31/07/2023 από: <https://doi.org/10.1080/713699144>

Pedaste, M., Maeots, M., Siiman, A., L. de Jong, T., van Riesen, A., N., S., Kamp, T., E., Manoli, C., C., Zacharia., C., Z., Tsourlidaki, E. (2015). Phases of Inquiry-Based Learning: Definitions and the Inquiry Cycle. *Educational Research Review*, 14, 47 – 61. <http://dx.doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>

Partnership for 21st Century Skills, P21. (2016). Partnership for 21st Century Skills – Core Content Integration. Ανακτήθηκε στις 16/10/2023 από: https://www.marietta.edu/sites/default/files/documents/21st_century_skills_standards_book_2.pdf

Partnership for 21st Century Skills, P21. (2019). Framework for 21st Century Learning. Ανακτήθηκε στις 21/20/2023 από: https://static.battelleforkids.org/documents/p21/P21_Framework_Brief.pdf

Pisa, (2018). Insights and interpretations. Andreas Schleicher. Ανακτήθηκε στις 06/08/2023 από: <https://www.oecd.org/pisa/publications/pisa-2018-results.htm>

Psycharis, S. (2016). The Impact of Computational Experiment and Formative Assessment in Inquiry-Based Teaching and Learning Approach in STEM Education. *Journal of Science Education Technology*, 25(3). 316-326. Ανακτήθηκε στις 23/07/2023 από: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10956-015-9595-z>

- Psycharis, S. (2018). STEAM in Education: A Literature Review on the Role of Computational Thinking, Engineering Epistemology and Computational Science. Computational STEAM Pedagogy (CSP). *Scientific Culture*, 4(2), 51-72. Ανακτήθηκε στις 19/07/2023 από: https://www.sci-cult.com/wp-content/uploads/2020/06/4_2_5_Psycharis.pdf
- Psycharis, S., Kalovrektis, K., & Xenakis, A. (2020). A Conceptual Framework for Computational Pedagogy in STEAM education: Determinants and perspectives. *Hellenic Journal of STEM Education*, 1(1), 17–32. Ανακτήθηκε στις 10/08/2023 από: <https://doi.org/10.51724/hjstemed.v1i1.4>
- Ramaley, J., A., Olds, B., M., Earle, J. (2005). Becoming a Learning Organization: New Directions in Science Education Research at the National Science Foundation. *Journal of Science Education and Technology*, 14(2), 173-189. doi: [10.1007/s10956-005-4420-8](https://doi.org/10.1007/s10956-005-4420-8)
- Ramaley, J., A. (2009). The National Perspective: Fostering the Enhancement of STEM Undergraduate Education. *New Directions for Teaching and Learning*, 2009(117), 69-81. <http://dx.doi.org/10.1002/tl.345>
- Roehrig, G. H., Dare, E. A., Ellis, J. A., & Ring-Whalen, E. (2021). Beyond the basics: a detailed conceptual framework of integrated STEM. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*. Ανακτήθηκε στις 25/08/2023 από: <https://doi.org/10.1186/s43031-021-00041-y>
- Sahin, A. (2013). STEM Project-Based Learning. In: Capraro, R., M., Capraro, M., M., Morgan, J., R. (Eds.). *STEM Project-Based Learning*. SensePublishers, Rotterdam. Ανακτήθηκε στις 31/10/2023 από: https://doi.org/10.1007/978-94-6209-143-6_7
- Sanders, M., E. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26. Ανακτήθηκε στις 23/07/2023 από: <https://www.teachmeteamwork.com/files/sanders.istem.ed.ttt.istem.ed.def.pdf>
- Sanders, M., E. (2012). Integrative Stem Education as Best Practice. In Middleton, H. (Ed.), *Explorations of Best Practice in Technology, Design, & Engineering Education*, 2, 103-117. 7th Biennial International Technology Education Research Conference, Queensland, Australia. Griffith Institute for Educational Research, Queensland, Australia. Ανακτήθηκε στις 23/07/2023 από:

<https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/51563/SandersiSTEMEdBestPractice.pdf>

Schmidt, H., G., Rotgans, J. I., & Yew, E. H. (2011). The process of problem-based learning: what works and why. *Medical education*, 45(8), 792–806.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2011.04035.x>

Schunk, D., H. (2012). *Learning Theories. An Educational Perspective*. 6th Edition. Ανακτήθηκε στις 10/08/2023 από:

<https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id=53ad2847cf57d75c068b45c5&assetKey=AS%3A273549456019456%401442230680395>

Shapiro, H., Østergaard, S., F., Hougaard, K., F. (2015). *Does Europe Need More STEM Graduates?*. Danish Technological Institute. European Commission, Directorate-General for Education and Culture. Publications Office of The European Union. Luxemburg. Ανακτήθηκε στις 21/07/2023 από:

<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/60500ed6-cbd5-11e5-a4b5-01aa75ed71a1>

Siekman, G., Korbel, P. (2016). *Defining 'STEM' skills: review and synthesis of the literature*, Support Document 1, National Centre for Vocational Education Research, NCVET. Adelaide, Australia. Ανακτήθηκε στις 21/08/2023 από:

<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED570655.pdf>

Smith, K., Maynard, N., Berry, A., Stephenson, T., Spiteri, T., Corrigan, D., Mansfield, J., Ellerton, P., Smith, T. (2022). Principles of Problem-Based Learning (PBL) in STEM Education: Using Expert Wisdom and Research to Frame Educational Practice. *Education Sciences*, 12(10), 728-748. Ανακτήθηκε στις 31/07/2023 από:

<https://www.mdpi.com/2227-7102/12/10/728>

Stohlmann, M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for Teaching Integrated STEM Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 2(1), Article 4. Ανακτήθηκε στις 27/08/2023 από:

<https://doi.org/10.5703/1288284314653>

Stroud, A., Baines, L. (2019). Inquiry, Investigative Processes, Art, and Writing in STEAM. In Khine, M., S., Areepattamannil, S. (Eds.). *STEAM Education Theory and Practice*. Chapter 1, 1-18. Springer Nature, Switzerland AG. Ανακτήθηκε στις 10/07/2023 από:

https://www.researchgate.net/publication/327836192_STEAM_education_Theory_and_practice

- Suchman, J., R. (1962). Creative Thinking and Conceptual Growth. *Gifted Child Quarterly*, 6(3), 95–99. Ανακτήθηκε στη 01/08/2023 από: <https://doi.org/10.1177/001698626200600309>
- Tenney, K., Stringer, B., P., LaTona-Tecida, T., White, I. (2023). Conceptualizations and Limitations of STEM Literacy across Learning Theories. *Journal of Microbiology & Biology Education*. Special Series: Scientific Literacy. Ανακτήθηκε 29/07/2023 από: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/jmbe.00168-22>
- Ubben, G. (2019). Using Project-Based Learning to Teach STEAM. In Stewart, A., J., Mueller, M., P., Tippins, D., J. (Eds.). *Converting STEM Into STEAM Programs. Methods and Examples from and for Education*, 67-84. Environmental Discourses in Science Education. Springer Nature, Switzerland, AG. Ανακτήθηκε στις 10/07/2023 από: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-25101-7>
- Ubben, G. (2019). How to Structure Project-Based Learning to Meet STEAM Objectives. In Stewart, A., J., Mueller, M., P., Tippins, D., J. (Eds.) *Converting STEM Into STEAM Programs. Methods and Examples from and for Education*, 85-100. Environmental Discourses in Science Education. Springer Nature, Switzerland, AG. Ανακτήθηκε στις 10/07/2023 από: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-25101-7>
- 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* (J-PEER), 1(2). Ανακτήθηκε στις 23/08/2023 από: <https://docs.lib.purdue.edu/jpeer/vol1/iss2/2/>
- Watson, A., D., Watson, G., H. (2013). Bonus Article: Transitioning STEM to STEAM: Reformation of Engineering Education. *Journal for Quality and Participation*, 36. Ανακτήθηκε στις 21/07/2013 από: https://www.academia.edu/8766909/Transitioning_STEM_to_STEAM_Reformation_of_Engineering_Education
- Wing, J., M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Wells, J., G. (2019). STEM education: The potential of technology education. In Daugherty, K., M., & Carter, V. (Eds.). *The Mississippi Valley Conference in the 21st Century: Fifteen Years of Influence on Thought and Practice, 62th Yearbook*.

Council on Technology and Engineering Teacher Education. Ανακτήθηκε στις 24/07/2023 από:

<https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/93963>

Xu, S., Yang, H., Zhu, S. (2018). Visualizing and Understanding the Hotspots and Trends of Mobile Learning. *International Symposium on Educational Technology*, 255 – 260, ISET 2018. Ανακτήθηκε στις 08/09/2023 από: https://www.researchgate.net/publication/327479261_Visualizing_and_Understanding_the_Hotspots_and_Trends_of_Mobile_Learning

Vasquez, J., A. (2013). STEM Lesson Essentials, Grades 3-8: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics. Heinemann. Portsmouth, NH. Ανακτήθηκε στις 24/07/2023 από: <https://www.ascd.org/el/articles/stem-beyond-the-acronym>

Vasquez, J., A. (2015). STEM-Beyond the Acronym. *Educational Leadership*, 72(4), 10-15. Ανακτήθηκε στις 16/07/2023 από: <https://www.ascd.org/el/articles/stem-beyond-the-acronym>

Yakman, G. (2008). STEAM education: An overview of creating a model of integrative education. Ανακτήθηκε στις 26/07/2023 από: https://www.researchgate.net/publication/327351326_STEAM_Education_an_overview_of_creating_a_model_of_integrative_education

Yakman, G., & Hyonyong, L. (2012). Exploring the Exemplary STEAM Education in the U.S. as a Practical Educational Framework for Korea, 32(6), 1072–1086. <https://doi.org/10.14697/jkase.2012.32.6.1072>

Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία

Αντωνόπουλος, Π. (2019). Ανάπτυξη και Αξιολόγηση Εκπαιδευτικού Υλικού με τη Διδακτική Προσέγγιση Φυσικές Επιστήμες, Τεχνολογία, Μηχανική και Μαθηματικά (STEM) για Μετεωρολογικό Σταθμό [Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Αιγαίου]. HeLLANICUS. Ανακτήθηκε στις 12/07/2023 από: <https://hellanicus.lib.aegean.gr/handle/11610/18835>

Αγγελής, Κ., Α., Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2005). Γενικό Σχήμα Project. Περιφερειακές Επιμορφώσεις Εκπαιδευτικών Πρόσθετων Γνωστικών

Αντικειμένων των Ολοήμερων Σχολείων. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Πιλοτικό Ολοήμερο Σχολείο. Ανακτήθηκε στις 02/07/2023 από [:http://www.pi-schools.gr/download/programs/Oloimero/oloimero_03_05/eishghseis_hmer_05/GenikoSxima.pdf](http://www.pi-schools.gr/download/programs/Oloimero/oloimero_03_05/eishghseis_hmer_05/GenikoSxima.pdf)

Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., Παπασιμίπα, Λ. (2015). *Φυσική Β' Γυμνασίου*. Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων, ΙΤΥΕ, «Διόφαντος». Αθήνα.

Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., Παπασιμίπα, Λ. (2019). *Φυσική Β' Γυμνασίου, Εργαστηριακός Οδηγός*. Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων, ΙΤΥΕ, «Διόφαντος». Αθήνα.

Γκιώνη, Ι., Παπακωνσταντής, Κ. (2021). Ανάπτυξη και εφαρμογή stem projects για την κατανόηση εννοιών φυσικής και μηχανικής στο πλαίσιο των απλών μηχανών [Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών]. Νημερτής. Ανακτήθηκε στις 12/07/2023 από:

<https://nemertes.library.upatras.gr/items/d8bb8fce-ac6a-4b79-a236-1b755e655136>

Εμμανουηλίδης, Γ. (2021). Ανασκόπηση Προσεγγίσεων και Πρακτικών Διεπιστημονικότητας στο ρεύμα STEM σε Ελληνική Βιβλιογραφία [Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Αιγαίου].HeLLANICUS. Ανακτήθηκε στις 29/09/2023 από <https://hellenicus.lib.aegean.gr/handle/11610/23621>

Ζαχαράκης, Κ. (2021). Σχεδιασμός ενός Διδακτικού Σεναρίου, Εστιασμένο στη Σχεδίαση και Ανάπτυξη ενός Ρομπότ με Τροχούς Mecanum, με Χρήση της Εκπαίδευσης STEM, για Μαθητές της Γ' Λυκείου [Διπλωματική Εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο]. Ανακτήθηκε στις 29/09/2023 από: <https://apothesis.eap.gr/archive/item/147514>

Ινστιτούτο Τεχνολογίας, Υπολογιστών & Εκδόσεων, ΙΤΥΕ, 'Διόφαντος' (2019). Προχωρημένη Επιμόρφωση για την Αξιοποίηση και Εφαρμογή των Τ.Π.Ε. στη Διδακτική Πράξη (Επιμόρφωση Β' Επιπέδου ΤΠΕ). Συστάδα Β2.10 Εκπαιδευτικοί Μηχανικοί. Βασικό Υλικό Μελέτης (Πακέτο 7) STEM, Μέθοδος Project & Εκπαιδευτική Ρομποτική.

Ίσαρη, Φ., Πουρκός, Μ. (2015). Ποιοτική μεθοδολογία έρευνας [Undergraduate textbook]. Κάλλιπος, Ανοιχτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. Ανακτήθηκε στις 29/10/2023 από: <https://hdl.handle.net/11419/5826>

- Ιωσηφίδης, Θ. (2008). *Ποιοτικές Μέθοδοι Έρευνας στις Κοινωνικές Επιστήμες*. Εκδόσεις Κριτική ΑΕ, Αθήνα.
- Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, ΙΕΠ. (2015). Ανάπτυξη μεθοδολογίας και ψηφιακών διδακτικών σεναρίων για τα γνωστικά αντικείμενα της Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Γενικής και Επαγγελματικής Εκπαίδευσης, ΙΕΠ, Αθήνα. Ανακτήθηκε στις 20/07/2023 από:
https://aesop.iep.edu.gr/sites/default/files/fysiki_02.pdf
- Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, ΙΕΠ. (2003). Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών Φυσικής και Χημείας.
http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf
- Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, ΙΕΠ. (2019). Οδηγός για την Περιγραφική Αξιολόγηση στο Γυμνάσιο, Τεύχος Α' Κριτήρια Περιγραφικής Αξιολόγησης. Νέο Αναμορφωμένο Πλαίσιο, Αθήνα. Ανακτήθηκε στις 07/09/2023 από:
<http://iep.edu.gr/el/deltia-typou-genika/odigos-ekpaideftikoy-gia-tin-perigrafiki-aksiologisi-sto-gymnasio>
- Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, ΙΕΠ. (2019). Οδηγός για την Περιγραφική Αξιολόγηση στο Γυμνάσιο, Τεύχος Β' Κριτήρια Περιγραφικής Αξιολόγησης. Νέο Αναμορφωμένο Πλαίσιο, Αθήνα. Ανακτήθηκε στις 07/09/2023 από:
<http://iep.edu.gr/el/deltia-typou-genika/odigos-ekpaideftikoy-gia-tin-perigrafiki-aksiologisi-sto-gymnasio>
- Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, ΙΕΠ. (2021). Πρόγραμμα Σπουδών για το Μάθημα της Τεχνολογίας στις Α', Β' και Γ' Τάξεις Γυμνασίου. Προγράμματα Σπουδών, ΙΕΠ, Αθήνα. Ανακτήθηκε στις 08/09/2023 από:
<http://iep.edu.gr/el/nea-ps-provoli>
- Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, ΙΕΠ. (2022). Πρόγραμμα Σπουδών για το Μάθημα της Φυσικής στις Α', Β' και Γ' Τάξεις Γυμνασίου. Προγράμματα Σπουδών, ΙΕΠ, Αθήνα. Ανακτήθηκε στις 28/08/2023 από:
<http://iep.edu.gr/el/nea-ps-provoli>
- Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, ΙΕΠ. (2022). Οδηγίες Διδασκαλίας Φυσικής Γυμνασίου Για το Σχολικό Έτος 2022 – 2023. ΙΕΠ, Αθήνα. Ανακτήθηκε στις 28/08/2023 από:
https://dide-new.flo.sch.gr/wp-content/uploads/2022/09/2022_109637_%CE%942_%CE%9F%CE%94%CE%

[97%CE%93%CE%99%CE%95%CE%A3%CE%A6%CE%A5%CE%A3%CE%99%CE%9A%CE%97%CE%93%CE%A5%CE%9C%CE%9D%CE%91%CE%A3%CE%99%CE%9F%CE%A5.pdf](https://www.apothesis.eap.gr/archive/item/154595)

- Καλέμης, Γ. (2020). Μελέτη της Επίδρασης των Παρεμβάσεων Δράσεων STEM στις Στάσεις των Μαθητών του Γυμνασίου στα Μαθήματα και τα Επαγγέλματα του STEM [Διπλωματική Εργασία, Ελληνικό Ανοιχτό Πανεπιστήμιο]. Ανακτήθηκε στις 10/07/2023 από: <https://www.apothesis.eap.gr/archive/item/154595>
- Καλοβρέκτης, Κ., Ψυχάρης, Σ. (2023). Dr STEM – Unplugged STE(A)M: Οι Τρεις (3) Νόμοι του Σερ Ισαάκ Νεύτωνα. Ελληνοεκδοτική, Αθήνα.
- Καριώτογλου, Π. (2006). Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών. Εκδόσεις Γράφημα. Θεσσαλονίκη.
- Κεραμίδα, Μ. (2020). Ανάπτυξη και Κατασκευή Βολτομέτρου και Αμπερομέτρου από Μαθητές ΕΠΑΛ [Διπλωματική Εργασία, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών & Πανεπιστήμιο Πατρών]. Νημερτής. Ανακτήθηκε στις 12/07/2023 από: <https://nemertes.library.upatras.gr/items/085ee57e-3807-46fb-b21f-9b447a05fe99>
- Κόκκινος, Θ., Μόκα, Α., Ξενάκης, Α., Παπαστεργίου, Γ. (2018). Σχεδιασμός, Υλοποίηση και Εφαρμογή Διδακτικών Δραστηριοτήτων Μαθηματικών και Φυσικής στο Γυμνάσιο με Χρήση Ρομποτικής και Διδακτικές STEM. 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Scientix, 3 – 4 Σεπτεμβρίου, Ε.Μ.Π. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Ανακτήθηκε στις 13/07/2023 από: https://www.researchgate.net/publication/327559125_Schediasmos_Ylopoiese_kai_Epharmoge_Didaktikon_Drasterioteton_Mathematikon_kai_Physikes_sto_Gymnasio_me_Chrese_Rompotikes_kai_Didaktikes_STEM
- Κολέζα, Ε. (2000). Γνωσιολογική και Διδακτική Προσέγγιση των Στοιχειωδών Μαθηματικών Εννοιών. Σειρά: Επιστημολογία και Διδακτική των Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών. Leader Books, Αθήνα.
- Κορομπίλη, Σ., & Τόγια, Α. (2015). Θεωρίες Μάθησης [Κεφάλαιο]. Στο Κορομπίλη, Σ., & Τόγια, Α. 2015. Πληροφοριακός γραμματισμός [Προπτυχιακό εγχειρίδιο]. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. Ανακτήθηκε στις 18/07/2023 από: <https://hdl.handle.net/11419/2704>
- Κρίβας, Σ. (2004). Παιδαγωγική Επιστήμη: Βασική Θεματική. Γ' Έκδοση. Gutenberg. Παιδαγωγική Σειρά. Αθήνα.

- Κωστής, Μ., Ν. (2020). Σχεδιασμός, Υλοποίηση και Προγραμματισμός Μαθησιακών Εφαρμογών STEM στην Πλατφόρμα Arduino [Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας]. Ανακτήθηκε στις 13/07/2023 από: <https://ir.lib.uth.gr/xmlui/handle/11615/51698>
- Μιχαήλ, Χ. (2020). Εκπαίδευση S.T.E.M. μέσω Project: Σχεδιασμός εκπαιδευτικού σεναρίου Βιόσφαιρα [Διπλωματική Εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο]. Ανακτήθηκε στις 29/09/2023 από: <https://apothesis.eap.gr/archive/item/74375>
- Νιζαστάκης, Ε., Γκινούδη, Α., Διαμαντής, Ν., Δρόλαπας, Α., Καπότης, Ε., Κεραμιδάς, Κ. & Ρουμπέα, Γ. (2022). Οδηγός εκπαιδευτικού Φυσική Γυμνασίου. 2η Έκδοση. Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, ΙΕΠ. Αθήνα. Ανακτήθηκε στις 28/08/2023 από: <http://iep.edu.gr/el/nea-ps-provoli>
- Ξενάκης, Α., Καλοβρέκτης, Κ. (2019). Σχεδιασμός και Υλοποίηση Mars Rover με Απλά Υλικά, Ανοικτό Υλικό – Λογισμικό για STEM δραστηριότητες Αστρονομίας. 11^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ερασιτεχνικής Αστρονομίας. 1 – 3 Νοεμβρίου. Βόλος. Ανακτήθηκε στις 13/07/2023 από: https://www.researchgate.net/publication/340273614_Schediasmos_kai_ylopoie_se_Mars_Rover_me_apla_ylika_anoichto_yliko_-_logismiko_gia_STEM_drasteriotetes_Astronomias
- Ξενάκης, Α., Καλοβρέκτης, Κ., Παπαστεργίου, Γ. (2019). Συνεισφορά STEM σεναρίων Εκπαιδευτικής Ρομποτικής σε Φυσική και Μαθηματικά για ενίσχυση της Υπολογιστικής Σκέψης. *Εκπαίδευση & Επιστήμες*. 2. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Ανακτήθηκε στις 13/07/2023 από: <http://eduscience-journal.sci.uth.gr/%cf%84%ce%b5%cf%8d%cf%87%ce%bf%cf%82-2/>
- Ξενάκης, Α., Μπρέντας, Σ., Καλοβρέκτης, Κ. (2019). Δραστηριότητες STEM βασισμένες σε Εκπαιδευτική Ρομποτική, Ανακυκλώσιμα Υλικά και Προγραμματισμό Arduino. 14^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Καθηγητών Πληροφορικής (14^ο ΠΕΚΑΠ). 15 – 17 Μαΐου. Καστοριά. Ανακτήθηκε στις 13/07/2023 από: https://www.researchgate.net/publication/340273400_Drasteriotetes_STEM_basismenes_se_Ekpaideutike_Rompotike_Anakyklosima_Ylika_kai_Programmatismo_Arduino
- Ξηρουχάκη, Φ. (2010). Οι Εναλλακτικές Ιδέες των Μαθητών Πάνω στις Φυσικές Επιστήμες – τα Κοινά Χαρακτηριστικά τους [Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Κρήτης]. Ε - Locus. Ανακτήθηκε στις 21/08/2023 από:

https://elocus.lib.uoc.gr/dlib/1/f/7/metadata-dlib-ec4701140d6b8c607888b4a711a562cc_1282560152.tkl

Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου, (2016). Ερευνητικά Σχέδια Εργασίας. Κύπρος. Ανακτήθηκε στη 01/08/2023 από:

<http://archeia.moec.gov.cy/sm/276/project.pdf>

Πετράκη, Ε. (2020). Διδακτικό σενάριο στην “εκπαίδευση” STEM για μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες: το ηλεκτρικό ρεύμα και το ηλεκτρικό κύκλωμα [Διπλωματική Εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο]. Ανακτήθηκε στις 02/09/2023 από: <https://apothesis.eap.gr/archive/item/147350>

Παλιούρας, Α., Ψυχάρης, Σ. (2017). *Μια πρόταση διδασκαλίας για το μάθημα του προγραμματισμού Η/Υ στο Λύκειο με τη μεθοδολογία STEM*. 5^ο Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο: Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία. Παιδαγωγικό Τμήμα Ανώτατης Σχολής Παιδαγωγικής και Τεχνολογικής Εκπαίδευσης, Α.Σ.ΠΑΙ.Τ.Ε., Τομ.1., 21-23 Απριλίου 2017. Αθήνα. Ανακτήθηκε στις 23/07/2023 από:

<https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/4125>

Πετρούλιας, Ν. (2022). Η μεθοδολογία STEM στην Τεχνική – Επαγγελματική Εκπαίδευση [Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Πειραιώς]. Διώνη. Ανακτήθηκε στις 10/07/2023 από:

<https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/handle/unipi/15044>

Πολυκανδρίτης, Ε. (2022). Εκπαίδευση STEM: Σχεδιασμός Δραστηριοτήτων και Εκπαιδευτικών Σεναρίων Project: Διδασκαλία του μηχανισμού λειτουργίας και χρησιμότητα τροχαλίων σε μαθητές Α΄ Λυκείου, μέσω διδακτικής παρέμβασης σε πλαίσια STEM [Διπλωματική Εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο]. Ανακτήθηκε στις 13/07/2023 από:

<https://apothesis.eap.gr/archive/item/170107?lang=en>

Πολυζώης, Γ., Κεράστας, Β., Μάντζιος, Χ. (2019). Μια Παραδειγματική Περίπτωση Σχεδιασμού STEM Μαθημάτων: «Το ελατήριο». 6^ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία». 18 – 20 Οκτωβρίου. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Ανακτήθηκε στις 13/07/2023 από:

<https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/3647>

- Ρούμελης, Ν. (2018). Διερευνητική Μάθηση Φυσικών Επιστημών στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση: Διδακτικά Σενάρια εκπαιδευτικών ΠΕ04 Κυκλάδων Πρόγραμμα Επαγγελματικής Ανάπτυξης - Επιμόρφωσης εκπαιδευτικών 2012 – 2018.
- Σιμιτζή, Χ. (2019). Σχεδιασμός και Αξιολόγηση ενός Διδακτικού Σεναρίου Εστιασμένο στο Φαινόμενο της Φωτοσύνθεσης, με Χρήση της Μεθοδολογίας STEM, για Μαθητές της Β' Λυκείου [Διπλωματική Εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο]. Ανακτήθηκε στις 10/07/2023 από:
<https://apothesis.eap.gr/archive/item/74396>
- Σμυρνάκη, Ε. (2022). Εκπαίδευση STEM: Σχεδιασμός Δραστηριοτήτων και Εκπαιδευτικών Σεναρίων για τη Ρύπανση της Ατμόσφαιρας στο μάθημα της Βιολογίας Γενικής Παιδείας Γ' Λυκείου [Διπλωματική Εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο]. Ανακτήθηκε στις 10/07/2023 από:
<https://apothesis.eap.gr/archive/item/170110?lang=en>
- Τσούλος, Γ. (2012). Σύγχρονες Προσεγγίσεις στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στη Μέση Εκπαίδευση με Βάση Αρχές της Διδακτικής και Υπάρχοντα Σχετικά Διδακτικά Εγχειρίδια. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Χημείας. Ιωάννινα. Ανακτήθηκε στις 15/07/2023 από:
<https://www.didaktorika.gr/eadd/handle/10442/33207>
- Φύλλο Εφημερίδας της Κυβερνήσεως, ΦΕΚ (2018). Τεύχος Β. 5883/31-12-2018. Εθνικό Τυπογραφείο. Ελλάδα. Ανακτήθηκε στις 22/08/2023 από:
<https://www.et.gr/SearchFek>
- Ψυχάρης, Σ., Καλοβρέκτης, Κ. (2017). Διδακτική & Σχεδιασμός Εκπαιδευτικών Δραστηριοτήτων STEM & ΤΠΕ. Αθήνα, Εκδόσεις Τζιόλα.
- Ψυχάρης, Σ., Καλοβρέκτης, Κ., Κοτζαμπασάκη, Ε., Ιατρού, Π., Μοσχονησιώτης, Σ., Παλιούρας, Α., Σταυρόπουλος, Π., Μουρκάκος, Π. (2018). *Υπολογιστική Παιδαγωγική: Μια πρόταση εισαγωγής του STEM στην εκπαίδευση για τη Διδακτική Μαθημάτων Ειδικότητας και την Παιδαγωγική επάρκεια στις Επιστήμες των Μηχανικών και τις Θετικές Επιστήμες*. Πανελλήνιο συνέδριο Scientix για την εκπαίδευση STEM, 3-4 Σεπτεμβρίου 2018. Αθήνα. Ανακτήθηκε στις 22/08/2023 από:
http://e3stem.edu.gr/wordpress/?page_id=197

Δικτυογραφία

<https://iep.edu.gr/el>

<https://plus.nasa.gov/series/stemonstrations>

<https://www.youtube.com/watch?v=LQyFshgm-hU&t=31s>

<https://www.youtube.com/watch?v=-luKN6mad5w>

<https://www.youtube.com/watch?v=qZuevBc93tY>

<https://www.youtube.com/watch?v=MKQBdBtz6So>

<https://www.youtube.com/watch?v=sPZ2bjW53c8>

<https://www.youtube.com/watch?v=-7JoUUcvaSI>

<https://www.youtube.com/watch?v=sPZ2bjW53c8&t=71s>

https://phet.colorado.edu/sims/html/forces-and-motion-basics/latest/forces-and-motion-basics_all.html?locale=el

<https://www.youtube.com/watch?v=Mb8IWtOX2fs&t=60s>

<https://www.youtube.com/watch?v=dCF--YOjiOw&t=5s>

<https://edutv.minedu.gov.gr/index.php/epistimi-texnologia/prosopa-kai-epistimes-neytonas>

<https://www.youtube.com/watch?v=qxQPbkRPr0Y>

https://www.seilias.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=582&Itemid=32&catid=21

https://www.youtube.com/watch?v=WpLFC_SOpXs

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι. ΦΥΛΛΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ασύγχρονη Προετοιμασία Διδακτικού Σεναρίου Α: 1^{ος} νόμος του Νεύτωνα – Αδράνεια

Τμήμα: Ονοματεπώνυμο: Αριθμός Ομάδας:

Λίστα υλικών

Για την πραγματοποίηση των δραστηριοτήτων μας θα χρειαστούμε:

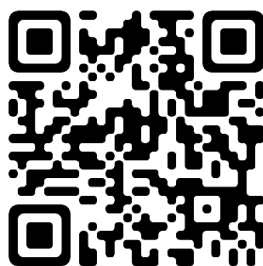
Σκληρό χαρτόνι ή μακετόχαρτο διαστάσεων Α4
Κούκλα ή οποιαδήποτε μικρή φιγούρα (ώστε να καθίσει πάνω ή να χωράει μέσα στο κουτί που θα φτιάξουμε)
2-3 καλαμάκια κομμένα σε μήκος 10 cm
2-3 ξυλάκια (σουβλάκι) κομμένα σε μήκος 10 cm
4 ρόδες από παλιό παιχνίδι ή καπάκια από μπουκάλια
3-4 λαστιχάκια
Κόλλα σε stick ή κολλητική ταινία
1 ψαλίδι
1 κέρμα
1 ποτήρι (επαναχρησιμοποιούμενο αλλά όχι γυάλινο)
Χάρακα



Οπτικοακουστικό υλικό για προετοιμασία

Με το κινητό σας τηλέφωνο (ή του γονέα σας) μπορείτε να σαρώσετε τον παρακάτω κωδικό QR ώστε να παρακολουθήσετε ένα βίντεο σχετικά με τις έννοιες και τα φαινόμενα που θα μελετήσουμε στις δραστηριότητές μας.

Τι είναι ο κωδικός QR;

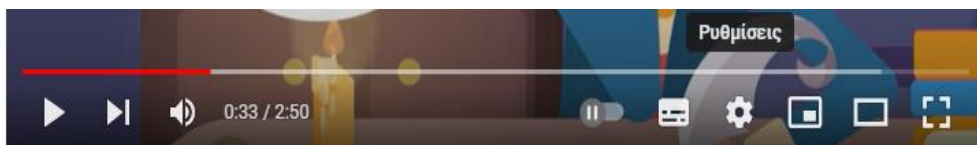


Ο κωδικός QR (Quick Response Code – Κωδικός Γρήγορης Ανταπόκρισης) είναι μια μορφή barcode (έχουν όλα τα προϊόντα, παρατηρήστε το!). Πρόκειται για μία εικόνα γραμμωτού κωδικού που διαβάζεται εύκολα από ψηφιακές συσκευές. Χρησιμοποιείται ως γρήγορος σύνδεσμος. Σαρώνοντας με το κινητό μας τηλέφωνο έναν κωδικό QR μας οδηγεί στην ιστοσελίδα την οποία θέλουμε να επισκεφτούμε..!

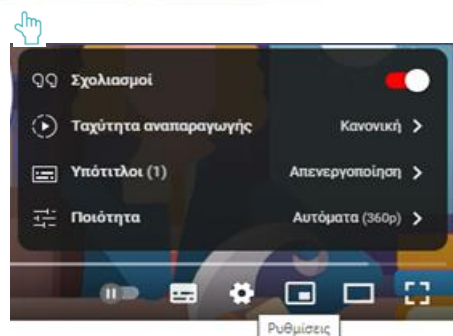
Εάν δεν έχετε εφαρμογή σάρωσης κωδικού QR στο κινητό σας τηλέφωνο, μπορείτε να εγκαταστήσετε την εφαρμογή “Σαρωτής QR & Barcode” ή κάποια παρόμοια εφαρμογή.

Χρήσιμη συμβουλή: Πολλές φορές χρειάζεται να κάνουμε κάποιες τροποποιήσεις και να ορίσουμε κάποιες παραμέτρους στις ιστοσελίδες που επισκεπτόμαστε. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, επισκεπτόμαστε έναν σύνδεσμο του YouTube. Εάν το βίντεο περιλαμβάνει αφήγηση στα αγγλικά και μπορεί να υποστηρίξει λειτουργία υποτίτλων, τότε μπορούμε να επιλέξουμε να εμφανίζονται ελληνικοί υπότιτλοι (από αυτόματη μετάφραση), με τον εξής τρόπο:

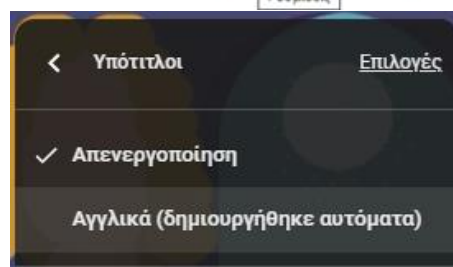
1. Στη μπάρα με τις επιλογές του βίντεο, επιλέγουμε το εικονίδιο «Ρυθμίσεις» που έχει τη μορφή ενός γραναζιού:



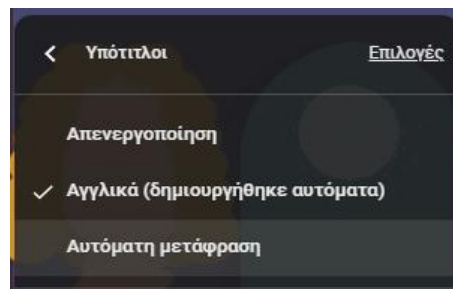
2. Στις επιλογές που εμφανίζονται, επιλέγουμε «Υπότιτλοι»:



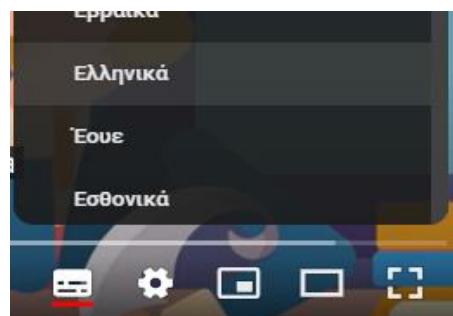
3. Στο μενού που εμφανίζει, επιλέγουμε «Αγγλικά»:



4. Επιλέγοντας «Αγγλικά» μας εμφανίζει ένα πρόσθετο μενού, στο οποίο επιλέγουμε «Αυτόματη μετάφραση»:



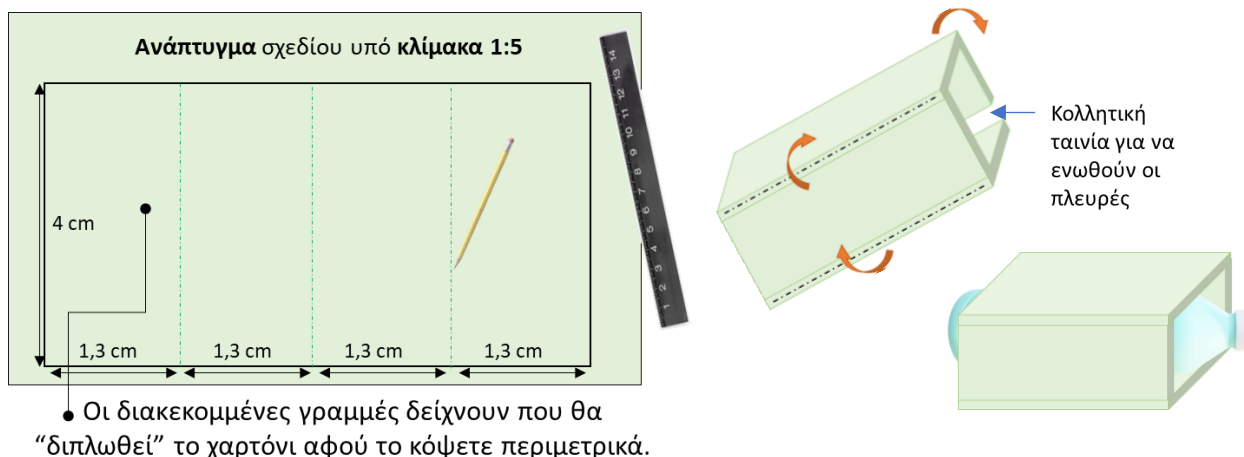
5. Στο καινούριο μενού με τις διαθέσιμες γλώσσες, επιλέγουμε «Ελληνικά»:



6. Μπορούμε τώρα να παρακολουθήσουμε το βίντεο με ελληνικούς υπότιτλους!

Επιπλέον δραστηριότητες προετοιμασίας και σύνδεσμος του ψηφιακού πίνακα ανακοινώσεων (padlet).

1. Κατασκευάστε εσείς ένα ορθογώνιο κουτί από σκληρό χαρτόνι ή μακετόχαρτο, έτσι ώστε να χωράει ένα μικρό μπουκάλι νερό! Κατασκευάστε το ορθογώνιο πλαίσιο σύμφωνα με το παρακάτω **ανάπτυγμα**.



• Οι διακεκομμένες γραμμές δείχνουν που θα “διπλωθεί” το χαρτόνι αφού το κόψετε περιμετρικά.

Ανάπτυγμα ενός γεωμετρικού στερεού σώματος είναι η αποτύπωση όλων των πλευρών του σε ένα επίπεδο, “ξεδιπλώνοντάς” το!



Έχουμε ένα **πρόβλημα..!**

Θέλουμε να κατασκευάσουμε ένα ορθογώνιο κουτί ώστε να χωράει **οριακά** ένα μικρό μπουκάλι νερού! Το σχέδιο που μας δίνεται είναι **υπό κλίμακα 1:5!** Πως θα σχεδιάσουμε το ανάπτυγμα του ορθογωνίου στην πραγματική του διάσταση στο χαρτόνι ώστε το κουτί που θα φτιάξουμε να χωράει ένα μικρό μπουκάλι νερό;

Για να μπορέσουμε να απεικονίσουμε αντικείμενα, χώρους ή ..ολόκληρες χώρες, στο χαρτί ή σε ένα λογισμικό σχεδίασης, χρησιμοποιούμε μια **κλίμακα**. Η κλίμακα δηλώνει το πόσες φορές κάνουμε “σμίκρυνση” το αντικείμενο, τηρουμένων των αναλογιών του. Με άλλα λόγια, είναι ο λόγος της γραφικής διάστασης ενός αντικειμένου προς την πραγματική του διάσταση. Έτσι, όταν λέμε ότι η κλίμακα του σχεδίου είναι 1:1000, τότε σε κάθε ένα εκατοστό του μήκους του αντικειμένου μας στο χαρτί, αντιστοιχούν 1000 εκατοστά μήκος του αντικειμένου στην πραγματικότητα (δηλαδή το αντικείμενό μας στο χαρτί είναι 1000 φορές μικρότερο). Επομένως...

..αν το σχέδιο μας στο χαρτί είναι **υπό κλίμακα 1:5:**

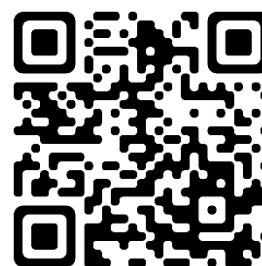
Η πλευρά 4 cm θα είναι στην πραγματικότητα: _____

Η πλευρά 1,3 cm θα είναι στην πραγματικότητα: _____

Μεταφέρετε στο σχέδιο στο χαρτόνι, στις πραγματικές του διαστάσεις και κατασκευάστε το ορθογώνιο κουτί, σταθεροποιώντας το όπως μπορείτε!

Μπορείτε να βγάλετε φωτογραφίες από τα βήματα της κατασκευής σας, να τις αναρτήσετε στο **padlet!**

QR ψηφιακού πίνακα ανακοινώσεων (padlet)



<https://padlet.com/dkapousizi/padlet-tovsd8t3lpvi1s22>

* **προσοχή!** Εάν χρησιμοποιήσετε μακετόχαρτο, χρειάζεστε κοπίδι. Ζητήστε τη βοήθεια ενός ενήλικα για να κόψετε περιμετρικά το σχέδιο και να χαράξετε απαλά τις διακεκομμένες γραμμές ή φέρτε το μακετόχαρτο με το σχέδιο (στις πραγματικές του διαστάσεις) στην τάξη να το κόψουμε μαζί.

Φύλλο Εργασίας Διδακτικού Σεναρίου Α: Ο 1^{ος} νόμος του Νεύτωνα – Αδράνεια

Τμήμα: Ονοματεπώνυμο: Αριθμός Ομάδας:

1^η διδακτική ώρα:

1. Έναυσμα ενδιαφέροντος (5 λεπτά):

Παρακολουθήστε το βίντεο και το πείραμα που θα διεξάγουμε στην τάξη.
Μπορείτε να εξηγήσετε αυτά τα φαινόμενα;

2. Προβληματισμός, συζήτηση και διατύπωση υποθέσεων (10 λεπτά):

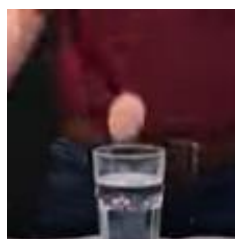
1. Στο βίντεο παρακολουθήσαμε τον αστροναύτη Mark Vande Hei στο διαστημικό σταθμό ISS, να θέτει σε κίνηση μια μπάλα, δίνοντάς της μια πολύ μικρή ταχύτητα.



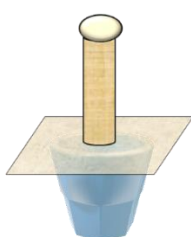
Τι κίνηση εκτελεί η μπάλα και γιατί;

- Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, με σταθερή ταχύτητα
- Ευθύγραμμη κίνηση με ταχύτητα που αυξάνεται
- Ευθύγραμμη κίνηση με ταχύτητα που μειώνεται

Γιατί:



2. Στο πείραμα επίδειξης που παρακολουθήσατε μέσα στην τάξη, ποιες δυνάμεις ασκούνται στο αυγό πριν χτυπήσουμε το χαρτόνι; Σχεδιάστε και ονομάστε πάνω στο σχήμα τις δυνάμεις που δέχεται το αυγό:



3. Ποιες δυνάμεις ασκούνται στο αυγό ακριβώς τη στιγμή που χτυπάμε το χαρτόνι και χάνει την επαφή του με αυτό; Σχεδιάστε και ονομάστε πάνω στο σχήμα τη δύναμη που δέχεται το αυγό:



4. Γιατί το αυγό πέφτει κατακόρυφα προς τα κάτω και δεν ακολουθεί την ίδια πορεία με το χαρτόνι;

3. Πειραματικές δραστηριότητες με ιδιοκατασκευές:

Δραστηριότητα 1 (25 λεπτά)

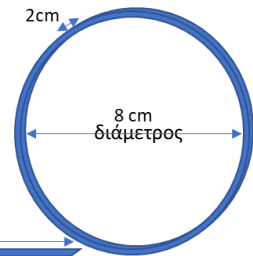
Υλικά: • Κέρμα • Μολύβι • Ποτήρι • Χαρτόνι • Ψαλίδι • Χάρακας

Βήμα 1^ο

Κατασκευάστε ένα χάρτινο δακτύλιο:



Έχουμε ένα **πρόβλημα..!** Θέλουμε να κόψουμε το χαρτόνι ώστε να σχηματίσουμε μια λωρίδα με πλάτος 2cm, να ενώσουμε τα άκρα της και να σχηματιστεί ένα δαχτυλίδι με **διάμετρο 8 cm**.



Το μήκος της λωρίδας θα είναι το μήκος, ή αλλιώς, η Περίμετρος (Π) του κύκλου!
Πως θα υπολογίσετε πόσο μήκος χαρτονιού χρειαζόμαστε;

Κόψτε μερικές λωρίδες από το χαρτόνι, πλάτους 2 εκατοστών, σε διάφορα μήκη. Για παράδειγμα, μπορείτε να κόψετε λωρίδες μήκους 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm κτλ. Αφήστε περίπου ένα εκατοστό περιθώριο από κάθε άκρο, ώστε να τα κολλήσετε μεταξύ τους για να σχηματίσουν κύκλο. Μετρήστε τις διαμέτρους των κύκλων που σχηματίζονται. Συμπληρώστε με τις μετρήσεις σας τον παρακάτω πίνακα:

Μήκος λωρίδας (μήκος κύκλου) σε cm	Διάμετρος σε cm	Κλάσμα (λόγος) μήκος / διάμετρος
10		
15		
20		
25		

Τι παρατηρείτε;
Το κλάσμα του μήκους προς τη διάμετρο του κύκλου είναι:

Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τη σχέση που μας δίνει την περίμετρο ενός κύκλου σε σχέση με τη διάμετρο (δ) ή την ακτίνα του (r)! Το μόνο που χρειάζεται είναι να θυμόμαστε τη σταθερά $\pi = 3,14$ και φυσικά ...τον τύπο: $\Pi = \pi \delta$ (ή $\Pi = 2 \cdot \pi \cdot r$)

Για να έχουμε έναν κύκλο με διάμετρο 8 cm, η λωρίδα πρέπει να έχει μήκος περίπου: _____

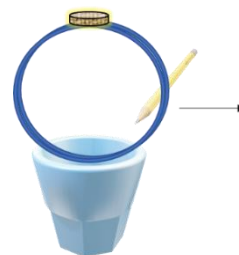
Βήμα 2°

Κολλήστε τα άκρα της λωρίδας των 25 cm, ώστε να σχηματίσουν έναν δακτύλιο. Τοποθετήστε τον δακτύλιο πάνω στο ποτήρι και στερεώστε από πάνω ένα κέρμα ώστε να ισορροπήσει.

Βήμα 3°

Με ένα μολύβι απομακρύνετε απότομα το χάρτινο δακτύλιο!

Περιγράψτε τι συνέβη:



Βήμα 4°

Επαναλάβετε με τη σειρά όλα τα μέλη της ομάδας!

2^η διδακτική ώρα:

Δραστηριότητα 2 (15 λεπτά):

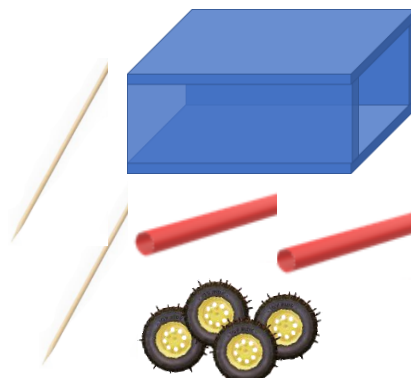
- Υλικά:
- Ορθογώνιο κουτί
 - 2 καλαμάκια
 - 2 ξυλάκια από σουβλάκι
 - Κούκλα/φιγούρα
 - Εμπόδιο (πχ βιβλίο)
 - Λαστιχάκια

Βήμα 1^ο

Κατασκευάστε το δικό σας όχημα.



Έχουμε ένα **πρόβλημα..!** Θέλουμε να κατασκευάσουμε ένα κινούμενο όχημα στο οποίο να κάθεται η φιγούρα. Στη διάθεσή μας έχουμε το ορθογώνιο κουτί που έχετε φτιάξει, 4 καπάκια ή ρόδες, 2 καλαμάκια και δύο ξυλάκια.



Πως μπορούμε να συνδέσουμε τις ρόδες στο κουτί με τρόπο που να περιστρέφονται ώστε το όχημά να κινείται; Δοκιμάστε να περάσετε ένα ξυλάκι μέσα από το καλαμάκι. Μπορεί το καλαμάκι να είναι ακίνητο ενώ το ξυλάκι να περιστρέφεται; Πως μας βοηθάει αυτό;

Βήμα 2^ο

Κινείται ικανοποιητικά το όχημά μας; Αν ναι, προχωρήστε στο επόμενο βήμα! Αν όχι, περιγράψτε για ποιο λόγο δεν κινείται αποτελεσματικά και δοκιμάστε άλλες λύσεις!

Βήμα 3^ο

Τοποθετήστε τη φιγούρα πάνω στο όχημά μας με τέτοιο τρόπο ώστε να μην πέφτει στα πλάγια (μπορείτε να την τοποθετήσετε στο εσωτερικό..!)



Βήμα 4^ο

Τοποθετήστε ένα εμπόδιο περίπου 50-60 cm μακρύτερα (προσέχετε το εμπόδιο να είναι μικρού ύψους και όσο το δυνατόν πιο σταθερό). Δώστε μια αρχική ταχύτητα στο όχημά σας. Τι συμβαίνει στην φιγούρα όταν το όχημα χτυπάει στο εμπόδιο;

Βήμα 5^ο

Με ποιον τρόπο μπορούμε να κρατήσουμε τη φιγούρα ασφαλή ώστε να μην πέφτει από το όχημα όταν αυτό συγκρούεται με το εμπόδιο; Δοκιμάστε τις ιδέες σας!

4. Συμπεράσματα και θεωρία (5 λεπτά):

Παρατηρήσαμε πως:

- ✓ Το αυγό ήταν αρχικά ακίνητο. Όταν απομακρύνουμε απότομα το χαρτόνι και το ρολό, το αυγό κινήθηκε κατακόρυφα προς τα κάτω, λόγω βάρους, αλλά καθόλου οριζόντια. Έπεινε δηλαδή να παραμείνει ακίνητο.
- ✓ Όταν το όχημα σταμάτησε απότομα, η φιγούρα που ήταν πάνω, συνέχισε την κίνησή της.

Συμπεραίνουμε πως:

Όταν τα σώματα είναι ακίνητα, τείνουν να παραμένουν εκτός κι αν ασκηθεί κάποια δύναμη και τα κινήσει.

Όταν τα σώματα κινούνται, τείνουν να συνεχίσουν να εκτός κι αν ασκηθεί κάποια δύναμη και τα αναγκάσει να

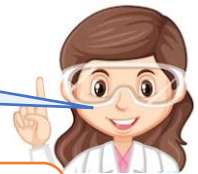
Όλα τα σώματα έχουν την ιδιότητα να σε οποιαδήποτε μεταβολή της κινητικής τους κατάστασης! Αυτή η ιδιότητα λέγεται **ΑΔΡΑΝΕΙΑ** των σωμάτων!

Όταν σε ένα σώμα δεν ενεργούν δυνάμεις ή η ολική δύναμη που ενεργεί είναι τότε το σώμα

Ένα σώμα ισορροπεί είτε όταν είναι είτε όταν κινείται με ταχύτητα.



Αυτός είναι και ο 1^{ος} νόμος του Ισαάκ Νεύτωνα!



Όταν σε ένα σώμα δεν ενεργούν δυνάμεις ή η ολική δύναμη είναι μηδενική, τότε το σώμα ισορροπεί, δηλαδή είτε μένει ακίνητο είτε κινείται με σταθερή ταχύτητα (ευθύγραμμο και ομαλό).

5. Γενίκευση – εφαρμογές της θεωρίας σε πραγματικές καταστάσεις (20 λεπτά):

Εφαρμόζοντας τις γνώσεις που αποκομίσατε από τη σημερινή διδασκαλία, μπορείτε να απαντήσετε μας παρακάτω ερωτήσεις, αναφερόμενοι στην έννοια της **αδράνειας**. (Κάθε ομάδα θα παρουσιάσει στην υπόλοιπη τάξη την απάντησή της σε μία από μας παρακάτω περιπτώσεις)

Γιατί τινάζουμε απότομα τα χέρια μας όταν είναι βρεγμένα;



Γιατί οι δρομείς του στίβου δεν σταματούν αμέσως μόλις περάσουν τη γραμμή τερματισμού αλλά αρκετά μέτρα αργότερα;



Γιατί όταν ένα λεωφορείο φρενάρει απότομα τα σώματα των επιβατών κινούνται μπροστά;



Γιατί είναι απαραίτητες οι ζώνες ασφαλείας στο αυτοκίνητο; (θυμηθείτε το πείραμα με την κούκλα!)



Τι κίνηση εκτελεί ο δίσκος του χόκεϋ **μετά** το χτύπημα όταν κινείται στην πίστα πάγου που δεν έχει τριβές;



Τι συμβαίνει στα πτερύγια του ανεμιστήρα όταν κλείνουμε το ρεύμα;



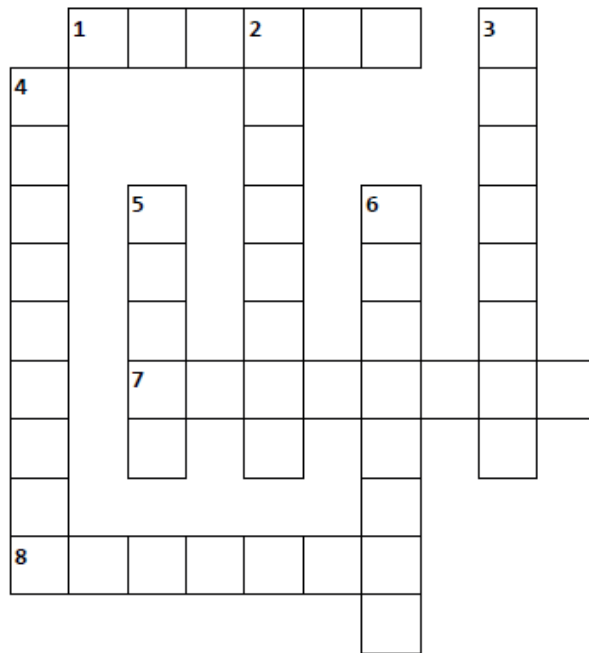
Τι συμβαίνει όταν τινάζουμε τα χαλιά;



Επεκτάσεις του Διδακτικού Σεναρίου Α

1. Πόσο γρήγορα μπορείτε να λύσετε το παρακάτω σταυρόλεξο;

1ος Νόμος του Νεύτωνα



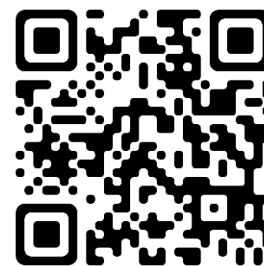
ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ

1. Είναι το αίτιο που προκαλεί μεταβολή στην κινητική κατάσταση των σωμάτων ή την παραμόρφωσή τους.
7. Είναι η Φυσική.
8. Είναι τα σώματα που δεν έχουν ταχύτητα.

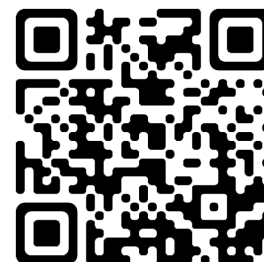
ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ

2. Αυτή τη λέξη σχηματίζουν τα αρχικά των ..λέξεων του σταυρολέξου!
3. Ένα σώμα ισορροπεί όταν το _____ των δυνάμεων που ασκούνται πάνω του είναι μηδέν.
4. Ονομάζεται η κατάσταση στην οποία βρίσκεται ένα σώμα όταν είναι ακίνητο ή κινείται με σταθερή ταχύτητα.
5. Τις χρειάζεται ένα τροχήλατο όχημα για να κινηθεί.
6. Είναι γνωστός για τους τρεις νόμους του.

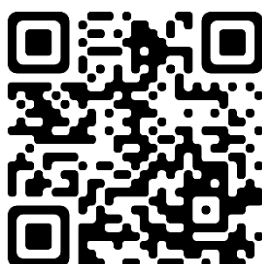
2. Σαρώστε το διπλανό κωδικό QR και, αν έχετε εμπιστοσύνη στον 1^ο νόμο του Νεύτωνα, χώρο στην κουζίνα και ..υποστηρικτικό περιβάλλον, τολμήστε να επαναλάβετε το πείραμα που θα δείτε (μπορείτε να χρησιμοποιήσετε μια μικρή μπάλα!). Μπορείτε επίσης να αναρτήσετε βίντεο ή φωτογραφίες της προσπάθειάς σας στο padlet!



3. Σαρώστε το διπλανό κωδικό QR και παρακολουθήστε άλλα τρία πειράματα σχετικά με την αδράνεια! Εάν τα επιχειρήσετε, αναρτήστε τα!



Οι επιπλέον δραστηριότητες μπορούν να αναρτηθούν εδώ:
<https://padlet.com/dkapousizi/padlet-tovsd8t3lpvi1s22>



Ασύγχρονη Προετοιμασία Διδακτικού Σεναρίου Β: 2^{ος} νόμος του Νεύτωνα

Τμήμα: Ονοματεπώνυμο: Αριθμός Ομάδας:

Λίστα υλικών

Για την πραγματοποίηση των δραστηριοτήτων μας θα χρειαστούμε:

Κομμάτι από χαρτόκουτο, μήκους τουλάχιστον 40cm και πλάτους τουλάχιστον 20cm

Μετροταινία, μεζούρα ή χάρακα

Πλαστελίνη (αρκετή για τρεις μικρές σφαίρες)

Μπουκάλι νερού 0,5L

Αριθμομηχανή

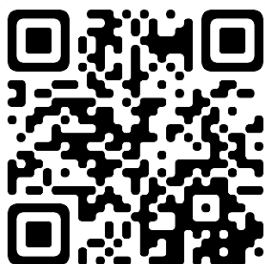
Ψαλίδι και κόλλα σε στικ

Το όχημα που κατασκευάσαμε στην προηγούμενη δραστηριότητα (ή, αλλιώς... κόλλα, 2 καλαμάκια, 2 ξυλάκια και 4 καπάκια ή ρόδες..!)



Οπτικοακουστικό υλικό για προετοιμασία

Με το κινητό σας τηλέφωνο (ή του γονέα σας) μπορείτε να σαρώσετε τον παρακάτω κωδικό QR ώστε να παρακολουθήσετε ένα βίντεο σχετικά με τις έννοιες και τα φαινόμενα που θα μελετήσουμε στις δραστηριότητές μας.



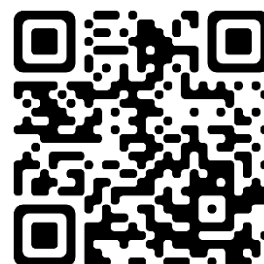
Θυμηθείτε τα βήματα με τα οποία ενεργοποιήσαμε την αυτόματη μετάφραση υποτίτλων στα ελληνικά!



Στο κινητό σας τηλέφωνο ή το tablet σας εγκαταστήστε την εφαρμογή rhyrbox την οποία θα χρησιμοποιήσουμε στην τάξη! Αρκεί ένα κινητό τηλέφωνο ή tablet ανά ομάδα.

Επιπλέον δραστηριότητες για εμπλουτισμό του padlet του μαθήματος

<https://padlet.com/dkapousizi/padlet-tovsd8t3lpvi1s22>



1. Δοκιμάστε να κλωσήσετε μια μπάλα ποδοσφαίρου ασκώντας μικρή δύναμη. Επαναλάβετε, ασκώντας όσο μεγαλύτερη δύναμη μπορείτε. Παρατηρήστε τη διαφορά! Βιντεοσκοπήστε την προσπάθειά σας και αναρτήστε την στο Padlet με μια σύντομη περιγραφή γιατί νομίζετε ότι συνέβη αυτό!

2. Δοκιμάστε να κλωσήσετε μία ελαφριά μπάλα ή να πετάξετε ένα ελαφρύ αντικείμενο και παρατηρήστε που θα φτάσει. Στη συνέχεια, δοκιμάστε να κλωσήσετε μια πιο βαριά μπάλα ή να πετάξετε ένα πιο βαρύ αντικείμενο, από το ίδιο σημείο! Παρατηρήστε τη διαφορά! Βιντεοσκοπήστε την προσπάθειά σας και αναρτήστε την στο Padlet με μια σύντομη περιγραφή γιατί νομίζετε ότι συνέβη αυτό!

Φύλλο Εργασίας Διδακτικού Σεναρίου Β: Ο 2^{ος} νόμος του Νεύτωνα

Τμήμα: Ονοματεπώνυμο: Αριθμός Ομάδας:

1^η διδακτική ώρα:

1. Έναυσμα ενδιαφέροντος (10 λεπτά):

Παρακολουθήστε το βίντεο και το πείραμα που θα διεξάγουμε στην τάξη.
Ποια μπάλα νομίζετε πως θα φτάσει πιο μακριά;

Μπορείτε να εξηγήσετε αυτά τα φαινόμενα;

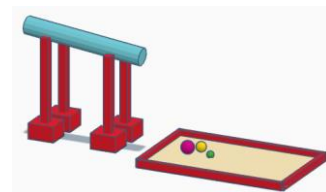
2. Προβληματισμός, συζήτηση και διατύπωση υποθέσεων (10 λεπτά):

1. Στο βίντεο παρακολουθήσαμε τον Randy Bresnik στο διαστημικό σταθμό ISS, να θέτει σε κίνηση τρία σώματα διαφορετικής μάζας.



Γιατί νομίζετε ότι αυτά τα σώματα είχαν διαφορετική συμπεριφορά στην κίνησή τους;

2. Στο πείραμα επίδειξης που διενεργήθηκε στην τάξη, από ποιον παράγοντα νομίζετε πως εξαρτάται το πόσο μακριά θα φτάσει η κάθε μπάλα;



3. Πειραματικές δραστηριότητες με ιδιοκατασκευές:

Δραστηριότητα 1 (20 λεπτά):

Υλικά: • Όλα τα υλικά της λίστας προετοιμασίας.

Βήμα 1^ο

Αρχικά θα χρειαστούμε ένα κεκλιμένο επίπεδο!





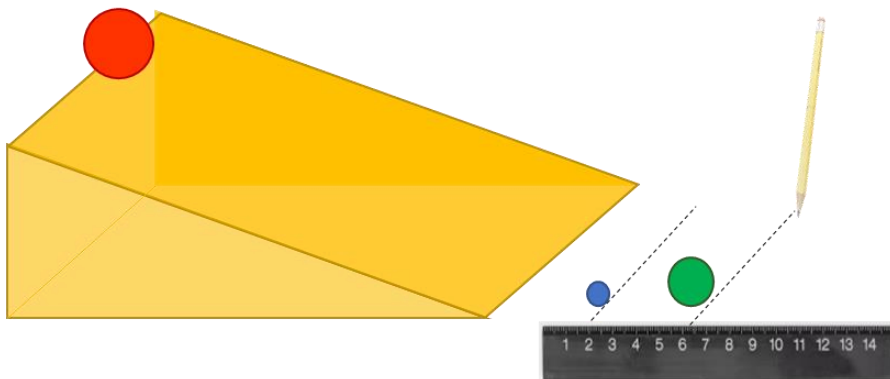
Έχουμε ένα **πρόβλημα..!** Θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε ένα κεκλιμένο επίπεδο ώστε να μπορούν να κινηθούν πάνω οι μπάλες και το όχημά μας! Με ποιο τρόπο μπορούμε να σταθεροποιήσουμε το χαρτόνι ώστε να σχηματίζει ένα κεκλιμένο επίπεδο;

Υλικά που χρησιμοποιήσατε:

Διορθώσεις που κάνατε για να είναι σταθερό το επίπεδο:

Βήμα 2^ο

Φτιάξτε 3 μπάλες από πλαστελίνη διαφορετικής μάζας. Δοκιμάστε να τις αφήσετε από την κορυφή του κεκλιμένου επιπέδου. Με το χάρακα ή τη μετροταινία μετρήστε σε πόση απόσταση σταματάνε οι μπάλες από τη βάση του κεκλιμένου επιπέδου και σημειώστε τις τιμές στον παρακάτω πίνακα.



Μπάλα	Απόσταση που έχει διανύσει η κάθε μπάλα σε εκατοστά:
Μικρής μάζας	
Μεσαίας μάζας	
Μεγάλης μάζας	

Είναι ίδιες αυτές οι τρεις τιμές;

ΝΑΙ ΟΧΙ

2^η διδακτική ώρα:

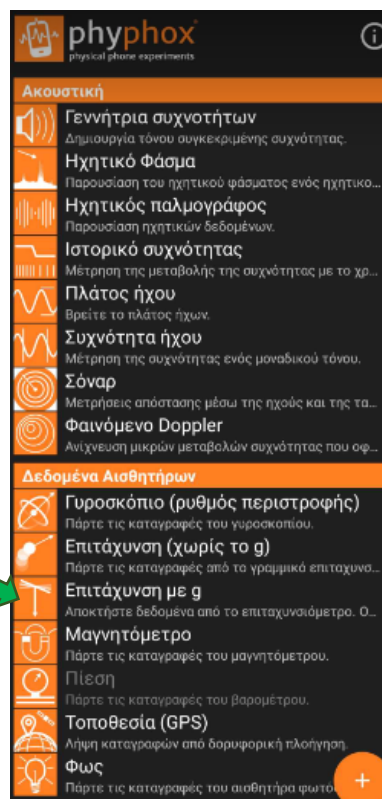
Δραστηριότητα 1 (15 λεπτά):

Θα χρησιμοποιήσουμε το όχημα και το κεκλιμένο επίπεδο.

Βήμα 1^ο

Ανοίξτε στο κινητό σας τηλέφωνο την εφαρμογή **phyphox** και επιλέξτε **Επιτάχυνση με g**.

Ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας ενός σώματος λέγεται **επιτάχυνση**! Η επιτάχυνση ενός σώματος μας δείχνει πόσο πολύ ή λίγο μεταβάλλεται η ταχύτητα του σώματος μέσα σε κάποια χρονική διάρκεια! Μπορεί δηλαδή η ταχύτητα να αλλάζει γρήγορα ή αργά! Επίσης, μπορεί η μεταβολή να είναι θετική (το σώμα να αυξάνει την ταχύτητά του) ή αρνητική (μπορεί το σώμα να μειώνει την ταχύτητά του). Για παράδειγμα το σύμβολο g χρησιμοποιείται όπως έχουμε μάθει, για την βαρυτική επιτάχυνση της Γης, περίπου ίσο με 10 m/s^2 και αυτό σημαίνει ότι η Γη μας έλκει με τέτοια δύναμη που μεταβάλλει την ταχύτητά μας κατά 10 m/s κάθε δευτερόλεπτο!

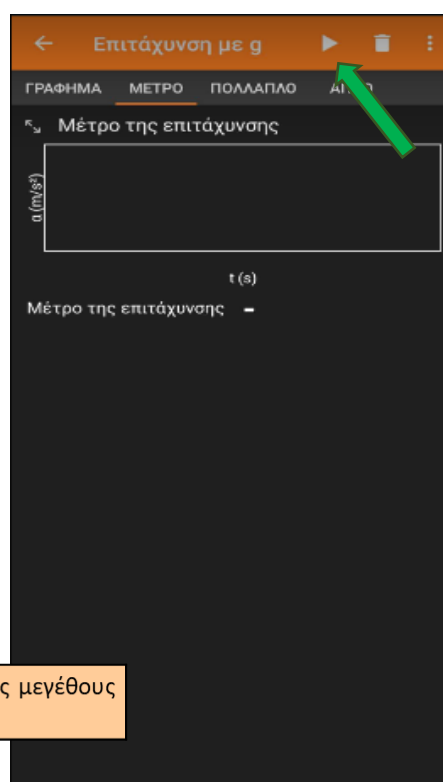


Βήμα 2^ο

Στην επόμενη καρτέλα επιλέξτε **μέτρο**.

Βήμα 3^ο

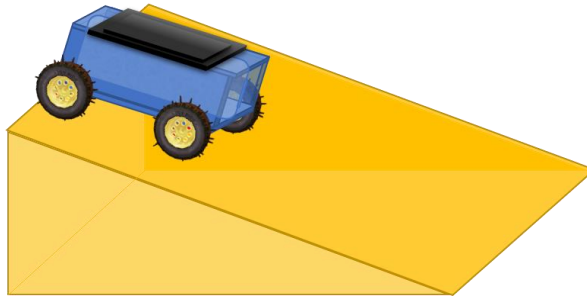
Στερεώστε το κινητό πάνω στο όχημά σας και πατήστε ▶



Θυμηθείτε ότι το μέτρο ενός μεγέθους είναι η αριθμητική του τιμή!

Βήμα 4°

Αφήστε το όχημά σας με το κινητό σας τηλέφωνο να κινηθεί από την κορυφή του κεκλιμένου επιπέδου και όταν σταματήσει πατήστε την επιλογή Εξαγωγή δεδομένων, στο αρχείο Excel. Έτσι, μπορείτε να κάνετε διαμοιρασμό δεδομένων σε κάποιο email.

**Βήμα 5°**

Καταγράψτε τη μέγιστη επιτάχυνση (μεταβολή ταχύτητας ανά μονάδα χρόνου) που κατέγραψε το κινητό σας τηλέφωνο από τον πίνακα Excel (τέταρτη στήλη). Σημειώστε την στον παρακάτω πίνακα, μαζί με την απόσταση (σε εκατοστά) του σημείου που ακινητοποιήθηκε το όχημά σας, από τη βάση του κεκλιμένου επιπέδου. Επαναλάβετε τρεις φορές και υπολογίστε τη μέση τιμή των μετρήσεων που κάνατε.

Είναι ίδιες αυτές οι τρεις τιμές;

ΝΑΙ

ΟΧΙ

Σώμα	Μεταβολή ταχύτητας ανά μονάδα χρόνου (επιτάχυνση) (m/s ²)				Απόσταση που έχει διανύσει το όχημα			
	1	2	3	M.T.	1	2	3	M.T.
Άδειο όχημα								
Όχημα με νερό								

Πολλές φορές, οι επιστήμονες παίρνουν **πολλές μετρήσεις** ενός μεγέθους, επαναλαμβάνοντας αρκετές φορές ένα πείραμα, για να ελαχιστοποιήσουν το **σφάλμα** που προκύπτει από την αναπόφευκτη έλλειψη ακρίβειας που υπάρχει στη μέτρηση ενός μεγέθους. Η έλλειψη ακρίβειας μπορεί να οφείλεται στις ατέλειες ή την ελαττωματικότητα των οργάνων αλλά και των μεθόδων μέτρησης. Η **μέση τιμή**, προκύπτει από το άθροισμα των τιμών διά τον αριθμό των επαναλήψεων και ελαχιστοποιεί το σφάλμα!

**Βήμα 6°**

Εάν τοποθετήσετε μέσα στο όχημα το μπουκάλι με το νερό νομίζετε πως θα σταματήσει σε μεγαλύτερη, μικρότερη ή ίση απόσταση;

Μεγαλύτερη

Μικρότερη

Ίση

Βήμα 7°

Εάν τοποθετούσατε μέσα στο όχημα ένα μπουκάλι με χύμα νομίζετε πως θα σταματήσει σε μεγαλύτερη, μικρότερη ή ίση απόσταση;

Μεγαλύτερη

Μικρότερη

Ίση

Βήμα 8^ο

Τοποθετήστε το μπουκάλι με το νερό στο εσωτερικό του κουτιού που κατασκευάσατε και επαναλάβετε το πείραμα. Καταγράψτε τη μέγιστη επιτάχυνση (μεταβολή ταχύτητας ανά μονάδα χρόνου) που κατέγραψε το κινητό σας τηλέφωνο από τον πίνακα Excel. Σημειώστε αυτή την τιμή στον παραπάνω πίνακα, μαζί με την τιμή της απόστασης που θα κινηθεί το όχημα μέχρι να σταματήσει.

Τι παρατηρείτε;

Η μεταβολή της ταχύτητας είναι μεγαλύτερη στο

Μεγαλύτερη απόσταση έχει διανύσει το

Συμφωνούν αυτές οι παρατηρήσεις με τις αρχικές σας προβλέψεις;

ΝΑΙ

ΟΧΙ

4. Συμπεράσματα και θεωρία (5 λεπτά):

Παρατηρήσαμε πως:

- ✓ Οι δυνάμεις που ασκούνται στα σώματα, καθορίζουν την κίνησή τους.
- ✓ Οι δυνάμεις καθορίζουν τη μεταβολή της ταχύτητας των σωμάτων.
- ✓ Η μάζα των σωμάτων επηρεάζει τη μεταβολή της ταχύτητάς τους.
- ✓ Είναι πιο εύκολο να αναπτύξει ταχύτητα ή να σταματήσει ένα πιο ελαφρύ σώμα.
- ✓ Είναι πιο δύσκολο να αναπτύξει ταχύτητα ή να σταματήσει ένα πιο βαρύ σώμα.

Συμπεραίνουμε πως:

Όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα που έχει ορισμένη μάζα, τόσο είναι η μεταβολή της ταχύτητάς του. Επομένως, η δύναμη και η μεταβολή της ταχύτητας ενός σώματος είναι μεγέθη

Όσο μικρότερη μάζα έχει ένα σώμα που του ασκείται ορισμένη δύναμη, τόσο είναι η μεταβολή της ταχύτητάς του. Επομένως, η μάζα ενός σώματος και η μεταβολή της ταχύτητάς του είναι μεγέθη

Η μάζα που έχει ένα σώμα αποτελεί το μέτρο της του σώματος, δηλαδή της αντίστασης που παρουσιάζει το σώμα στη μεταβολή της κινητικής του κατάστασης.



Αυτός είναι και ο 2^{ος} νόμος του Νεύτωνα!



Όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα ορισμένης μάζας, τόσο πιο γρήγορα μεταβάλλεται η ταχύτητά του. Όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα ενός σώματος, τόσο δυσκολότερα μπορεί να μεταβληθεί η ταχύτητά του!

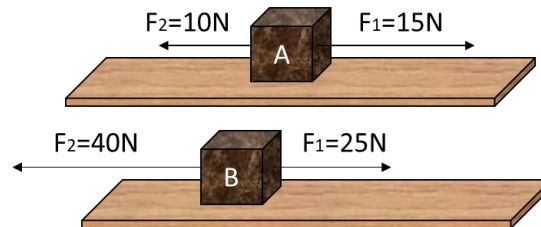
5. Γενίκευση – εφαρμογές της θεωρίας σε πραγματικές καταστάσεις (20 λεπτά):

Εφαρμόζοντας τις γνώσεις που αποκομίσατε από τη σημερινή διδασκαλία, μπορείτε να απαντήσετε στις παρακάτω ερωτήσεις, αναφερόμενοι στις έννοιες της **δύναμης**, της **μάζας** και της **μεταβολής της ταχύτητας**. Στο τέλος, κάθε ομάδα θα παρουσιάσει στην υπόλοιπη τάξη την απάντησή της σε μία από τις παρακάτω περιπτώσεις:

Κατά τη σύγκρουση ενός μεγάλου φορτηγού με ένα μικρό ΙΧ αυτοκίνητο, ποιο όχημα θα υποστεί μεγαλύτερη μεταβολή στην ταχύτητά του και γιατί;



Δύο σώματα Α και Β έχουν **ίσες μάζες** και τους ασκούνται οι δυνάμεις που φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



Ποιο από τα δύο σώματα θα αποκτήσει μεγαλύτερη μεταβολή στην ταχύτητά του;

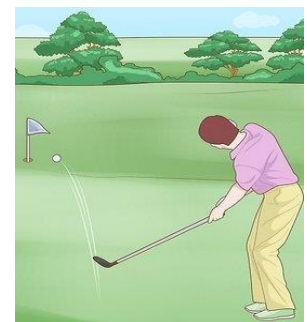
Σώμα Α Σώμα Β

Γιατί;


Τι είναι πιο εύκολο να σπρώξετε, ένα άδειο καρότσι του supermarket ή ένα γεμάτο καρότσι του supermarket και γιατί;



Γιατί οι παίκτες του golf πρέπει να λαμβάνουν υπόψη το εάν φυσάει αέρας περισσότερο από ότι οι παίκτες, για παράδειγμα, του μπάσκετ;

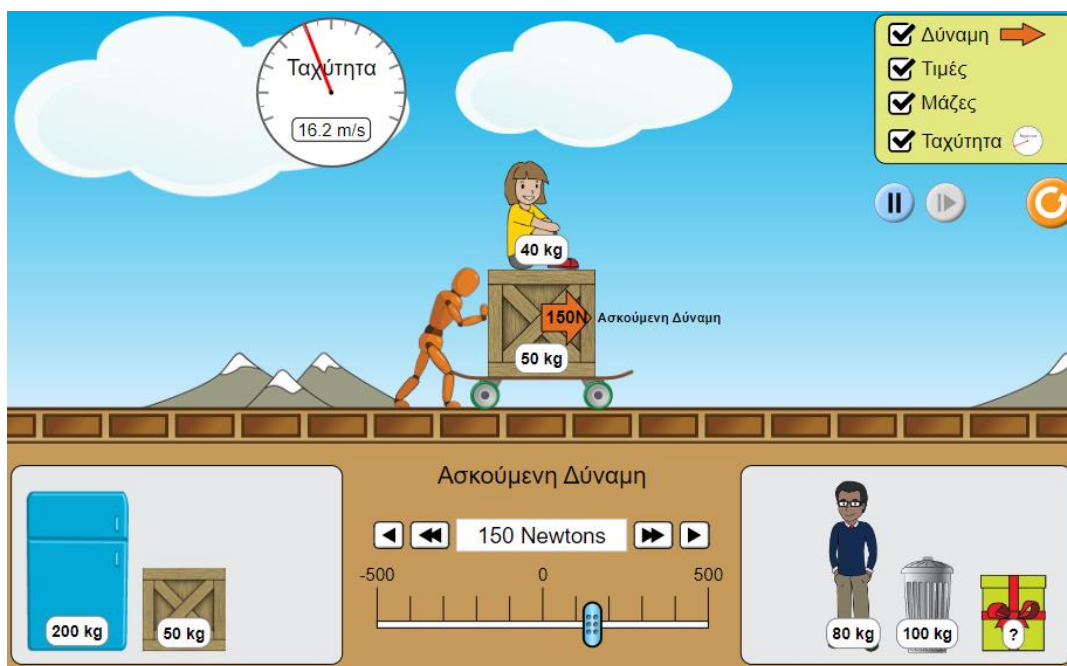


Επεκτάσεις Διδακτικού Σεναρίου Β




1. Επισκεφτείτε τη διεύθυνση <https://phet.colorado.edu/el/simulations/forces-and-motion-basics> (πρόκειται για μια προσομοίωση από την εκπαιδευτική σελίδα του πανεπιστημίου του Κολοράντο). Πατήστε το κουμπί  για να τρέξετε την προσομοίωση. Από τις δυνατές επιλογές, επιλέξτε την ενότητα "Κίνηση". Παρατηρήστε ότι μπορείτε:

- να επιλέξετε να εμφανίζονται οι τιμές των δυνάμεων, των μαζών και της ταχύτητας
- να «φορτώσετε» κι άλλα σώματα πάνω στην κινούμενη σανίδα
- να μεταβάλλετε τη δύναμη που ασκείται.

Παρατηρήστε πως αλλάζει η ταχύτητα (γρήγορα ή αργά) αναλόγως τη δύναμη που ασκείται αλλά και τη μάζα στην οποία ασκείται!



Ενώ έχετε επιλέξει να εμφανίζονται όλες οι τιμές των μεγεθών, πάνω δεξιά, ακολουθήστε τα παρακάτω βήματα:

- α. Επιλέξτε σε ποιο σώμα θα ασκηθεί δύναμη (σέρνοντας με το ποντίκι σας το σώμα πάνω στο επίπεδο κίνησης)
- β. Επιλέξτε τιμή δύναμης 50N (με ένα κλικ στο εικονίδιο ) και παρατηρήστε πόσο γρήγορα μεταβάλλεται η ταχύτητα.
- γ. Μεταβάλλετε τη δύναμη σε 100N (με ένα ακόμη κλικ στο εικονίδιο ) και παρατηρήστε τη μεταβολή στην ταχύτητα.
- δ. Μηδενίστε τη δύναμη που ασκείται (πατώντας δύο κλικ στο εικονίδιο ) και παρατηρήστε τι συμβαίνει στο σώμα!

Περιγράψτε την κίνηση του σώματος όταν ασκούνται 50N, 100N και όταν σταματάει να ασκείται δύναμη:

Ασύγχρονη Προετοιμασία Διδακτικού Σεναρίου Γ: 3^{ος} νόμος του Νεύτωνα – Δράση-Αντίδραση

Τμήμα: Ονοματεπώνυμο: Αριθμός Ομάδας:

Λίστα υλικών

Για την πραγματοποίηση των δραστηριοτήτων μας θα χρειαστούμε:

2 -3 Μπαλόνια

4 ρόδες από παλιό παιχνίδι ή καπάκια από μπουκάλια για τους τροχούς

4 καλαμάκια

2 ξυλάκια

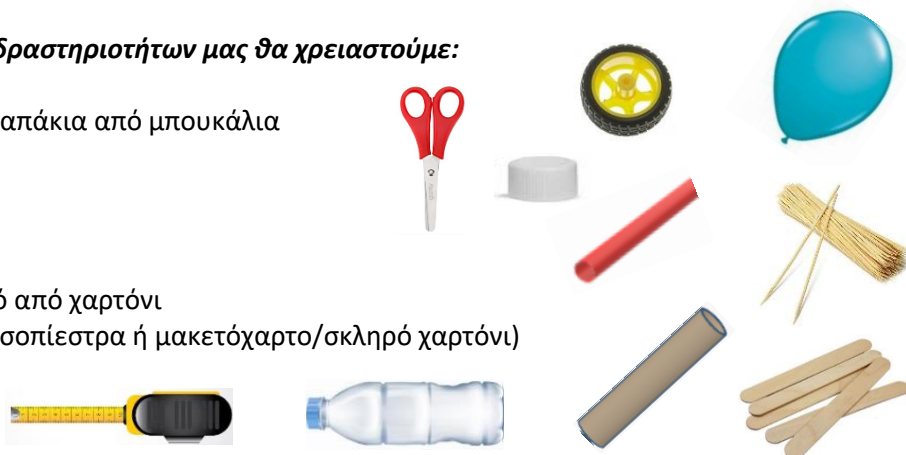
Ψαλίδι

Ένα πλαστικό μπουκάλι (ή ρολό από χαρτόνι

ή κουτί από γάλα/χυμό ή γλωσσοπίεστρα ή μακετόχαρτο/σκληρό χαρτόνι)

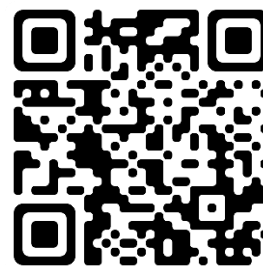
για το σκελετό του οχήματος

Μετροταινία ή μεζούρα



Οπτικοακουστικό υλικό για προετοιμασία

Με το κινητό σας τηλέφωνο (ή του γονέα σας) μπορείτε να σαρώσετε τον παρακάτω κωδικό QR ώστε να παρακολουθήσετε ένα βίντεο σχετικά με τις έννοιες και τα φαινόμενα που θα μελετήσουμε στις δραστηριότητές μας.

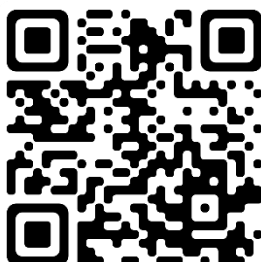


Επιπλέον δραστηριότητες για εμπλουτισμό του Padlet του μαθήματος

1. Τοποθετήστε μια σανίδα (skateboard) ή μια τροχήλατη καρέκλα κοντά σε έναν τοίχο. Καθίστε με την μπροστινή σας πλευρά στον τοίχο και σπρώξτε τον απαλά με τα πόδια σας! Επαναλάβετε τη διαδικασία, αυτή τη φορά σε ομάδες των δύο ατόμων. Καθίστε με τον/την συμμαθητή/τρια σας αντικριστά πάνω σε δύο σανίδες ή καρέκλες και αποφασίστε ποιος από τους δύο θα ασκήσει μια δύναμη στον άλλον. Βιντεοσκοπήστε τις δύο διαφορετικές δραστηριότητες που κάνατε, αναρτήστε τις προσπάθειές σας και περιγράψτε σύντομα τι παρατηρείτε!

Οι επιπλέον δραστηριότητες μπορούν να αναρτηθούν εδώ:

<https://padlet.com/dkapousizi/padlet-tovsd8t3lpvi1s22>



Φύλλο Εργασίας Διδακτικού Σεναρίου Γ: Ο 3^{ος} νόμος του Νεύτωνα

Τμήμα: Ονοματεπώνυμο: Αριθμός Ομάδας:

1^η διδακτική ώρα:

1. Έναυσμα ενδιαφέροντος (10 λεπτά):

Παρακολουθήστε το βίντεο και το πείραμα που θα διεξάγουμε στην τάξη.
Μπορείτε να εξηγήσετε αυτά τα φαινόμενα;

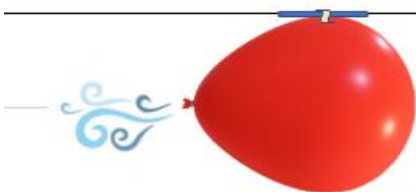
2. Προβληματισμός, συζήτηση και διατύπωση υποθέσεων (10 λεπτά):

1. Στο βίντεο παρακολουθήσαμε τον αστροναύτη Mark Vande Hei στο διαστημικό σταθμό ISS, να θέτει σε κίνηση μια μπάλα, δίνοντάς της μια πολύ μικρή ταχύτητα. Έκανε το ίδιο χρησιμοποιώντας σαν σώμα έναν συνάδερφό του.



Γιατί στην πρώτη περίπτωση ο αστροναύτης δεν κινήθηκε σχεδόν καθόλου προς τα πίσω ενώ στη δεύτερη περίπτωση κινήθηκε προς τα πίσω και μάλιστα με περισσότερη ταχύτητα από ότι ο συνάδερφός του;

2. Στο πείραμα που παρακολουθήσατε, ποια δύναμη νομίζετε ότι κινεί το μπαλόνι;



3. Σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκεί το ένα σώμα στο άλλο στις παρακάτω περιπτώσεις. Ποιο σώμα νομίζετε πως δέχεται μεγαλύτερη δύναμη;





Σελήνη

3. Πειραματικές δραστηριότητες με ιδιοκατασκευές:

Δραστηριότητα 1 (20 λεπτά):

Υλικά: • Δυναμόμετρα

Βήμα 1^ο

Πάρτε ένα δυναμόμετρο. Ενώστε τους γάντζους και τοποθετήστε τα δυναμόμετρα πάνω στο θρανίο ώστε να είναι οριζόντια. Ενώ κρατάτε τα δυναμόμετρα από τα ελεύθερα άκρα τους, αποφασίστε ποιος από τους δύο θα τραβήξει πρώτος το δυναμόμετρό του με μια μικρή δύναμη.

Βήμα 2^ο

Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα (δύο μαθητές/τριες θα χρησιμοποιήσουν τα δυναμόμετρα και ο/η τρίτος/η θα καταγράφει τις τιμές):

Επαναλήψεις:	Ενδείξεις		Ποια ένδειξη είναι μεγαλύτερη;
	Δυναμόμετρο A (N)	Δυναμόμετρο B (N)	
1 ^η			
2 ^η			

Δραστηριότητα 2

Υλικά: • Μπαλόνια • 4 τροχούς (από αντικείμενα της επιλογής σας π.χ. καπάκια)
 • 3 καλαμάκια • 2 ξυλάκια • Κόλλα και ψαλίδι • Κολλητική ταινία
 • Άδειο μπουκάλι νερού, κουτί από γάλα/χυμό ή ρολό κουζίνας ή μακετόχαρτο/σκληρό χαρτόνι ή γλωσσοπίεστρα • Μέτρο ή μεζούρα

Βήμα 1^ο

Έχοντας στη διάθεσή σας τα παραπάνω υλικά, σχεδιάστε ένα όχημα που να κινείται όσο το δυνατόν πιο γρήγορα!

Σκεφτείτε: Τι θα χρησιμοποιήσετε για τροχούς; Τι θα χρησιμοποιήσετε για σκελετό;
Πως θα ενώνονται τα υλικά σας;

Στο σχέδιο σας να αναφέρετε τα υλικά που χρησιμοποιήσατε.



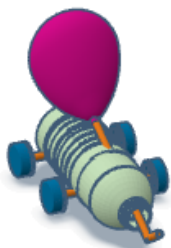
Κάτοψη

Η εικόνα ενός αντικειμένου
όπως το βλέπουμε από ψηλά!

Πλάγια όψη

Η εικόνα ενός αντικειμένου
όπως το βλέπουμε από το πλάι!

Ενδεικτικά σχέδια:



2^η διδακτική ώρα:

(συνέχεια δραστηριότητας 2 - 15 λεπτά)

Βήμα 2^ο

Κατασκευάστε το όχημα σας χρησιμοποιώντας το δικό σας σχέδιο. Επιβεβαιώστε ότι το όχημά σας κινείται ικανοποιητικά πριν από την τοποθέτηση του μπαλονιού και κάντε τις απαραίτητες βελτιώσεις στην κατασκευή!

Βήμα 3^ο

Φουσκώστε το μπαλόνι όσο κρίνετε πως είναι απαραίτητο, περάστε το στόμιο στο καλαμάκι που τοποθετήσατε στο πάνω μέρος του οχήματος και κολλήστε το με την κολλητική ταινία (όσο το κάνετε αυτό κρατάτε το άλλο άκρο από το καλαμάκι κλειστό ώστε να μη φεύγει ο αέρας από το μπαλόνι!)

Βήμα 4^ο

Τοποθετήστε το όχημά σας στο δάπεδο και δοκιμάστε το! Μπορείτε να κάνετε τρεις δοκιμές ώστε να εντοπίσετε σημεία που θέλουν βελτίωση, συμπληρώνοντας τον παρακάτω πίνακα:

Δοκιμή	Πόσο μακριά έφτασε; (cm)	Πόσο καλά κινήθηκε;	Τι σκέφτεστε να βελτιώσετε στο όχημα σας;
Παράδειγμα	148 cm	Δεν κινούταν ευθύγραμμα	Θα δοκιμάσουμε άλλους τροχούς
1 ^η			
2 ^η			
3 ^η			

Βήμα 5^ο

Οι κινήσεις βελτίωσης που κάνατε έφεραν πράγματι καλύτερα αποτελέσματα; Εξηγήστε γιατί ναι ή γιατί όχι:

Βήμα 6^ο

Κρατήστε τα οχήματά σας για έναν ..αγώνα στον προαύλιο χώρο του σχολείου...!

4. Συμπεράσματα και θεωρία (5 λεπτά):

Παρατηρήσαμε πως:

- ✓ Όταν είναι ενωμένα δύο δυναμόμετρα και τραβάμε το ένα άκρο του ενός δυναμόμετρου, εμφανίζεται η ίδια ένδειξη και στο δεύτερο δυναμόμετρο.
- ✓ Όταν ελευθερώνουμε το μπαλόνι, ο αέρας που φεύγει από μέσα του, ωθεί τα μόρια του αέρα της ατμόσφαιρας (δράση). Έτσι, τα μόρια του αέρα της ατμόσφαιρας, ωθούν το μπαλόνι προς την αντίθετη κατεύθυνση (αντίδραση).

Συμπεραίνουμε πως:

Όταν ένα σώμα ασκεί σε ένα άλλο σώμα, τότε και το δεύτερο σώμα ασκεί δύναμη στο πρώτο, μέτρου και κατεύθυνσης.

Σε κάθε (δύναμη που ασκεί ένα σώμα σε ένα άλλο) αντιστοιχεί πάντα μία
 (δύναμη που ασκεί το δεύτερο σώμα στο πρώτο).
 Οι δυνάμεις δράσης – αντίδρασης ασκούνται πάντα σε σώματα. Με άλλα λόγια όταν δύο
 σώματα, στο ένα σώμα ασκείται η δράση και στο άλλο σώμα η αντίδραση.



Αυτός είναι και ο 3^{ος}
νόμος του Νεύτωνα!

Όταν ένα σώμα ασκεί μία δύναμη (δράση) σε ένα άλλο σώμα,
τότε και το δεύτερο σώμα ασκεί δύναμη στο πρώτο, ίσου μέτρου
και αντίθετης κατεύθυνσης (αντίδραση)!



5. Γενίκευση – εφαρμογές της θεωρίας σε πραγματικές καταστάσεις (20 λεπτά):

Εφαρμόζοντας τις γνώσεις που αποκομίσατε από τη σημερινή διδασκαλία, μπορείτε να απαντήσετε στις παρακάτω ερωτήσεις, αναφερόμενοι στην έννοια της **δράσης - αντίδρασης**. Στο τέλος, κάθε ομάδα θα παρουσιάσει στην υπόλοιπη τάξη την απάντησή της σε μία από τις παρακάτω περιπτώσεις:

Γιατί οι αθλητές του στίβου χρησιμοποιούν βατήρα στην εκκίνηση;



Πως πετάνε τα αεροπλάνα;



Ποια δύναμη μας κινεί μπροστά όταν κολυμπάμε;



Πως εκτοξεύονται οι πύραυλοι;



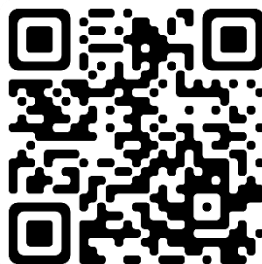
Επεκτάσεις Διδακτικού Σεναρίου Γ

1. Κατασκευάστε έναν καταπέλτη! Ακολουθήστε τα βήματα από το σύνδεσμο του παρακάτω κωδικό QR ή αναζητήστε άλλο βίντεο με οδηγίες για την κατασκευή του δικού σας καταπέλτη. Αναρτήστε φωτογραφίες από τη διαδικασία κατασκευής και ένα βίντεο με το τελικό αποτέλεσμα εξηγώντας τη λειτουργία του!

Πως οι τρεις νόμοι του Νεύτωνα εφαρμόζονται στη λειτουργία του καταπέλτη;



Οι επιπλέον δραστηριότητες μπορούν να αναρτηθούν εδώ:
<https://padlet.com/dkapousizi/padlet-tovsd8t3lpvi1s22>



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

A. Ερωτηματολόγιο κατανόησης γνωστικού περιεχομένου

Όνοματεπώνυμο (Κωδικός μαθητή):

Ημ/νία:

Τμήμα:

Στις παρακάτω ερωτήσεις σημειώσετε Χ στη σωστή απάντηση:

1. Ένα σώμα έχει ...

A. μεγαλύτερη αδράνεια όταν είναι ακίνητο παρά όταν κινείται.

B. μεγαλύτερη αδράνεια όταν κινείται παρά όταν είναι ακίνητο.

Γ. την ίδια αδράνεια είτε κινείται είτε είναι ακίνητο.

Δ. δεν μπορούμε να γνωρίζουμε.

2. Εάν γνωρίζουμε ότι ένα σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα, τότε συμπεραίνουμε ότι:

A. του ασκείται μια σταθερή δύναμη.

B. σίγουρα δεν του ασκείται καμία δύναμη.

Γ. σίγουρα του ασκούνται δυνάμεις που έχουν μηδενική συνισταμένη.

Δ. είτε δεν του ασκείται καμία δύναμη, είτε του ασκούνται δυνάμεις με μηδενική συνισταμένη.

3. Ένα σώμα ισορροπεί όταν:

A. κινείται ευθύγραμμα.

B. κινείται με σταθερή ταχύτητα.

Γ. είναι ακίνητο.

Δ. είναι ακίνητο ή κινείται με σταθερή ταχύτητα.

4. Δύο σώματα έχουν την ίδια αδράνεια όταν:

A. τους ασκείται η ίδια δύναμη.

B. έχουν την ίδια ταχύτητα.

Γ. είναι και τα δύο ακίνητα.

Δ. έχουν την ίδια μάζα.

5. Τι είναι αδράνεια;

6. Διατυπώστε τον 1^ο νόμο του Νεύτωνα:

7. Οι δυνάμεις είναι η αιτία που ένα σώμα ...:

- A. κινείται.
- B. αλλάζει κινητική κατάσταση.
- Γ. παραμορφώνεται.
- Δ. είτε παραμορφώνεται είτε αλλάζει κινητική κατάσταση.

8. Η μεταβολή της ταχύτητας που αποκτά ένα σώμα είναι:

- A. ανάλογη με τη δύναμη που του ασκείται.
- B. ανάλογη με τη μάζα του σώματος.
- Γ. ανεξάρτητη από τη δύναμη του σώματος.
- Δ. ανεξάρτητη από τη μάζα του σώματος.

9. Για να συγκρίνουμε τις αδράνειες των σωμάτων χρησιμοποιούμε το μέγεθος:

- A. της μάζας.
- B. της ταχύτητας.
- Γ. του όγκου.
- Δ. της δύναμης.

10. Ένα αυτοκίνητο κι ένα φορτηγό κινούνται με ίδια ταχύτητα όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Στο σταυροδρόμι υπάρχει τροχονόμος που ρυθμίζει την κυκλοφορία και τους καλεί να σταματήσουν. Τι θα συμβεί εάν οι οδηγοί και των δύο αυτοκινήτων πατήσουν φρένο ταυτόχρονα;



- A. το αυτοκίνητο θα μειώσει την ταχύτητά του πιο εύκολα από το φορτηγό.
- B. το αυτοκίνητο έχει μεγαλύτερη αδράνεια από το φορτηγό.
- Γ. το φορτηγό έχει μικρότερη αδράνεια από το αυτοκίνητο.
- Δ. το αυτοκίνητο θα χρειαστεί περισσότερο χρόνο για να σταματήσει από το φορτηγό.

11. Κάποιοι μαθητές πραγματοποίησαν ένα πείραμα όπου μέτρησαν τη μάζα τεσσάρων σωμάτων και τη δύναμη που άσκησαν στο καθένα. Οι μετρήσεις τους καταγράφηκαν στον παρακάτω πίνακα:

Σώμα	Μάζα (Kg)	Δύναμη (N)
1	0,20	20
2	0,20	30
3	0,30	30
4	0,30	10

Ποιο σώμα απέκτησε μεγαλύτερη μεταβολή της ταχύτητας;

- A. το 1. B. το 2. Γ. το 3. Δ. το 4.

12. Διατυπώστε περιγραφικά τον 2^ο νόμο του Νεύτωνα:

13. Οι δυνάμεις στη φύση εμφανίζονται ...

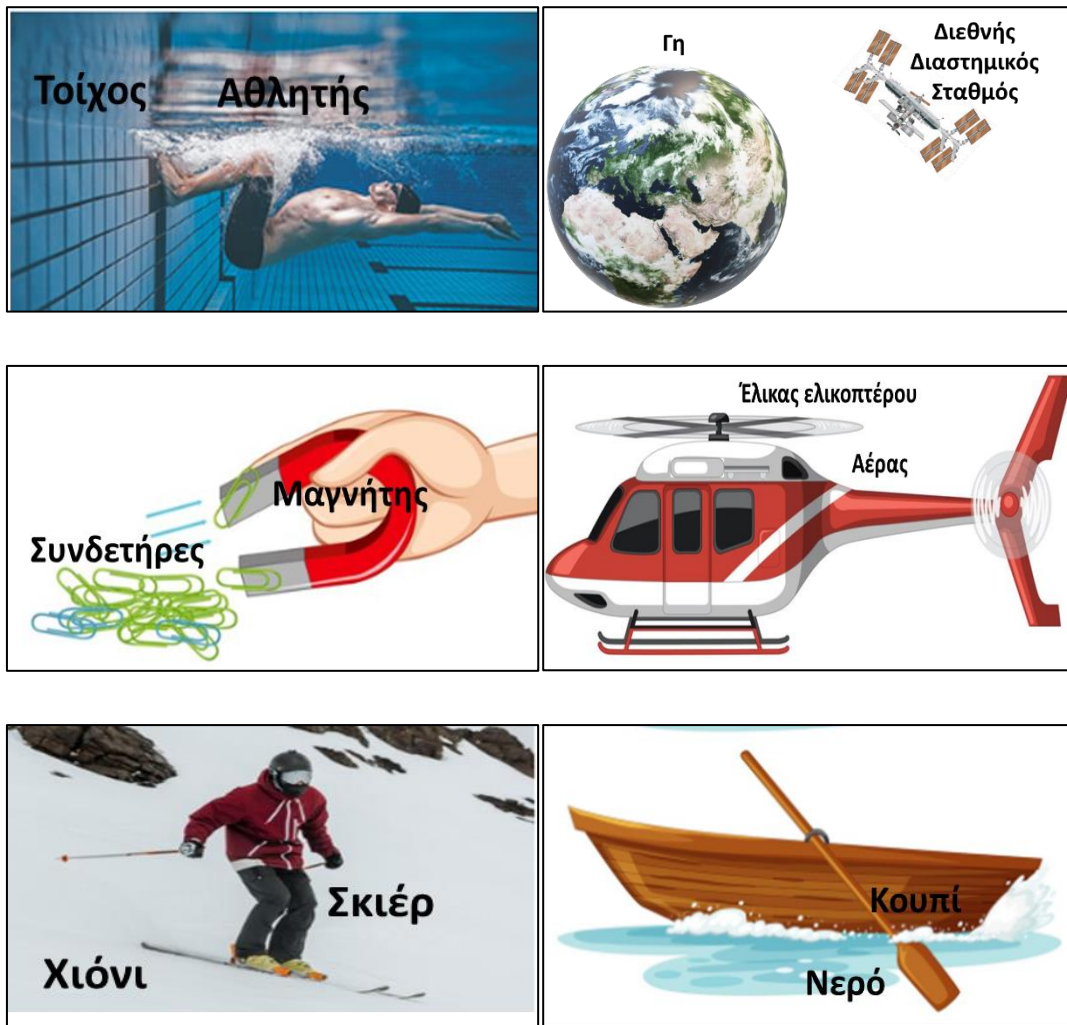
- A. σε ζεύγη.
B. μόνο από απόσταση.
Γ. μόνο με επαφή μεταξύ των σωμάτων.
Δ. μόνο σε σώματα που κινούνται.

14. Στην παρακάτω εικόνα παρατηρείτε την εκτόξευση ενός πυραύλου. Ποιες δυνάμεις ασκούνται στον πύραυλο;



- A. η βαρύτητα.
B. η βαρύτητα και η αντίσταση του αέρα.
Γ. η βαρύτητα, η αντίσταση του αέρα και η δύναμη από τα καυσαέρια.
Δ. η αντίσταση του αέρα και η δύναμη από τα καυσαέρια.

15. Στο παρακάτω σχήμα να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που ασκεί το κάθε σώμα στο άλλο, σε κάθε περίπτωση:



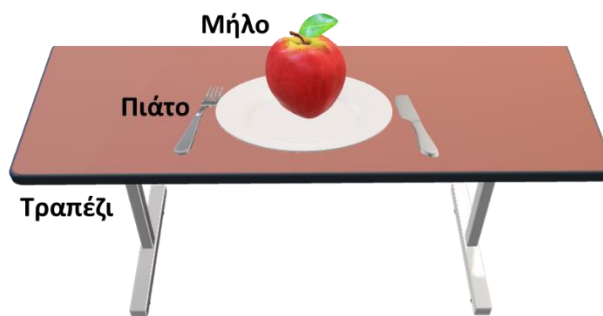
16. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένας άνθρωπος λίγο πριν πηδήξει από μία βάρκα σε μια προβλήτα. Η βάρκα:



- A. θα κινηθεί προς τα κάτω.
- B. θα κινηθεί προς τα αριστερά.
- Γ. θα κινηθεί προς τα δεξιά.
- Δ. δεν θα κινηθεί.

17. Από τις δυνάμεις που ασκούνται στα σώματα του διπλανού σχήματος, να διαλέξετε ποιες δυνάμεις αποτελούν ζεύγη δράσης – αντίδρασης:

(μπορείτε αν θέλετε να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που ασκούνται σε κάθε σώμα)



- A. η δύναμη που ασκεί το πιάτο στο μήλο και αυτή που ασκεί το πιάτο στο τραπέζι.
B. η δύναμη που ασκεί το τραπέζι στο πιάτο και αυτή που ασκεί το πιάτο στο μήλο.
Γ. η δύναμη που ασκεί το μήλο στο πιάτο και αυτή που ασκεί το πιάτο στο τραπέζι.
Δ. η δύναμη που ασκεί το μήλο στο πιάτο και αυτή που ασκεί το πιάτο στο μήλο.

18. Διατυπώστε τον 3^ο νόμο του Νεύτωνα:

Β. Ερωτηματολόγιο Αυτοαξιολόγησης για την αποτίμηση συνεργασίας και συμμετοχής:

Ως μέλος της ομάδας, εξίσου υπεύθυνος/η και χρήσιμος/ή όσο και οι άλλοι/-ες, αξιολόγησε τον εαυτό σου πώς ανταποκρίθηκε στην ομαδική δράση με σκοπό την βελτίωση καθενός και όλης της ομάδας. Σημείωσε με Χ το αντίστοιχο κουτάκι:

Ερωτηματολόγιο Αυτοαξιολόγησης μαθητή (ΕΑ: Ερώτηση Αυτοαξιολόγησης)

	Αριθμός ομάδας: Το ονοματεπώνυμο (κωδικός) μου:	καθόλου	λίγο	αρκετά	πολύ
EA1	Συμμετείχα στην ομάδα ισότιμα και έκανα το μέρος του έργου που μου αναλογούσε:				
EA2	Ήμουν συγκεντρωμένος/η στη δουλειά μας και δεν απασχολούσα τους/τις συμμαθητές/-τριες μου με άλλα θέματα:				
EA3	Άκουγα προσεκτικά τις απόψεις των άλλων πάνω στο θέμα μας:				
EA4	Βοήθησα τους/τις άλλους/-ες να μάθουν:				
EA5	Προσπάθησα να γίνει ευχάριστο το μάθημα:				
EA6	Τι με δυσκόλεψε: 				
EA7	Τι μου άρεσε: 				
EA8	Τι θα ήθελα να προτείνω για να γίνει πιο ενδιαφέρον και αποδοτικό το μάθημα: 				

Γ. Ερωτηματολόγιο ανάπτυξης δεξιοτήτων 4Cs (Kelley κ. συν., 2019):

Όνοματεπώνυμο (Κωδικός μαθητή):

Ημ/νία:

Τμήμα:

Συμπληρώστε με Χ το αντίστοιχο κουτάκι αναλόγως το βαθμό που συμφωνείτε ή διαφωνείτε με την κάθε πρόταση:

		Είμαι σίγουρος/η ότι μπορώ να:	Διαφωνώ απόλυτα	Διαφωνώ	Ούτε συμφωνώ, ούτε διαφωνώ	Συμφωνώ	Συμφωνώ απόλυτα
ΚΡΙΤΙΚΗ ΣΚΕΨΗ	E1	αναθεωρώ τα σχέδιά μου και να αιτιολογώ τις αλλαγές με επιχειρήματα.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	E2	αξιολογώ τα επιχειρήματα και τα στοιχεία που υποστηρίζουν μία άποψη.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	E3	συνδυάζω διαφορετικά στοιχεία ώστε να παραχθεί ένα ολοκληρωμένο αποτέλεσμα.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	E4	κατανοώ ερωτήσεις που οδηγούν στην κριτική σκέψη.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	E5	συλλέγω σχετικές και επαρκείς πληροφορίες από διαφορετικές πηγές.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ	E6	αναγνωρίζω και να σέβομαι άλλες απόψεις.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	E7	βεβαιωθώ ότι οι ιδέες όλων των μελών της ομάδας εκτιμώνται εξίσου.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	E8	προσφέρω βοήθεια στην εργασία των άλλων όταν χρειάζεται.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	E9	βελτιώνω την εργασία μου όταν μου δίνεται ανατροφοδότηση.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	E10	ακολουθώ κανόνες για την ομαδική λήψη αποφάσεων.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ	E11	διαχειρίζομαι το χρόνο και πραγματοποιώ συναντήσεις της ομάδας, αποτελεσματικά.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	E12	οργανώνω καλά τις πληροφορίες.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	E13	παρακολουθώ την πορεία της ομάδας μας ως προς τους στόχους και τις προθεσμίες.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	E14	ολοκληρώνω εργασίες χωρίς να χρειάζομαι υπενθύμιση.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	E15	παρουσιάζω όλες τις πληροφορίες, ξεκάθαρα, συνοπτικά και λογικά.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ	E16	κατανοώ πως η γνώση και τα συμπεράσματά μου μπορούν να εφαρμοστούν σε άλλες καταστάσεις ή πλαίσια.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	E17	βρίσκω πηγές πληροφοριών και έμπνευσης όταν οι άλλοι δεν μπορούν.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	E18	βοηθώ την ομάδα να λύνει προβλήματα και να διαχειρίζεται συγκρούσεις.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	E19	υιοθετώ ένα κατάλληλο στυλ επικοινωνίας αναλόγως το σκοπό, την εργασία ή το κοινό.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	E20	επεξεργάζομαι και να βελτιώνω τις ιδέες μου.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Το πρωτότυπο ερωτηματολόγιο ανάπτυξης δεξιοτήτων 4Cs του 21^{ου} αιώνα με τα ερωτήματα και την ανάλυση τεσσάρων παραγόντων των Kelley κ. συν. (2019):

		Factors			
I am confident in my ability to		Critical Thinking (α=.876)	Collaboration (α=.826)	Communication (α=.749)	Creativity (α=.751)
Critical Thinking	revise drafts and justify revisions with evidence	0.786			
	develop follow-up questions that focus or broaden inquiry	0.698			
	create new, unique, surprising products	0.667			
	identify in detail what needs to be known to answer a science inquiry question	0.636			
	evaluate reasoning and evidence that support an argument	0.621			
	create ideas geared to the intended client or user	0.602			
	develop follow-up questions to gain understanding of the wants and needs of client or product users	0.600			
	combine different elements into a complete product	0.542			
	understand questions that lead to critical thinking	0.487			
	justify choices of evaluation criteria	0.467			
Collaboration	gather relevant and sufficient information from different sources	0.450			
	be polite and kind to teammates		0.877		
	acknowledge and respect other perspectives		0.711		
	follow rules for team meetings		0.591		
	make sure all team members' ideas are equally valued		0.569		
	offer assistance to others in their work when needed		0.544		
	improve my own work when given feedback		0.493		
	use appropriate body language when presenting		0.444		
Communication	come physically and mentally prepared each day		0.430		
	follow rules for team decision-making		0.424		
	use time, and run meetings, efficiently			0.743	
	organize information well			0.722	
	track our team's progress toward goals and deadlines			0.647	
Creativity	complete tasks without having to be reminded			0.584	
	present all information clearly, concisely, and logically	0.345		0.347	
	understand how knowledge or insights might transfer to other situations or contexts				0.600
	find sources of information and inspiration when others do not				0.588
	help the team solve problems and manage conflicts				0.564
	adapt a communication style appropriate for the purpose, task, or audience				0.482
	elaborate and improve on ideas				0.428

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ. ΕΝΤΥΠΟ ΕΝΥΠΟΓΡΑΦΗΣ ΣΥΝΓΚΑΤΑΘΕΣΗΣ



Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
ΠΜΣ Ρομποτική, STEAM και νέες τεχνολογίες στην Εκπαίδευση
Καποουσίη Δήμητρα. ΑΜ: 2022037

Έντυπο Ενυπόγραφης Συγκατάθεσης σε Εκπαιδευτική Έρευνα

1^ο Γυμνάσιο Ευόσμου,

Αγαπητοί γονείς και κηδεμόνες,

Στο πλαίσιο του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών "Ρομποτική, STEAM και νέες τεχνολογίες στην Εκπαίδευση", το οποίο διοργανώνεται από το Διεθνές Πανεπιστήμιο Ελλάδος, θα ήθελα να σας ενημερώσω ότι εντός αναλυτικού προγράμματος του μαθήματος της Φυσικής, θα διεξαχθεί έρευνα από τη μεταπτυχιακή φοιτήτρια Καποουσίη Δήμητρα, με σκοπό να μελετηθεί το πώς η ενσωμάτωση της προσέγγισης STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) στην παιδαγωγική μέθοδο της διερεύνησης (Inquiry-based learning) μπορεί να προάγει την απόκτηση γνώσεων και την ανάπτυξη των δεξιοτήτων 4Cs (κριτική σκέψη, συνεργασία, επικοινωνία και δημιουργικότητα) του 21^{ου} αιώνα. Η διδακτική παρέμβαση θα λάβει χώρα τη χρονική περίοδο 04/12/2023 έως 22/12/2023 στις ώρες του ωρολογίου προγράμματος του μαθήματος της Φυσικής. Συγκεκριμένα, παρακάτω αναφέρονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά της έρευνας που θα υλοποιηθεί, σύμφωνα με τον Οδηγό Έγκρισης Εκπαιδευτικών Προγραμμάτων, Δράσεων, Εκπαιδευτικού Υλικού για τα Εργαστήρια Δεξιοτήτων και Ερευνών (ΙΕΠ, Μάιος 2023):

1. Σκοπιμότητα έρευνας

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η αποτίμηση τριών διδακτικών σεναρίων που σχεδιάστηκαν με ενσωμάτωση στοιχείων της εκπαίδευσης STEM στη διερευνητική διδασκαλία και μάθηση, με αντικείμενο τους τρεις νόμους του Νεύτωνα. Συγκεκριμένα διερευνούνται: η επίτευξη των προβλεπόμενων από το αναλυτικό πρόγραμμα γνωστικών στόχων και η ανάπτυξη δεξιοτήτων κριτικής σκέψης, συνεργασίας, επικοινωνίας και δημιουργικότητας (4Cs), με την εφαρμογή της μεθόδου της δομημένης διερεύνησης με στοιχεία STEM.

2. Διαδικασία έρευνας

Οι μαθητές/τριες, κατόπιν ενημέρωσης, θα συμμετέχουν στη δομημένη συνεργατική διερεύνηση τριών κατάλληλα διαμορφωμένων διδακτικών σεναρίων σχετικά με τους τρεις νόμους του Νεύτωνα. Οι μαθητές/τριες θα διαθέσουν δύο διδακτικές ώρες για την υλοποίηση του κάθε σεναρίου, όπως προτείνονται από το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών για τη διδασκαλία των συγκεκριμένων εννοιών ενώ απαιτείται κάποιος χρόνος εκτός σχολείου για τη συλλογή πληροφοριών και υλικών απαραίτητων για τις διαδικασιασκευές που θα υλοποιηθούν κατά τη διάρκεια της παρέμβασης. Ο χρόνος αυτός περιλαμβάνει τη εμπλοκή των μαθητών σε δραστηριότητες που σχετίζονται με το μάθημα της Φυσικής και την ανάρτηση εικόνων και σχολίων σε ψηφιακό πίνακα ανακοινώσεων (padlet). Τέλος, κατά την υλοποίηση ενός εκ των τριών σεναρίων, οι μαθητές θα χρησιμοποιήσουν ένα κινητό τηλέφωνο (smartphone) ή tablet ανά ομάδα, ώστε να λάβουν τις απαραίτητες μετρήσεις για τις πειραματικές δραστηριότητες, σύμφωνα με τις οδηγίες της ερευνήτριας εκπαιδευτικού. Η συλλογή των ερευνητικών δεδομένων γίνεται μέσω δομημένων φύλλων εργασίας, τη διενέργεια ελέγχου σχετικά με την επίτευξη γνωστικών στόχων και τη διανομή ερωτηματολογίου σχετικά με την ανάπτυξη δεξιοτήτων.

3. Αναμενόμενα οφέλη από την έρευνα

Οι μαθητές/τριες που συμμετέχουν σε δραστηριότητες STEM, εκτός από τα γνωστικά οφέλη που αποκομίζουν, αναπτύσσουν δεξιότητες κριτικής σκέψης, επίλυσης προβλήματος, συνεργασίας, επικοινωνίας και δημιουργικότητας και εκτιμάται ότι υιοθετούν μια φιλικότερη στάση σχετικά με τα μαθήματα και τα επαγγέλματα που σχετίζονται με τα πεδία STEM. Τα αποτελέσματα της έρευνας θα αποτελέσουν εφαλτήριο για την ενσωμάτωση δράσεων STEM στη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών εντός προγράμματος σπουδών, καθώς, προς το παρόν, δεν υπάρχει κατάλληλα διαμορφωμένο εκπαιδευτικό υλικό προς αυτό το σκοπό.

4. Πιθανοί κίνδυνοι / δυσκολίες

Οι πιθανοί κίνδυνοι και οι δυσκολίες που μπορεί να προκύψουν από την εφαρμογή των συγκεκριμένων σεναρίων είναι η ενδεχόμενη αύξηση στο διδακτικό θόρυβο που οφείλεται συνήθως στον ενθουσιασμό των μαθητών όταν συμμετέχουν σε πρακτικές δραστηριότητες καθώς και στις συζητήσεις που είναι απαραίτητες για την ανταλλαγή



Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
ΠΜΣ Ρομποτική, STEAM και νέες τεχνολογίες στην Εκπαίδευση
Καποουσίη Δήμητρα. ΑΜ: 2022037

απόψεων μεταξύ των μελών της ομάδας και της παρουσίασης των αποτελεσμάτων της διερεύνησης των μαθητών στην ολομέλεια της τάξης.

5. Διασφάλιση ανωνυμίας / Προστασία προσωπικών δεδομένων

Οι μαθητές/τριες συμπληρώνουν δομημένα φύλλα εργασίας και τα ερωτηματολόγια επώνυμα, καθώς η παρέμβαση υλοποιείται εντός σχολικής τάξης. Ωστόσο η ερευνήτρια αποκρύπτει με αδιαφανή ταινία το κάθε φύλλο εργασίας και ερωτηματολόγιο και τα αριθμεί με έναν κωδικό - ψευδώνυμο. Ο κωδικός αποτελείται από τον αριθμό της ομάδας που συμμετέχει ο κάθε μαθητής και το γράμμα Α, Β ή Γ, αναλόγως εάν ο μαθητής είναι το πρώτο, δεύτερο ή τρίτο μέλος της ομάδας. Όσον αφορά τη συμμετοχή τους στον ψηφιακό πίνακα ανακοινώσεων που έχει δημιουργηθεί για τις ανάγκες της έρευνας, αυτή γίνεται, ομοίως, με τον κωδικό - ψευδώνυμο που έχει λάβει ο κάθε μαθητής. Σε καμία περίπτωση δεν δημοσιοποιούνται προσωπικά στοιχεία μαθητών και οποιοδήποτε αρχείο ή εικόνα που θα αναρτηθεί ψηφιακά στον πίνακα ανακοινώσεων. Πρόσβαση σε αυτά τα δεδομένα έχει μόνο η ερευνήτρια εκπαιδευτικός.

6. Άρνηση / Απόσυρση

Οι μαθητές/τριες έχουν το δικαίωμα να αρνηθούν τη συμμετοχή τους στην έρευνα ή/και να αποσυρθούν από αυτή σε οποιοδήποτε στάδιο της. Επειδή η έρευνα λαμβάνει χώρα εντός σχολικής τάξης και σύμφωνα με το ωρολόγιο πρόγραμμα της σχολικής μονάδας, οι μαθητές/τριες παραμένουν στην τάξη, υπό την επίβλεψη του διδάσκοντα εκπαιδευτικού που παρακολουθεί την παρέμβαση, μέχρι να ολοκληρωθεί η διαδικασία.

Υπογραφή ερευνήτή/τριας

Ημερομηνία

4 Δεκεμβρίου 2023

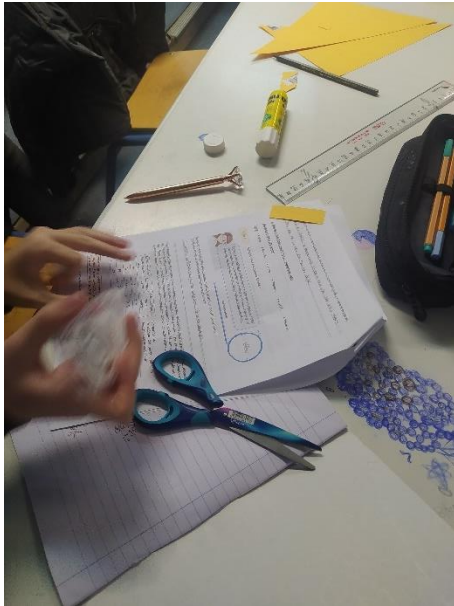
ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ

Έχοντας λάβει γνώση για τον σκοπό και το περιεχόμενο της έρευνας καθώς και για τη διαδικασία συλλογής δεδομένων, δηλώνω υπεύθυνα ότι αποδέχομαι τη συμμετοχή του παιδιού μου στην έρευνα. Ωστόσο, διατηρώ το δικαίωμα της απόσυρσής του από τη διαδικασία της έρευνας σε οποιοδήποτε στάδιο της διεξαγωγής της.

Υπογραφή γονέα/κηδεμόνα

Ημερομηνία

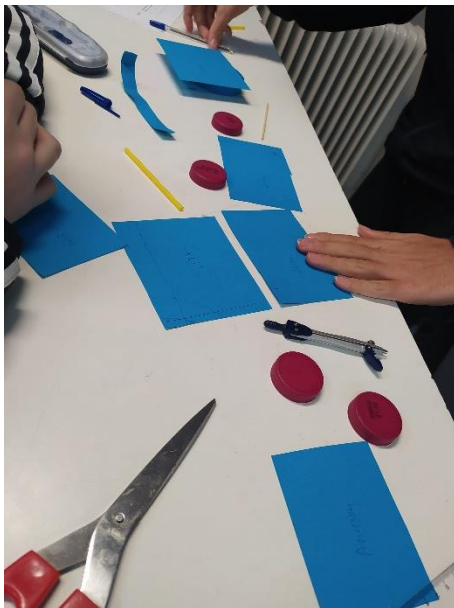
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ



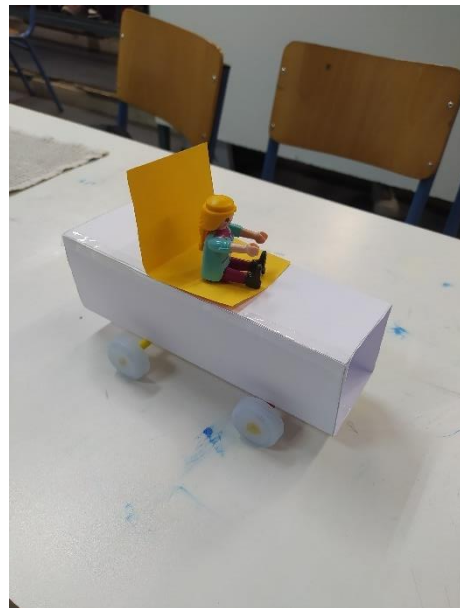
Στιγμιότυπο 1: Συμπλήρωση των φύλλων εργασίας (4^η ομάδα)



Στιγμιότυπο 2: Πειραματισμός για τη μελέτη της έννοιας της αδράνειας (5^η ομάδα)



Στιγμιότυπο 3: Κατασκευή οχήματος (6^η ομάδα)



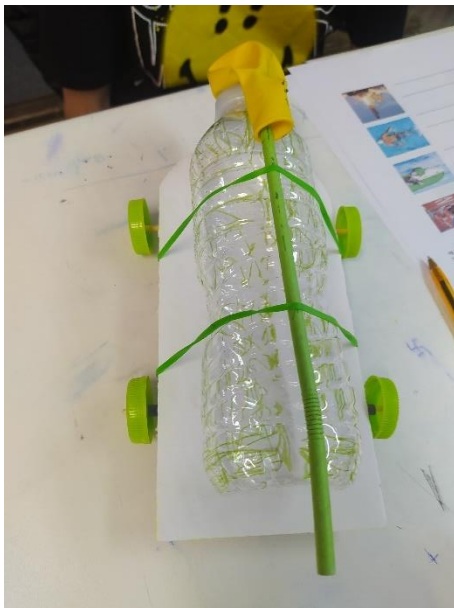
Στιγμιότυπο 4: Όχημα για τη μελέτη της έννοιας της αδράνειας (4^η ομάδα)



Στιγμιότυπο 5: Όχημα για τη μελέτη της έννοιας της αδράνειας (5^η ομάδα)



Στιγμιότυπο 6: Όχημα για τη μελέτη του τρίτου νόμου «δράσης – αντίδρασης» του Νεύτωνα (4^η ομάδα)



Στιγμιότυπο 7: Όχημα για τη μελέτη του τρίτου νόμου «δράσης – αντίδρασης» του Νεύτωνα (9^η ομάδα)



Στιγμιότυπο 8: Αγώνας δρόμου (6^η ομάδα)